

ESTUDIO DE LAS TECNICAS DE TRANSMISION DE DATOS EN HF

**CARLOS JULIO BENAVIDES BURBANO
HECTOR EFREN MORA ACOSTA**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION
Popayán
2001**

ESTUDIO DE LAS TECNICAS DE TRANSMISION DE DATOS EN HF

**CARLOS JULIO BENAVIDES BURBANO
HECTOR EFREN MORA ACOSTA**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Director

VICTOR QUINTERO

Ingeniero en Electrónica y telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION
Popayán
2001**

ANEXO A. ELEMENTOS EN UN SISTEMA DE RADIO HF

Los principales componentes de un sistema de radio HF son: transmisor, receptor y antena. En los sistemas de radio modernos, el transmisor y el receptor están contenidos en una sola unidad llamada transceptor.

A.1 TRANSMISOR

Aunque los transmisores pueden variar ampliamente en su configuración, todos consisten de un excitador y un amplificador de potencia. Un diagrama simplificado de un transmisor de HF típico se muestra en la figura A.1.

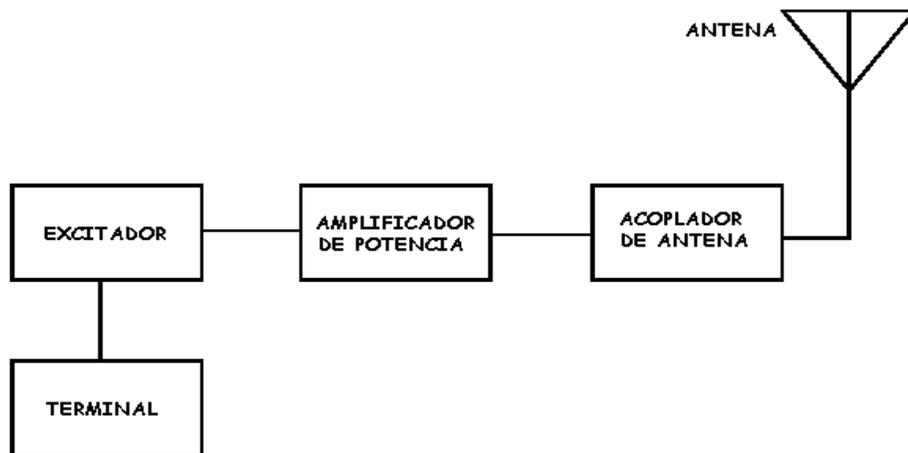


Figura A.1. Diagrama simplificado de un transmisor de HF típico.

El excitador sintetiza una portadora modulada por una señal de baja frecuencia, derivada de una fuente de información como es el caso de un micrófono. La señal resultante es convertida a la frecuencia con la cual se transmitirá. El amplificador de potencia, como su nombre lo indica, amplifica la salida de la señal a la potencia deseada para la transmisión, antes de ser enviada a la antena.

El transmisor también puede contener filtros que son utilizados para limpiar la señal de salida; un filtro pasa banda elimina el ruido, señales espurias, y armónicos generados en el excitador o armónicos de la frecuencia de salida que provienen del amplificador de potencia. Este proceso reduce la interferencia con canales de comunicación adyacentes.

A.2 RECEPTOR

Todos los sistemas receptores de HF modernos incluyen un filtro/amplificador de entrada de RF, una serie de conversores de frecuencia, amplificadores de frecuencia intermedia (FI), un demodulador y un sintetizador de frecuencia del oscilador local, como en la figura A.2. Para operar, el receptor selecciona una señal deseada, la amplifica a un nivel conveniente y recupera la información a través del proceso de demodulación, en el que la señal original se recupera de una portadora modulada. Con modernos equipos de radio, muchas de estas funciones se realizan digitalmente.

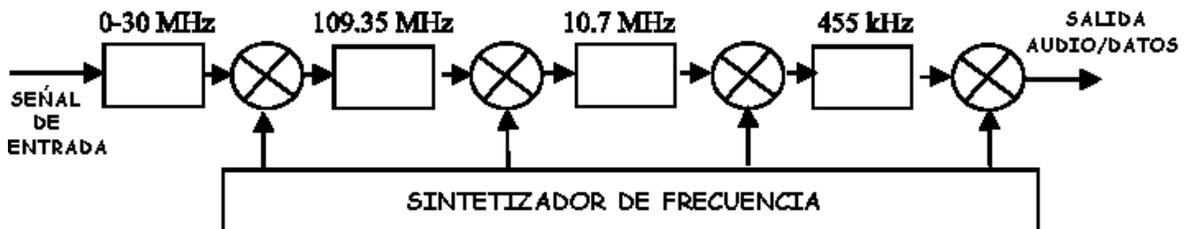


Figura A.2. Diagrama simplificado de un receptor de HF.

Para filtrar el ruido y las señales no deseadas, en la entrada de RF se incorpora un preselector sintonizable (filtro pasa banda). La señal filtrada se amplifica y se convierte a otra frecuencia para el posterior procesamiento. Pero el proceso de filtraje no acaba aquí, la señal recibida se filtra y se amplifica de nuevo en diferentes frecuencias intermedias. La amplificación proporcionada en estas fases es una variable que depende de la potencia de la señal recibida.

Para la salida de voz o datos el demodulador produce una señal de audio (banda base) que se interconecta con el equipo. También, debido a que la potencia de la señal de entrada no puede ser constante, el demodulador produce un voltaje proporcional al nivel de la señal de entrada de RF; para compensar los cambios en la señal, el voltaje es realimentado a los amplificadores de RF y FI por el Control de Automático Ganancia, para mantener una entrada constante al demodulador.

A.3 ANTENA

La antena es uno de los elementos más críticos en un sistema de radio.

A.3.1 Características y parámetros de las antenas. Las antenas poseen diferentes características con las cuales se puede medir su calidad. Las principales características que se deben tener en cuenta son: Impedancia, directividad, ganancia, polarización y ángulo de elevación, entre otros.

A.3.1.1 Impedancia de una Antena. El valor de la impedancia de una antena es la resistencia que ésta presenta en su punto de conexión a la señal de corriente alterna que le llega del transmisor por la línea de transmisión. Esta impedancia debe ser igual a la impedancia de la línea de transmisión para que exista una máxima transferencia de potencia.

La impedancia se mide en ohmios y el valor adoptado universalmente para las antenas de los equipos de radio es de 50 ohmios. Cuando la impedancia de la antena es de un valor diferente se utilizan bobinas o transformadores con el fin de acoplar esas impedancias (Balun).

A.3.1.2 Directividad. De acuerdo a su posición y forma, una antena radía la energía entregada por el transmisor en una disposición específica. Esta disposición recibe el nombre de patrón de radiación o directividad. Según este parámetro, existen dos grupos de antenas: Las antenas omnidireccionales, que son las que irradian las ondas en forma casi uniforme en todas las direcciones, y las antenas direccionales, que concentran la energía en una sola dirección. Este patrón de radiación se refiere teóricamente al espacio libre sin tener en cuenta los obstáculos que pueda encontrar la señal.

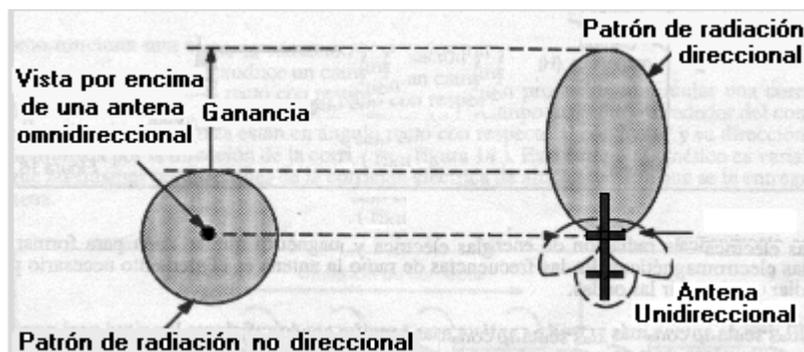


Figura A.3. Directividad y Patrón de radiación.

A.3.1.3 Ganancia. Teniendo en cuenta el patrón de radiación, se dice que una antena tiene ganancia, no en el sentido que amplifica la señal recibida del transmisor, sino que la concentra hacia una sola dirección, o que hace ver como si la señal fuera emitida con una potencia mayor. Este es el caso de las antenas direccionales que dirigen sus ondas hacia un sólo sector, llegando la señal con más fuerza que si fuera emitida por una antena omnidireccional. Por ejemplo, si una antena omnidireccional fuera reemplazada por una antena direccional con una ganancia de 10 dBi, un transmisor de 100 vatios produciría la misma eficacia de potencia radiada como un transmisor de 1 Kw y una antena omnidireccional.

La ganancia de las antenas se mide en decibeles, que es la unidad de medida adoptada para este tipo de parámetros. A mayor cantidad de decibeles, mejor

calidad de la antena. Para determinar la ganancia se establece la intensidad en un punto, irradiada por una antena omnidireccional sin ganancia y la intensidad de la señal emitida por la antena direccional. La relación de estas señales se utiliza para obtener los decibeles de ganancia.

A.3.1.4 Angulo de elevación. El ángulo de elevación es el ángulo entre el lóbulo principal del patrón de radiación de la antena y el plano horizontal de la misma. Generalmente se utilizan ángulos de elevación bajos para comunicaciones de largo alcance, y ángulos de elevación altos para comunicaciones de corta distancia.

A.3.1.5 Polarización. La polarización de una antena se refiere a la dirección del campo eléctrico dentro de la onda electromagnética emitida por ésta. Las antenas verticales emiten un campo eléctrico vertical y se dice que están polarizadas verticalmente. Las antenas horizontales tienen, por lo tanto, polarización horizontal. Para que haya éxito en una comunicación, las estaciones deben tener el mismo tipo de polarización. La mayoría de las antenas de HF son polarizadas verticalmente u horizontalmente. Una antena polarizada verticalmente produce ángulos de elevación bajos y es por consiguiente conveniente para los enlaces por ondas terrestres y para los de onda celeste de largo alcance. El inconveniente principal de las antenas verticales es su sensibilidad a la conductividad terrestre y el ruido generado localmente. Es necesario usar una pantalla conectada con tierra para conseguir mejores resultados.

Una antena polarizada horizontalmente radia con ángulos de elevación más altos y es adecuada para comunicaciones de corto alcance, fuera de aproximadamente 640 Km Ajustando la altura de la antena sobre tierra, es posible incrementar la ganancia a los ángulos de elevación bajos para alargar el alcance en el rendimiento de la onda celeste. Las antenas polarizadas horizontalmente son ampliamente independientes de la conductividad terrestre, y son menos afectadas por el ruido local que las antenas verticales.

Para la propagación de ondas terrestres, las antenas transmisora y receptora deben tener la misma polarización para mejores resultados. Para la propagación de onda celeste, la polarización de las antenas necesaria no es la misma, debido a que la polarización de la señal cambia durante la refracción en la Ionosfera.

A.3.2 Tipos de antenas. Existe una variedad innumerable de antenas utilizadas en comunicación de HF. A continuación se describe algunos de los tipos de antenas omnidireccionales y direccionales más comunes.

A.3.2.1 Antena látigo (vertical whip). Es adecuada para los circuitos de onda terrestre, debido a que es omnidireccional, tiene ángulo de elevación bajo y es polarizada verticalmente. En la figura A.4 se muestra esta antena y su patrón de radiación. Agregando un segundo látigo como reflector se puede lograr una mayor directividad.

A.3.2.2 Dipolo de media onda. Uno de los tipos más versátiles de antenas de HF es el dipolo de media onda, que es básicamente una longitud de alambre igual a un medio de la longitud de onda de transmisión. El dipolo puede orientarse para proporcionar polarización horizontal o vertical, Con una alimentación centrada.

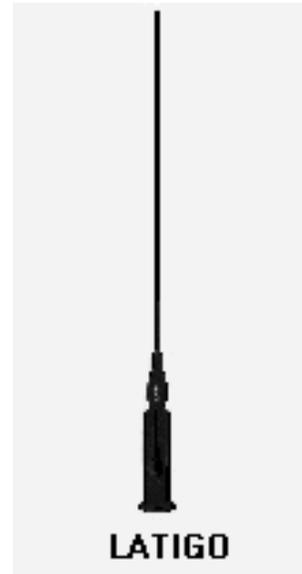
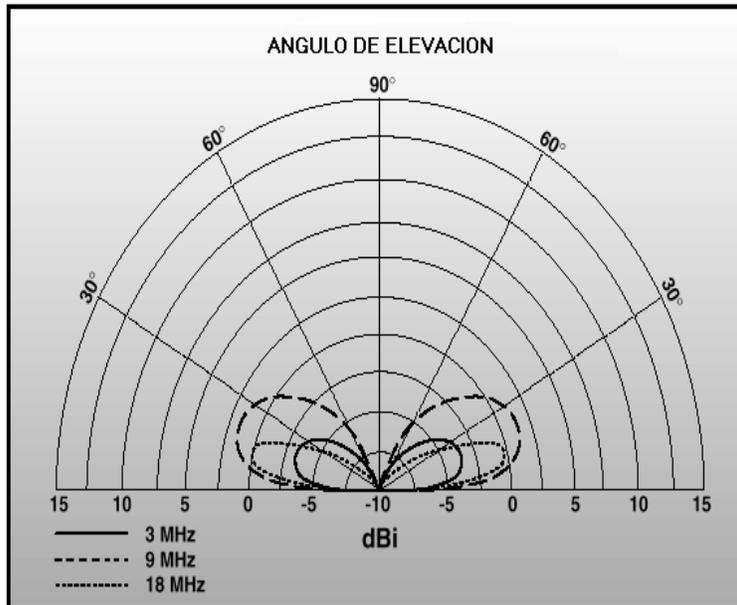


Figura A.4. Antena látigo vertical y su patrón de radiación.

La figura A.5 muestra una antena dipolo horizontal de alimentación central. El patrón de radiación puede cambiar fuertemente como función de su distancia sobre la tierra.

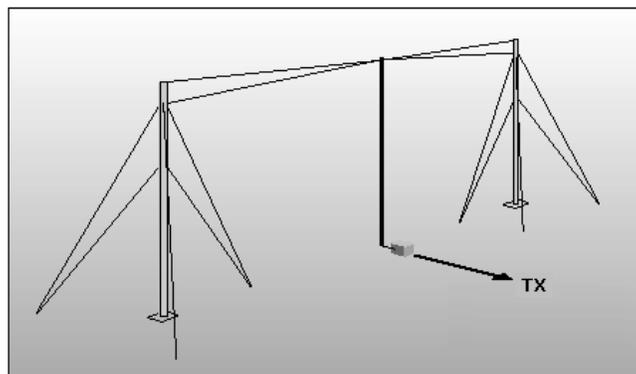


Figura A.5. Dipolo horizontal con alimentación central.

A.3.2.3 El dipolo en V invertida. Se utiliza cuando el espacio disponible no permite extender el dipolo horizontalmente en toda su longitud. Esta antena se instala utilizando un solo mástil, que la sustenta por su centro; formando un ángulo de 90° en el vértice, como se observa en la figura A.6. Esta antena presenta un

diagrama de radiación prácticamente omnidireccional, ángulos de salida bajos y una impedancia próxima a los 50 ohmios, que la hace apta para ser alimentada con cable coaxial.

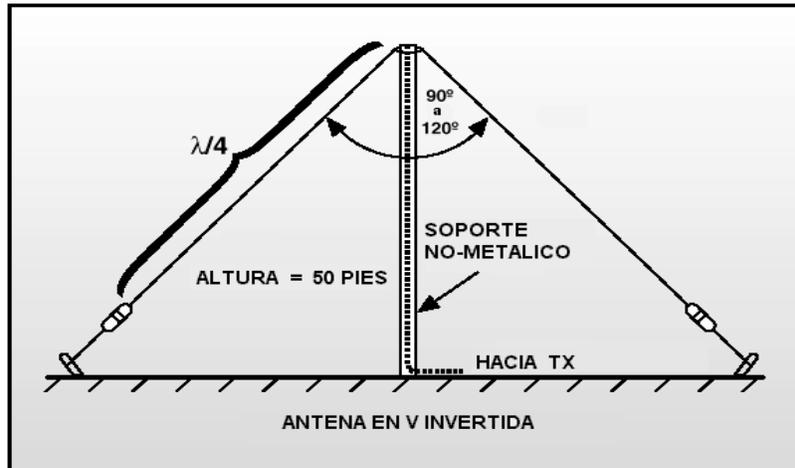


Figura A.6. Antena en V invertida.

A.3.2.4 Antenas direccionales. Trabajar con antenas direccionales requiere una infraestructura más compleja. Hay que considerar los costos de antena, torre, rotor, obra, instalador, cables de bajada, etc. También precisan más tiempo para mantener el conjunto de antena, torre, etc. Las antenas direccionales más comunes son: Yagi multibanda con elementos multirresonantes, Yagi log-periódica, Yagi entrelazada y las antenas cúbicas; estas se muestran en la figura A.7.

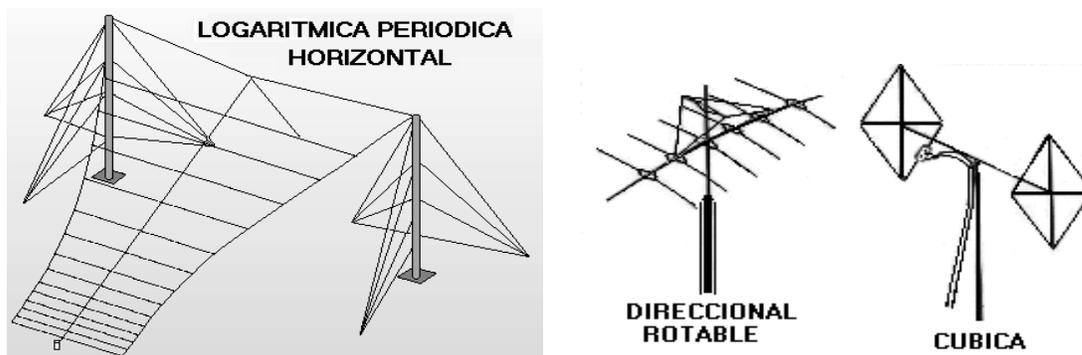


Figura A.7 Antenas direccionales.

Las antenas direccionales son utilizadas en enlaces punto a punto. Si se requiere comunicación punto a punto hacia estaciones dispersas en una amplia zona, se debe usar una antena direccional rotable. Las comunicaciones de onda celeste entre estaciones cercanas pueden requerir antenas especialmente diseñadas para este propósito. Las antenas de ondas celestes de incidencia vertical (NVIS) tienen un ángulo de elevación muy alto y radian energía de RF en forma directa.

A.4 UTILIZACION DE LAS BANDAS DE HF EN COLOMBIA

Las actividades realizadas en HF van desde sencilla comunicación entre radioaficionados hasta la experimentación con nuevos sistemas de comunicación, pasando por la comunicación de datos, imágenes, etc. Todas estas posibilidades hacen que ciertas frecuencias se dividan en bandas, destinadas a una utilización específica. El Ministerio de Comunicaciones ha elaborado un cuadro de atribución de las bandas de frecuencias con las aplicaciones del espectro radioeléctrico para los servicios de radiocomunicación de 9 KHz a 400 GHz. En la siguiente tabla se mencionan los servicios en la banda HF.

Frecuencias (KHz)	SERVICIOS
1.800 – 1.850	AFICIONADOS
1.850 – 2.000	AFICIONADOS, FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico RADIOLOCALIZACION, RADIONAVEGACION
2.000 – 2.065	FIJO, MOVIL
2.065 – 2.107	MOVIL MARITIMO
2.107 – 2.170	FIJO, MOVIL
2.170 – 2.173,5	MOVIL MARITIMO
2.173,5 – 2.190,5	MOVIL (socorro y llamada)
2.190,5 – 2.194	MOVIL MARITIMO
2.194 – 2.300	FIJO, MOVIL
2.300 – 2.495	FIJO, MOVIL, RADIODIFUSION SONORA
2.495 – 2.501	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS (2 500 KHz)
2.501 – 2.502	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS, Investigación espacial

2.502 – 2.505	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS
2.505 – 2.850	FIJO, MOVIL
2.850 – 3.025	MOVIL AERONAUTICO (R)
3.025 – 3.155	MÓVIL AERONAUTICO (OR)
3.155 – 3.200	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico (R)
3.200 – 3.230	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico (R), RADIODIFUSIÓN SONORA
3.230 – 3.400	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico, RADIODIFUSIÓN SONORA
3.400 – 3.500	MOVIL AERONAUTICO (R)
3.500 – 3.750	AFICIONADOS
3.750 – 4.000	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico (R)
4.000 – 4.063	FIJO, MOVIL MARITIMO
4.063 – 4.438	MOVIL MARITIMO
4.438 – 4.650	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico (R)
4.650 – 4.700	MOVIL AERONAUTICO (R)
4.700 – 4.750	MOVIL AERONAUTICO (OR)
4.750 – 4.850	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico (R), RADIODIFUSION SONORA
4.850 – 4.995	FIJO, MOVIL TERRESTRE, RADIODIFUSION SONORA
4.995 – 5.003	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS (5 000 KHz)
5.003 – 5.005	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS, Investigación espacial
5.005 – 5.060	FIJO, RADIODIFUSION SONORA
5.060 – 5.250	FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico
5.250 – 5.450	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico
5.450 – 5.480	MOVIL AERONAUTICO (R)
5.480 – 5.680	MOVIL AERONAUTICO (R)
5.680 – 5.730	MOVIL AERONAUTICO (OR)
5.730 – 5.900	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico (R)
5.900 – 5.950	RADIODIFUSION SONORA
5.950 – 6 200	RADIODIFUSION SONORA
6.200 – 6.525	MOVIL MARITIMO
6.525 – 6.685	MOVIL AERONAUTICO (R)

6.685 – 6.760	MOVIL AERONAUTICO (OR)
6.765 – 7.000	FIJO, Móvil terrestre
7.000 – 7.100	AFICIONADOS, AFICIONADOS POR SATELITE
7.100 – 7.300	AFICIONADOS
7.300 – 7.350	RADIODIFUSION SONORA
7.350 – 8.100	FIJO, Móvil terrestre
8.100 – 8.195	FIJO, MOVIL MARITIMO
8.195 – 8.815	MOVIL MARITIMO
8.815 – 8.965	MOVIL AERONAUTICO (R)
8.965 – 9.040	MOVIL AERONAUTICO (OR)
9.040 – 9.400	FIJO
9.400 – 9.500	RADIODIFUSION SONORA
9.500 – 9.900	RADIODIFUSION SONORA
9.900 – 9.995	FIJO
9.995 – 10.003	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS (10 000 KHz)
10.003 – 10.005	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS, Investigación espacial
10.005 – 10.100	MOVIL AERONAUTICO (R)
10.100 – 10.150	FIJO, Aficionados
10.150 – 11.175	FIJO, Móvil salvo móvil aeronáutico (R)
11.175 – 11.275	MOVIL AERONAUTICO (OR)
11.275 – 11.400	MOVIL AERONAUTICO (R)
11.400 – 11.600	FIJO
11.600 – 11.650	RADIODIFUSION SONORA
11.650 – 12.050	RADIODIFUSIÓN SONORA
12.050 – 12.100	RADIODIFUSIÓN SONORA
12.100 – 12.230	FIJO
12.230 – 13.200	MOVIL MARITIMO
13.200 – 13.260	MOVIL AERONAUTICO (OR)
13.260 – 13.360	MOVIL AERONAUTICO (R)
13.360 – 13.410	FIJO, RADIOASTRONOMIA
13.410 – 13.570	FIJO, Móvil salvo móvil aeronáutico (R)
13.570 – 13.600	RADIODIFUSION SONORA
13.600 – 13.800	RADIODIFUSION SONORA
13.800 – 13.870	RADIODIFUSION SONORA
13.870 – 14.000	FIJO, Móvil salvo móvil aeronáutico (R)

14.000 – 14.250	AFICIONADOS, AFICIONADOS POR SATELITE
14.250 – 14.350	AFICIONADOS
14.350 – 14.990	FIJO, Móvil salvo móvil aeronáutico (R)
14.990 – 15.005	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS (15 000 KHz)
15.005 – 15.010	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS, Investigación espacial
15.010 – 15.100	MOVIL AERONAUTICO (OR)
15.100 – 15.600	RADIODIFUSION SONORA
15.600 – 15.800	RADIODIFUSION SONORA
15.800 – 16.360	FIJO
16.360 – 17.410	MOVIL MARITIMO
17.410 – 17.480	FIJO
17.480 – 17.550	RADIODIFUSION SONORA
17.550 – 17.900	RADIODIFUSION SONORA
17.900 – 17.970	MOVIL AERONAUTICO (R)
17.970 – 18.030	MÓVIL AERONAUTICO (OR)
18.030 – 18.052	FIJO
18.052 – 18.068	FIJO, Investigación espacial
18.068 – 18.168	AFICIONADOS, AFICIONADOS POR SATELITE
18.168 – 18.780	FIJO, Móvil salvo móvil aeronáutico
18.780 – 18.900	MOVIL MARITIMO
18.900 – 19.020	RADIODIFUSION SONORA
19.020 – 19.680	FIJO
19.680 – 19.800	MOVIL MARITIMO
19.800 – 19.990	FIJO
19.990 – 19.995	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS, Investigación espacial
19.995 – 20.010	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS (20 000 KHz)
20.010 – 21.000	FIJO, Móvil
21.000 – 21.450	AFICIONADOS, AFICIONADOS POR SATELITE
21.450 – 21.850	RADIODIFUSION SONORA
21.850 – 21.870	FIJO
21.870 – 21.924	FIJO
21.924 – 22.000	MOVIL AERONAUTICO (R)
22.000 – 22.855	MOVIL MARITIMO

22.855 – 23.000	FIJO
23.000 – 23.200	FIJO, Móvil salvo móvil aeronáutico (R)
23.200 – 23.350	FIJO, MOVIL AERONAUTICO (OR)
23.350 – 24.000	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico
24.000 – 24.890	FIJO, MOVIL TERRESTRE
24.890 – 24.990	AFICIONADOS, AFICIONADOS POR SATELITE
24.990 – 25.005	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS (25 000 KHz)
25.005 – 25.010	FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS, Investigación espacial
25.010 – 25.070	FIJO, MÓVIL salvo móvil aeronáutico
25.070 – 25.210	MOVIL MARITIMO
25.210 – 25.550	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico
25.550 – 25.670	RADIOASTRONOMIA
25.670 – 26.100	RADIODIFUSION SONORA
26.100 – 26.175	MOVIL MARITIMO
26.175 – 27.500	FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico
27.500 – 28.000	AYUDAS A LA METEOROLOGIA, FIJO, MOVIL
28.000 – 29.700	AFICIONADOS, AFICIONADOS POR SATELITE

Tabla A.1 Atribución de bandas de frecuencias.

ANEXO B. GUIA DEL ADMINISTRADOR DE RED PARA LA GESTION DEL SISTEMA

B.1 INTRODUCCION

Para la especificación, planeación e implementación de una red HF con ALE, es fundamental seguir un orden de actividades para garantizar un alto rendimiento en la red. La utilización de estas reglas puede minimizar riesgos de aplicación de forma significativa.

Otro aspecto importante es el manejar los servicios y funciones asociadas con el administrador de una red de HF con ALE. Mientras que el administrador es el encargado de designar las funciones de gestión de red a un grupo de personas. El equipo de gestión de red intervendrá de esta forma en la selección, implementación, pruebas, expansión, operación y mantenimiento de la red. Existen dos objetivos principales en la gestión de red:

- Satisfacer las necesidades de los usuarios del sistema
- Proporcionar soluciones rentables a los requerimientos de comunicación

Las obligaciones del administrador de red incluyen:

- Trabajar con el operario del sistema para implementar los detalles y poner a punto las especificaciones de la red.
- Trabajar con el ingeniero de red para establecer el esquema físico de la red.
- Establecer los parámetros y procedimientos de la red.
- Responsabilizarse del establecimiento y mantenimiento del conjunto de frecuencias y su asignación.
- Responsabilizarse del establecimiento y mantenimiento de las direcciones de las estaciones y los parámetros asociados.
- Participar en las operaciones de establecimiento de los procedimientos operacionales necesarios para una operación fácil de red.
- Capacitar y asistir a los usuarios en el manejo del sistema, asegurando su complacencia con los procedimientos y operaciones del funcionamiento de la red.
- Responsabilizarse en la solución de problemas operacionales como congestión, interferencia o capacitación de los operarios.

B.2 EL ADMINISTRADOR DE RED EN LA GESTION DE REDES DE RADIO HF CON ALE

El administrador de red tiene como principal responsabilidad el funcionamiento continuo de la red. Debe conocer los deberes preestablecidos para su funcionamiento y los detalles subyacentes, así como del personal administrativo adicional de las estaciones. Debe conocer las características de propagación por la Ionosfera, y la propagación de onda terrestre. Debe estar familiarizado con los detalles y características de los equipos de radio ALE de HF para cumplir en su función de guía en la adquisición, organización y funcionamiento diario de la red. En el siguiente grafico puede verse las principales actividades del administrador de red.



Figura B.1 Actividades del administrador de red en la gestión de redes con ALE.

B.2.1 Planificación de la red. La primera fase en el diseño de una red de comunicaciones es la planificación. Sus pasos sobresalientes son:

- Establecimiento de los objetivos y requerimientos de la red.
- Determinación de los beneficios y análisis de costos.
- Elaboración del esquema de red y la selección del sitio.
- Elección y adquisición de los equipos.

Las principales actividades en la planificación de la red pueden observarse en la figura B.2.

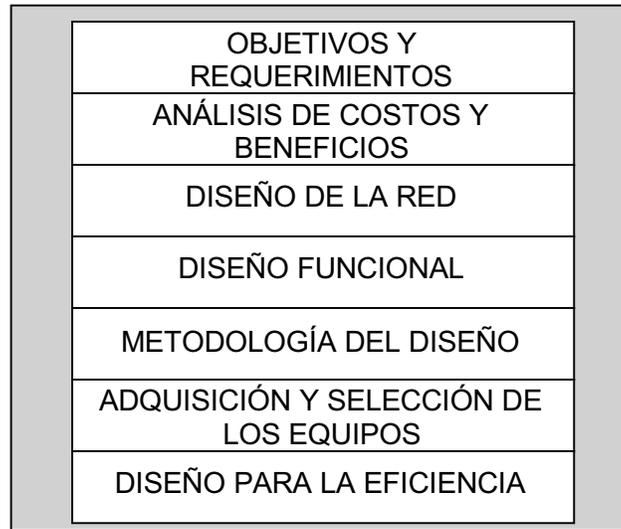


Figura B.2 Actividades de la planificación de la red.

B.2.1.1 Objetivos y requerimientos. La definición de objetivos y requerimientos puede ser un prerequisite muy importante antes de tomar cualquier decisión en la materialización de la red. La fase de definición es un proceso reiterativo donde se examinan los requerimientos conocidos, para formular soluciones conceptuales de la red, por lo que el administrador debe establecer los requisitos y objetivos de la red. Generalmente se puede determinar de forma fácil las necesidades de la red, pero los usuarios pueden tener diferentes puntos de vista de los objetivos y requerimientos. Para establecer los requerimientos, el administrador debe tener cuidado en determinar si existen y si son reales o imaginarios. Entonces su trabajo es el reunir los requerimientos y objetivos comunes, entre los determinados por los usuarios y los identificados por el personal de diseño, con el objeto de tener un claro acuerdo en la selección de la arquitectura de red. Los requerimientos de la red pueden describirse como requerimientos de servicio, de interconexión y de nivel de red.

Los requerimientos de servicio incluyen los siguientes puntos:

- Alcance global de la red.
- Calidad de los servicios de red a incluir.
- Tipo de tráfico a manejar.
- Costos involucrados.
- Posibles cambios del cronograma de actividades.

Los requerimientos de Interconexión incluyen las características de comunicación que relacionan las rutas dentro de la red. Incluyen la localización de nodos y recursos, clases de tráfico entre nodos, promedios de volúmenes de tráfico, horas de máximo y mínimo tráfico, flujo de tráfico agregado, rendimiento, problemas de seguridad y disponibilidad de red.

Los requerimientos de nivel de red incluyen problemas superiores a las características funcionales (tráfico, rendimiento, seguridad y disponibilidad) como mantenimiento, crecimiento, dirección y control de red.

B.2.1.2 Análisis de costos y Beneficios. El análisis de requerimientos justifica la arquitectura de la red y cuantifica las necesidades del usuario que serán satisfechas por la nueva red. Los diseñadores determinan la técnica necesaria y establecen los beneficios del sistema. Algunas de las cuestiones que justifican la red son: capacidad en el servicio de comunicaciones, reducción de gastos con la reducción de tareas manuales, control de tráfico. De esta forma el análisis de costos y beneficios puede mostrar el costo real de la gestión de red para todos los usuarios.

B.2.1.3 Diseño de la red. Utilizando los objetivos y requerimientos como base, los analistas pueden realizar el diseño de la red. El administrador debe trabajar con el ingeniero de red para elaborar el diseño, esquema y topología de la red y la selección del lugar. La topología puede seleccionarse basándose en el tipo de tráfico originado, el destino de la transmisión y el flujo de datos planeado. La topología puede ser punto a punto, estrella, malla, o una combinación de las anteriores; puede consistir de una sola red o múltiples redes. El análisis de tráfico muestra donde el flujo de datos es alto, bajo, esporádico, prioritario o no prioritario.



Figura B.3 Actividades del diseño de la red.

El administrador debe identificar todas las estaciones o nodos a ser incluidos en la red así como sus ubicaciones geográficas, conocer la situación física de cada nodo y la relación con otros nodos, los obstáculos físicos presentes en las trayectorias entre los diferentes nodos, los equipos ubicados en cada uno de los nodos, especialmente su potencia y las características de antena. Debe también informarse de las diferentes trayectorias de propagación entre las estaciones involucradas (onda espacial, onda terrestre y línea de vista). Deberá conocer los detalles sobre las características y el volumen del tráfico de comunicaciones circulante entre los nodos en diferentes momentos durante el día, además las interfaces de comunicación que se conectan a cada nodo y cómo la pérdida de una o más de estas interfaces puede afectar el tráfico de mensajes en la red. Deberá conocer y manejar claramente la prioridad de los mensajes a través de cada nodo así como la importancia de cada miembro respecto a sus actividades y obligaciones para el buen desempeño de la red. Si los mensajes son enviados a través de nodos intermedios, debe considerarse el enrutamiento especial en el análisis de tráfico a realizar.

Para identificar las necesidades iniciales en el establecimiento de requerimientos, es recomendable que el administrador realice una encuesta a los administradores de cada nodo potencial de la red. Esta encuesta permitirá identificar los recursos, equipos, disponibilidad de personal, tipo de equipos, volúmenes y clases de tráfico, carga normal y pico, protocolos de corrección de errores, consideraciones de rendimiento, de fiabilidad y disponibilidad, determinación del flujo de tráfico agregado, seguridad especial, mantenimiento, gestión y problemas de crecimiento que pueden aparecer en un nodo en particular. Los principales aspectos de la planeación son:

B.2.1.3.1 Ubicación física. Uno de los primeros elementos de los requisitos en la interconexión funcional es la determinación de la situación física de cada usuario o nodo en la red. La encuesta debe determinar con respecto a la ubicación del lugar, las consideraciones del terreno generales. El proceso de identificación también incluye la determinación de si los medios físicos están ocupados, en construcción, o si están en la fase de planificación.

B.2.1.3.2 Tipo de equipos. Es esencial identificar el tipo de equipos localizados en los nodos, incluyendo los modelos, proveedor, capacidad de memoria y de buffer, potencia, antena, etc, para planear su desempeño en la red. Se debe tener en cuenta que los equipos de diferente fabricante tienen una capacidad de funcionamiento y tamaño diferente. Debe obtenerse la información necesaria sobre las capacidades del LQA, del buffer de direcciones, los modelos de tráfico, la matriz de conectividad y el almacenamiento de mensajes.

B.2.1.3.3 Tráfico. La encuesta debe determinar los requerimientos de tráfico anticipados en cada nodo, los cuales abarcan una de las características más importantes a considerar en el diseño de la red. Conociendo el volumen de tráfico

pico, nulo y agregado de cada nodo, el administrador podrá determinar los valores para toda la red.

B.2.1.3.4 Clases de tráfico. Para iniciar la definición de requerimientos de tráfico, se debe determinar las clases de tráfico utilizadas por cada nodo. Estas clases pueden incluir la necesidad en tiempo real o de respuesta inmediata así como la posible necesidad para tráfico de mensajes con prioridad. El tráfico puede requerir respuestas interactivas ACK/NACK o puede ser de modo de transmisión simple; puede ser de mensajes AMD simples o puede ser de bloques grandes de datos a transferir entre computadores o dispositivos fijos. Es aconsejable la transferencia de bloques grandes de datos solo para condiciones especiales, ya que este tipo de transmisión puede requerir periodos considerables que pueden congestionar la red en periodos largos de tiempo. Los datos transferidos en bloques grandes, se deben hacer a través de otros medios (módem de datos, etc), en lugar de hacerlo en el tráfico sobre la red.

Otro factor que interviene con el volumen de tráfico y la red en conjunto es el protocolo para los equipos de radio ALE de HF, pero las características de los equipos pueden variar por proveedor, por operador según las variables escogidas, por el tipo de comandos que se utilizan (de procedimiento o de control), así como por el contenido de tráfico de mensajes de LQA, y la utilización de protocolos para la transferencia de datos (como DBM, DTM, etc).

B.2.1.3.5 Requerimientos especiales. El funcionamiento de un nodo puede tener requerimientos especiales de funcionamiento. El funcionamiento puede ser definido para la red, para un enlace individual o para un nodo individual. Un nodo individual a su vez puede necesitar definir retrasos aceptables según la tarea, ambiente o ruta lógica.

B.2.1.3.6 Disponibilidad/Fiabilidad. La encuesta debe estructurarse para determinar la disponibilidad y los requerimientos de fiabilidad en los nodos. El administrador de red debe conocer la sensibilidad de transferencia o tiempo de falla del usuario. También debe determinar cual es el margen de falla tolerable en el servicio, además analizar los posibles resultados de perder un nodo en particular cuando se elige entre el nodo y el funcionamiento de la red global, en caso de que la red ya no este utilizando aquel nodo para enviar mensajes. Al diseñar una red para enlaces con tráfico de alta prioridad o con gran disponibilidad, el administrador puede concluir la necesidad de equipo redundante para los enlaces con el propósito de backup. Puede ser necesario tener un equipo crítico de backup total, instalado y disponible para ser utilizado en caso de fallas. En los enlaces más críticos y para incrementar la capacidad de redundancia en el equipo backup, este equipo puede ser conectado en una configuración imagen donde la lista de exploración de frecuencias y la matriz de información de direcciones se actualiza constantemente. Esta información se puede obtener de forma continua actualizando los datos en línea y las bases de datos backup.

B.2.1.3.7 Seguridad. La encuesta debe diseñarse para identificar y evaluar cualquier problema de seguridad en especial, asociada con un nodo en particular. También pueden necesitarse requerimientos de seguridad en los nodos individuales y en la red en conjunto. Para una confiabilidad aceptable, existe un costo real asociado con la seguridad, por esa razón es aconsejable determinar precisamente qué rutas y mensajes deben ser asegurados. También se debe establecer la seguridad en términos de los medios físicos, acceso a la red y los datos.

B.2.1.3.8 Mantenimiento. Es muy importante determinar la necesidad de cualquier requerimiento de mantenimiento especial. Deben llevarse a cabo procedimientos de mantenimiento preventivo para mantener el HW y SW del sistema. Los procesos de mantenimiento deben programarse en ciertos horarios, con el fin de no entorpecer la prestación del servicio a los usuarios.

B.2.1.3.9 Gestión y control de red. La encuesta debe estructurarse para determinar las necesidades de gestión y control de la red. Los requerimientos de gestión y control incluyen puntos como el diseño de la central de comunicaciones y el manejo de varios tipos de información necesarios para el control de diferentes propósitos.

B.2.1.3.10 Expansión. Se debe establecer anticipadamente los problemas de crecimiento de los nodos y la red. Los problemas presentados al respecto, deben ser resueltos bajo la toma de decisiones hechas en la fase de requerimientos. Los usuarios se preocupan más a menudo por el diario funcionamiento que por los problemas de crecimiento a largo plazo de la red, y por consiguiente es responsabilidad del administrador el consultar para considerar los requerimientos de crecimiento a largo plazo.

B.2.1.4 Diseño funcional. Después del análisis de requerimientos y las respuestas de los administraciones de nodos, el administrador tendrá una visión profunda de lo que la red en general se refiere. Entonces la tarea será el traducir los requerimientos en un diseño funcional, logrando un sistema de red que satisfaga las expectativa de la mejor forma posible.

Uno de los primeros requerimientos que deben traducirse en criterios de diseño son las expectativas del usuario respecto al desempeño de la red. Los usuarios perciben el desempeño de la red en términos del retardo experimentado tras la solicitud de un mensaje a otro usuario. Este retardo es normalmente medido desde el primer carácter de la solicitud al último carácter de la respuesta, o el tiempo total en el que el canal es ocupado en la transferencia del mensaje. Otro tipo de retardo es el asociado con un nodo intermedio en un mensaje enviado. Los retardos pueden ser provocados en la cola de espera para la transferencia de mensajes. Este retardo puede ser más significativo que un mensaje normal transmitido pero no tan grande como el retardo experimentado en un nodo de conmutación. Para grandes distancias los contribuyentes más significantes de

retardo en un sistema de radio HF son los cambios en la Ionosfera. La radio HF con ALE tiene normalmente varias frecuencias relacionadas con un sistema en caso de que el retardo se pueda evitar con el cambio de frecuencia; cuando se presenta un mal desempeño del sistema en todas sus frecuencias permitidas, el retardo se presentaría hasta el cambio de las condiciones.

Otro problema presentado es el rendimiento de la red. El rendimiento se define como la tasa de transferencia de datos que puede soportar. Para una gran extensión, este es limitado por la velocidad de transmisión, retardos debido a la distancia, retardos a través de los nodos, posibles retardos de conmutación, etc. La disponibilidad de una red se expresa como el porcentaje del tiempo de operación.

$$D = \text{MTBF}/(\text{MTBF}+\text{MTRH})$$

Donde D es la reparación, MTBF el Promedio de Tiempo Entre Fallas (MTBF-Mean-Time-Between Failure), MTRH el Promedio de Tiempo de Reparación (MTTR-Mean-Time-To-Repair). La disponibilidad se calcula para cada componente en la red y el producto de la disponibilidad de los componentes en una ruta dada define la disponibilidad global del enlace.

B.2.1.5 Metodología del diseño. Con los requerimientos y análisis de los criterios de diseño, se puede dirigir el diseño topológico de la red. Típicamente, el diseño de la red se divide en dos áreas:

- Diseño del backbone, con la determinación de su topología.
- Establecimiento de los métodos de acceso a la red, teniendo en cuenta las características de los nodos locales.

En este punto puede determinarse la conectividad de cada nodo. Con la especificación de las rutas principales y alternas en la red, se puede establecer la conectividad en los nodos con el cubrimiento del plan de conectividad en condiciones de interrupción (mala propagación o fallas en los nodos primarios). Un gráfico simple puede ser una herramienta útil para el análisis de la conectividad de red. Aplicando el análisis de conectividad y de retardo realizados, se puede definir el retardo para cada enlace. En algunos casos de saltos múltiples o entrega de mensajes por almacenamiento y envío, pueden requerirse conectar los nodos bajo todas las condiciones.

Si las capacidades de almacenamiento y reenvío son necesarias para cubrir casos donde se han presentado obstáculos, se debe hacer un análisis sobre la formación de colas de espera básicas a ser aplicadas para determinar las consideraciones sobre el tiempo durante el cual los mensajes están en colas de espera para pasar al próximo nodo. La cola más común es una cola de servidor único donde se corrigen los mensajes o paquetes que llegan en determinado momento, antes de

remitirse al próximo nodo. Un tipo de servidor es el multiservidor, el cual maneja la llegada de mensajes (paquetes), formando una sola cola o línea. Las variables asociadas con la teoría sobre colas son:

- Número de mensajes que han llegado dentro de un periodo definido.
- Tiempo requerido para procesar cada transacción.
- Porcentaje de tiempo en que el usuario puede acceder a la red sin bloquearse.
- Número de servidores requeridos.
- Tiempo requerido antes de que un mensaje se pierda debido a los bloqueos.

B.2.1.6 Adquisición y selección de los equipos. Esta debe ser incluida dentro de las funciones de la planificación. Los usuarios pueden adquirir sus propios equipos para las estaciones individuales, pero existen equipos comunes como los nodos maestros, antenas, etc, que deben ser adquiridos por el administrador de la red. Si los usuarios necesitan información en la adquisición de equipos especializados, pueden comunicarse con el administrador para una correcta orientación.

B.2.1.7 Diseño para la eficiencia. Después de finalizar esta primera parte del diseño de la red, el equipo de administración deberá verificar lo realizado y corregir cualquier evidencia de ineficiencia. Las ineficacias en un diseño pueden ser superadas combinando algunas rutas, HW, medios de comunicación u otros recursos en una sola estructura integrada.

B.2.2 Implementación de la red. Es la segunda fase en el diseño de una red. Esta fase puede incluye aspectos de planificación, cronogramas y control. Debido a que el administrador es responsable de la integridad de la red, es el responsable de iniciar la planeación y establecimiento del cronograma de los procesos y actividades que se deben tener en cuenta para hacer la red una realidad. El administrador también debe preparar los procedimientos de funcionamiento que aseguren la correcta operación de la red. Los procedimientos incluyen características o parámetros únicos, fijación y asignaciones de frecuencia, direcciones de red, de estación y condiciones de funcionamiento estándar de red. El desarrollo de la red requiere métodos organizados y estructurados, como en cualquier actividad de diseño. Las fases del desarrollo del ciclo de vida de la red son:

- Definición de requerimientos
- Determinación de viabilidad
- Análisis de las restricciones del diseño
- Análisis de la carga en la red
- Diseño de la red

Las principales actividades en la implementación de la red se muestran en la figura B.3. El administrador de red debe desarrollar un plan de implementación del

sistema con el propósito de identificar todos los recursos requeridos, actividades y fases del desarrollo del ciclo de vida. Los temas a ser incluidos en el plan de implementación son:

- Apreciación funcional y estimación del alcance (perfil de la red en términos de los servicios que se ofrecerán).
- Estimación global de los costos del proyecto.
- Estimación de la fecha de finalización del proyecto, soportado en:
 - Cronograma detallado de actividades.
 - Gráfico de actividades importantes.
 - Costo de los recursos para cada actividad.
 - Organización del proyecto para identificar los requisitos técnicos y de soporte del personal.
 - Estimación de aspectos técnicos, costos o del cronograma.

B.2.2.1 Parámetros de ALE. El administrador debe trabajar con el ingeniero de red para realizar el diseño del sistema con el fin de identificar los parámetros de la red ALE. Se debe obtener información específica de la potencia, antenas, frecuencias, nombres, direcciones, para mejorar la eficiencia de la red.

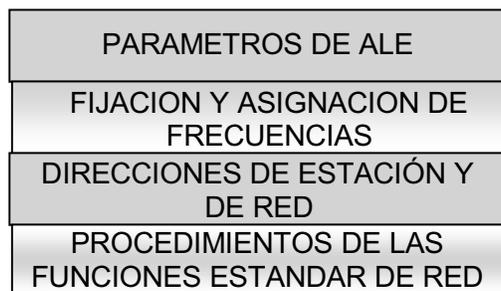


Figura B.4 Actividades en la implementación de la red.

B.2.2.2 Fijación y asignación de Frecuencias. El administrador debe establecer y mantener la asignación y fijación de frecuencia necesarias para el funcionamiento de la red. Los radios son capaces de examinar un grupo de frecuencias o canales bajo control manual o bajo la dirección de un control automático. Los canales examinados deben seleccionarse por grupos o conjuntos y de forma individual para permitir la flexibilidad en la gestión de los canales y la exploración para la gestión de la red. La selección de las frecuencias óptimas de operación, es una de las características más importantes que contribuyen al rendimiento global del sistema. La frecuencia se escoge basándose en las siguientes características generales:

- La frecuencia escogida tiene que ser una de las frecuencias asignadas por la red.

- La propagación a esa frecuencia está en el rango seleccionado que asegura una SNR máxima alcanzada en el receptor con mínima distorsión.
- La frecuencia escogida debe propagarse correctamente durante por lo menos en algunos periodos del día (considerado el año 11 del ciclo solar).
- Debe ser libre de ruido artificial por lo menos durante algunas horas del día.
- Las rutas de propagación entre los dos puntos extremos deben tener características similares en ambas direcciones durante algún periodo del día.

El administrador tiene un grupo de frecuencias asignadas a la red, las cuales puede hacerlas o no accesibles a todos los miembros de la red. Por ejemplo a una red le son asignadas 10 frecuencias, pero según el administrador se establece que el nodo 1 sólo puede utilizar los canales 0,1,2,8 y 9, mientras que el nodo 2 puede utilizar los canales 2,3,4,5,6,7 y 8. Como puede observarse, el tráfico entre el nodo 1 y 2, los canales 2 y 8 están en común y por consiguiente debe utilizarse uno de estos canales para la comunicación entre estos nodos. Cada uno de estos grupos de frecuencias es considerado como conjunto y la red puede tener tantos conjuntos como necesite. La determinación de los conjuntos puede darse debido a la situación física de las estaciones, características en común (misión, tipo, limitaciones de propagación), etc.

B.2.2.3 Direcciones de estación y de red. A las estaciones HF con ALE se les asigna una o más direcciones de identificación durante las llamadas selectivas. Los dos tipos básicos de direcciones de la estación son: direcciones individuales y direcciones de red. El administrador de la red debe establecer y mantener las direcciones individuales y de red. Para las redes gubernamentales, las direcciones ALE deben ser asignadas y registradas.

Una dirección individual es única y se asigna a sólo una estación de la red. Las llamadas a direcciones individuales son respondidas por sólo una estación. Las direcciones de red pueden asignarse a un grupo de estaciones que podrían tener algo en común dentro de la red. Las llamadas a las direcciones de red son respondidas por más de una estación pero se requieren estaciones individuales para responder en determinados intervalos de tiempo asociados con la dirección de la estación individual. Pueden haber muchas redes asociadas con una red. Cada estación puede tener más de una dirección individual o de red.

- **Auto-direcciones individuales.** Todas las estaciones ALE tienen la capacidad para almacenar y utilizar 20 auto-direcciones individuales, donde cada una tiene de 3 a 15 caracteres. Si la dirección es de sólo 3 caracteres de longitud, se conoce como dirección básica; si es de 3 a 15 caracteres, se conoce como dirección extendida.
- **Estaciones múltiples.** Un grupo organizado de estaciones con una dirección normalmente asignada, es conocido como red. Un grupo no organizado de

estaciones sin una dirección adicional normalmente asignada se conoce como grupo.

- **Red.** Es un grupo organizado de estaciones.
- **Grupo.** Es una selección no organizada de estaciones. En muchos casos, se conoce poco o nada sobre las estaciones, excepto sus direcciones individuales y las frecuencias comunes exploradas.
- **Auto-dirección de red.** Una dirección de red es utilizada para llamar en una área a un grupo organizado de estaciones que comparten una dirección común. En una llamada de red se establece contacto rápido y eficaz con un grupo organizado de estaciones, utilizando una dirección de red única que es una dirección adicional asignada en común a todos los miembros de la red.
- **Símbolos de utilidad en las direcciones.** Las direcciones pueden modificarse en algunos casos a través de la utilización de los símbolos @ y ?. Estos símbolos especiales de caracteres son utilizados en las llamadas especiales como:
 - Relleno
 - Allcalls
 - Anycalls
 - Wildcards
 - Auto-dirección
 - Dirección nula
- **Relleno.** La cantidad de direcciones disponibles con el sistema y la flexibilidad de asignación de direcciones, se incrementa significativamente con la utilización de relleno de caracteres en la dirección. Esta técnica permite contener longitudes de dirección que no son múltiplos de tres, compatibles con la norma (múltiplos de tres) de los campos de dirección, por relleno en las posiciones vacías con el símbolo @.
- **Direcciones Allcall.** Es una transmisión general que no requiere respuesta y no designa ninguna dirección específica. Estas pueden ser de la forma allcall global, o allcall selectiva global parcial mientras no requiera respuesta. Es requerida para los casos de emergencia, intercambio de datos sonoros, propagación y conectividad.
- **Direcciones Anycall.** Es una transmisión general que requiere respuesta sin designar alguna dirección específica. Una estación ALE puede llamar y recibir respuesta de las estaciones no especificadas y puede identificar nuevas estaciones y conectividades. Es requerida para emergencias, reconstitución de redes, sistemas y creación de nuevas redes.

-
- **Dirección de red.** El propósito de una llamada de red es establecer contacto de forma rápida y eficaz con múltiples estaciones de una red, simultáneamente si es posible, utilizando direcciones simples de red, que son asignadas en común a todos los miembros de la red.
 - **Dirección de grupo.** El propósito de una llamada de grupo es establecer contacto con múltiples estaciones no organizadas, simultáneamente si es posible, de forma rápida y eficaz por medio de una combinación compacta de sus propias direcciones que se asignan individualmente.
 - **Dirección nula.** Para realizar pruebas, mantenimiento, características del buffer y otros propósitos, la estación puede utilizar una dirección nula a la que no se dirige, acepta o pueda responderse por cualquier estación. Cuando una estación ALE requiere un tipo de función de dirección nula, puede utilizar el protocolo de dirección nula. Esta dirección tiene un patrón especial de la forma TO @ @ @, (o REPEAT @ @ @), si es directamente después de otro TO). La dirección nula siempre utiliza el TO (o REPEAT) y sólo en los ciclos de llamada. Las direcciones nulas pueden mezclarse con otras direcciones (llamada de grupo), en el caso de que sólo aparezcan en la llamada principal, y no en la llamada de exploración. Las direcciones nulas nunca se utilizan en la conclusión o terminación (THIS IS o THIS WAS). Si una dirección nula aparece en una llamada de grupo, no se designa ninguna estación para responder en el intervalo asociado, por consiguiente permanece vacío.

B.2.2.4 Procedimientos de las funciones estándar de red. Cada red tiene un conjunto de normas de procedimientos de operación asociados con su funcionamiento. Estos procedimientos establecen el protocolo y el funcionamiento permisivos para los propósitos de establecer una red funcional para todos los participantes. Los ejemplos de normas de procedimientos operacionales son:

- **Lista de exploración.** Se refiere al establecimiento de una lista de exploración de los parámetros de radios individuales, direcciones individuales, de red y de grupo. A cada estación puede ser asignada una o más (auto) direcciones individuales, y una o más (auto) direcciones de miembro de red. La auto-dirección y la dirección individual o de red, son identificadores que una estación reconoce cuando esta recibiendo llamadas.
- **Sondeo.** La autorización o no del sondeo (automático o no), el intervalo de sondeo, su duración, el tiempo de reintento de sondeo, etc, son parámetros operacionales establecidos en cada nodo/radio individual. El sondeo es la habilidad de prueba para seleccionar canales conocidos o no (y trayectos de propagación) de forma rápida, identificando el mejor para ser utilizado en posteriores comunicaciones, evaluación de conectividad, propagación, disponibilidad, etc. La señal de sondeo es unilateral, es una transmisión de

dirección única que se realiza a intervalos periódicos en canales libres. Cuando se utiliza, las operaciones de red estándar gestionadas por el administrador de la red son:

- Frecuencia utilizada
 - Tiempo de utilización
 - Tiempo a esperar después de un intento fallido.
- **Parámetros de configuración.** Parámetros individuales de radio que controlan las llamadas, actualización de LQA, manejo de tiempos, generación de reportes, tiempo de sincronización de la red, parámetros de terminación del enlace, autorización o desaprobación de las anycalls, allcalls, etc.
 - **Parámetros específicos de mensajes.** Parámetros considerados específicos en los mensajes individuales como la autorización o prohibición de prioridad inmediata a la anulación de mensajes con la cancelación del próximo mensaje, etc.
 - **Problemas operacionales.** Procedimientos operacionales que afectan la comunicación de una estación dentro de una red como el tiempo de exploración y monitoreo de voz. En cuanto a los métodos de transmisión se refiere al tiempo de espera de los intervalos de transmisión, utilización máxima del intervalo, tiempo de espera de red, espera máxima antes del ACK, mora mínima de exploración de canales, etc.

B.2.3 Preparación de la ubicación de la red. La tercera fase de la planeación incluye la preparación del lugar. Esta fase puede incluir detalles como contratos, permisos, construcción e inspección. Algunos de estos ítems son responsabilidad del administrador de la red, así como de equipos instalados que no son de responsabilidad de los usuarios, como las unidades de nodo maestro o las estaciones de control maestro, comunes a todos. El administrador es el responsable de la preparación de los detalles comunes de los equipos de la red, y es el asesor para el equipamiento de los nodos.

B.2.4 Instalación de la red. La cuarta fase es la determinación de procedimientos y la instalación real de los equipos. El administrador debe involucrarse en la instalación de cualquier equipo común de la red, excepto de las estaciones de nodos individuales. También debe tratar con las instalaciones de usuarios individuales, ofreciendo además su ayuda donde sea posible.

B.2.5 Pre-configuración de red. Es la quinta fase de la planeación. Consiste de los factores presentados de último momento, necesarios antes del funcionamiento. Antes de poner la red en funcionamiento, se debe terminar los siguientes puntos: inspección de las instalaciones, pruebas finales, establecimiento de sistemas de

soporte, verificación de la capacitación de los operadores, dirección, coordinación e instalación de frecuencias y un chequeo de la documentación de la red.

B.2.5.1 Asistencia a los usuarios en el funcionamiento y configuración de la red. El administrador es la persona a quien se puede consultar cuando se inicia el establecimiento de la red o cuando surgen dudas sobre el funcionamiento de una estación. El administrador debe participar en la adquisición de equipos, asignación de direcciones y frecuencias, control en la capacitación a operadores y usuarios.

B.2.5.2 Coordinación/instalación de Frecuencias. Las radios requieren la configuración de los parámetros de red, donde se incluyen la dirección y la frecuencia. El administrador debe garantizar que todos los usuarios reciban una adecuada configuración de red.

B.2.6 Configuración de la red. La sexta fase en la planeación es la configuración, donde se inicia el funcionamiento de la red. El administrador debe programar y coordinar la configuración de la red, asegurar la cobertura o alcance del sistema, buscar que el patrón de tráfico entre los nodos sea similar al esperado, y preparar un plan de eventualidades si las operaciones no se presentan como se planearon.

B.2.7 Funcionamiento de red. La séptima y fase final es el funcionamiento de la red. Una vez se ha instalado el sistema con éxito, se ha probado y se ha puesto en funcionamiento, debe procederse con las actividades continuas de gestión de red. Se establecen las operaciones de supervisión, control, diagnóstico y reparación. El administrador debe asegurarse que la red opere fácil y eficazmente, debe ser el responsable de la gestión en la configuración, resolver problemas o fallas, supervisar el funcionamiento, operaciones, mantenimiento del sistema, satisfacción del usuario, control de frecuencias, direcciones y seguridad de la red. El control operacional de mantenimiento puede significar el establecimiento de un centro de control completo, con procedimientos para el reporte de problemas, medios y facilidades para la supervisión y las herramientas de soporte.

B.2.7.1 Gestión de configuración. El administrador de la red debe supervisar las rutas que la información toma a través de la red y debe compararla con los detalles originales establecidos durante la planeación. Los cambios pueden ser necesarios en frecuencias, grupos de frecuencias, direcciones, redes, antenas, potencia, etc, para corregir una situación indeseable. Estas tareas tienen que realizarse de forma continua.

B.2.7.2 Solución de problemas o fallas de red. El administrador debe notificar cuando cualquier nodo o elemento de la red ha fallado, es probable que la falla sea cercana o se haya presentado fuera de su rango de especificaciones definidas. Tiene la tarea de supervisar las condiciones de red para descubrir comportamientos fuera de los aceptados y tomar acciones cuando estas condiciones se presentan. Los problemas de interferencia, errores de los

operadores debido a una pobre capacitación, etc, son problemas que un administrador debe tratar día a día. Debe conocer lo referente a la red, los procedimientos de operación, asignaciones, y estar capacitado para resolver las fallas o problemas técnicos presentados.

B.2.7.3 Gestión del desempeño. El administrador es el responsable de supervisar el funcionamiento y controlar el flujo de tráfico para obtener el máximo desempeño en las capacidades de la red. Esta tarea incluye la supervisión del tráfico, capacidad, velocidades de datos, retardos y otros factores que relacionan la conexión de la red y los servicios. Esta tarea también incluye la gestión de la capacidad y las funciones de planeación. Un resumen de las funciones de trabajo específicas del administrador de red incluyen:

- Supervisión del flujo de tráfico en la red en tiempo real.
- Recolección y análisis de datos sobre el funcionamiento de la red.
- Identificación de situaciones anormales.
- Investigación y determinación del causante de problemas en el flujo de tráfico.

B.2.7.4 Mantenimiento de la red. Para el soporte de la red después de la implementación, deben desarrollarse procedimientos de mantenimiento en HW y SW. Estos procedimientos incluyen el mantenimiento preventivo para proteger el HW y SW asociados con la red. En cuanto al HW, deben establecerse los procedimientos para proteger el equipo de la red ante las posibles fallas presentadas. En cuanto al SW, deben establecerse procedimientos continuos para supervisar la respuesta del sistema y el porcentaje total de tráfico. También se debe establecer si el SW utilizado es de última versión. Deben chequearse los buffers y matrices para verificar que no se estén llenando al máximo de su capacidad o estén llenos de información inservible. La solución del problema puede estar a nivel de la red o a nivel de los nodos individuales, pero en todos los casos debe informarse al administrador si el problema afecta a la red. El administrador debe estar al presente de los problemas inmediatos y potenciales para establecer un modelo a seguir. Necesita suficiente información con el fin de que pueda realizar cambios en el HW, SW o en los procedimientos, así como en la solución de problemas y enviar a técnicos/programadores para resolverlos. En cuanto se hayan especificado correctamente los procedimientos, se debe realizar la capacitación del personal sobre mantenimiento.

B.2.7.5 Satisfacción del usuario. La satisfacción del usuario implica que la red reciba una alta calificación en las áreas de funcionamiento, disponibilidad y fiabilidad. La satisfacción del usuario también puede ser reforzada proporcionando la última información sobre los cambios del sistema, la capacitación formal e informal. Los usuarios de la red son los individuos y organizaciones con una misión, y la red es su herramienta de comunicación para cumplir esa misión. Mantener a los usuarios complacidos mientras se tiene la red en funcionamiento,

es una gran tarea para el administrador de la red. Los siguientes puntos son claves para la satisfacción del usuario:

- **Buen funcionamiento.** Significa predecir el tiempo de respuesta a los mensajes requeridos. En el sistema de radio HF, el administrador tiene un pequeño control sobre el procesamiento de mensajes y los parámetros de operación de los nodos, además de tener control en lo relacionado a la configuración de la red. Los detalles de la configuración incluyen el número de usuarios, tipo de mensajes y HW utilizado.
- **Disponibilidad.** Significa que todos los componentes necesarios sean operables cuando el usuario los requiera. Para los sistemas de radio HF se refiere a la disponibilidad o acceso a los medios de comunicación de radio por demanda dentro de un periodo de tiempo razonable. Pero en la propagación de HF en un canal particular, esta no está disponible en todo momento, entonces la disponibilidad será interpretada al menos en una ruta de propagación.
- **Fiabilidad.** Significa que el sistema debe responder adecuadamente ante fallas ocasionadas por el ambiente, las condiciones de funcionamiento, la estabilidad del HW y los componentes SW. Para una buena estabilidad del HW y SW del sistema es necesario una adecuada planeación, adquisición y mantenimiento de los recursos de la red.

Los siguientes problemas deben ser atendidos por el administrador de la red.

- **Reparación de fallas en una red.** Cuando se presentan fallas en la red, el administrador y su equipo deben realizar los respectivos ajustes en el área de la falla, reemplazando los componentes dañados, o reparándolos.
- **Información para los usuarios.** Además del funcionamiento, la disponibilidad y la fiabilidad, existe un número de factores, que pueden afectar la satisfacción del usuario. Los usuarios deben informarse de la programación, de periodos de malas condiciones de propagación, cambios en HW y SW, y los cambios en el personal operativo.

B.2.7.6 Mantenimiento en la dirección y la frecuencia. El administrador debe revisar de forma continua la frecuencia y el conjunto de frecuencias asignadas para garantizar el máximo desempeño de la red. También es necesaria la revisión en las direcciones de la red para que las condiciones de direccionamiento sean óptimas.

B.2.7.7 Gestión de seguridad. El administrador tiene la tarea de controlar el acceso a la red. Para las redes HF con ALE, el control de acceso supervisa la frecuencia y los componentes de dirección del sistema para prevenir entradas ilegales. Puesto que los problemas de seguridad pueden surgir en cualquier

momento, el administrador debe estar preparado para resolverlos, teniendo a disposición los procedimientos adecuados. Los siguientes puntos determinan el establecimiento de los procesos necesarios para garantizar la seguridad en la red:

- Identificar las vulnerabilidades de la red.
- Analizar la probabilidad de amenazas a la red.
- Evaluar las consecuencias si cada amenaza se presenta.
- Estimar los costos de cada ataque.
- Identificar y valorar las contramedidas potenciales.
- Seleccionar los mecanismos de seguridad adecuados.

Las vulnerabilidades de la red y los medios para neutralizarlas son:

- **Vulnerabilidades en la seguridad física.** Se refiere a la protección del sistema relacionado con el equipo y accidentes físicos como fuego, inundaciones, robos, atentados, etc. En general, se refiere a problemas del sentido común, por lo que los medios para evitarlos o neutralizarlos son las recomendaciones básicas establecidas por organizaciones de protección y socorro internacionales.
- **Vulnerabilidades del personal.** Una de las principales amenazas a la información sensible o a los equipos, son los individuos a quienes se confía la realización de actividades importantes en el funcionamiento del sistema. El administrador debe asegurarse que los principales asociados con la red y la información, sean los únicos individuos con acceso a las partes sensibles.
- **Vulnerabilidad de procedimientos.** Es necesario tener un conjunto de procedimientos para el funcionamiento de la red. Contraseñas de usuario, procedimientos de utilización del sistema y procedimientos de recuperación, los cuales son altamente importantes para el mejoramiento en la operación de la red.

La vulnerabilidad total de la red constituye una amplia gama de debilidades en las que la falla de cualquier elemento puede comprometer la integridad del sistema total. Las amenazas en la seguridad de una red incluyen:

- Evasión de los procedimientos de acceso (entrada en la red ilegalmente).
- Bloqueando el servicio (a través de un tono o señal), o suprimiendo el tráfico por generación de tráfico alterno.
- Ataque camuflado en el que una entidad demanda ser una entidad diferente.
- Modificación de mensajes por señales espurias.
- Ataque repetido, cuando un mensaje o parte de un mensaje es repetido para producir un resultado no autorizado.

- Ataque por medio de un caballo de Troya, el cual es una entidad que inocuamente se introduce en el sistema, para posteriormente realizar actividades desautorizadas.

La estimación de mecanismos de seguridad para la protección de la red y las contramedidas adecuadas, permiten al administrador determinar las pautas a seguir en su aplicación. Los controles y mecanismos de seguridad son eficaces si hacen la valoración de la obtención o modificación de los datos, y/o la desestabilización de los servicios de gran valor potencial que lleven a la discontinuidad del sistema. Las medidas de seguridad incrementan el costo de los sistemas, por consiguiente las amenazas específicas deben ser claramente identificadas. Algunos controles que pueden ser utilizados en un sistema de HF con ALE incluyen:

- Configuración del sistema como estrella, con controles estrictos impuestos para el acceso al host.
- Encriptación y utilización de claves.
- Controles de acceso físico a nodos y concentradores.
- Gestión de frecuencia y dirección.
- Llamada de retorno.
- Autenticación de mensajes.

Las obligaciones del administrador de la red respecto a la seguridad incluyen:

- Creación, supresión y control de servicios y mecanismos de seguridad.
- Distribución de información de seguridad pertinente.
- Reporte de incidentes de seguridad.

B.3 GESTION DE REDES DE HF AUTOMATIZADAS

Las radios HF con ALE tienden hacia la automatización para ayudar al operador con el establecimiento del enlace y tráfico sobre canales marginales (canales que experimentan desvanecimiento o interferencia por ruido). Las características y funciones adicionales a considerar, extienden los requisitos del sistema de gestión de red automatizado (con ALE), incrementando las obligaciones del administrador. Estas características y funciones son:

- Supervisión y reporte del estado de la red (conectividad, capacidad, congestión, faltas, etc).
- Actualización de las tablas de enrutamiento de red.
- Manipulación de la información de funcionamiento de los controladores de comunicaciones automatizados (controladores ALE).

- Identificación y actualización de la versión del SW, en ALE y en otros controladores de comunicaciones.
- Operación remota de todo el equipo de comunicaciones, incluyendo el ajuste de potencia del transmisor de las estaciones enlazadas, medidores de lectura y de antenas rotatorias.

B.4 EJEMPLOS DE REDES DE DATOS DE RADIO HF

Actualmente se encuentran en funcionamiento muchas redes de HF alrededor del mundo tanto de particulares, ligas de radioaficionados, organismos de socorro, organizaciones militares y gobierno; todos con una variedad de tecnologías y servicios. Algunos de los ejemplos de redes que utilizan tecnología ALE se mencionan a continuación:

- Red de HF Aire/Tierra/Aire del Sistema de Comunicaciones Global La fuerza aérea de los Estados Unidos. Esta red empezó como un proyecto de estandarización para el desarrollo de procedimientos de llamada en todas las agencias del Departamento de Defensa Americano. Posteriormente esta red se convirtió en una parte integral del sistema de comunicación de la fuerza aérea.
- SHARES. Esta organización es una asociación voluntaria de radio aficionados, compañías privadas y agencias gubernamentales que tienen una meta en común, el desarrollar una red de radio HF que sirva como enlace de comunicación backbone en un estado de emergencia. Esta red es una verdadera prueba de la interoperabilidad del equipo de los participantes, el cual varía grandemente en marca y funcionamiento.
- La Agencia de Dirección de Emergencia Federal Americana (FEMA-Federal Emergency Management Agency) ha desarrollado el Sistema de Radio Nacional FEMA (FNARS-FEMA National Radio System). Esta red es otro ejemplo de una red preparada para los casos de una emergencia nacional. Esta red utiliza además de su propio equipo, toda la capacidad posible de comunicaciones residuales disponibles durante las emergencias. Puede adecuar los recursos asociados con los radioaficionados, incluyendo el Sistema de Radio de Afiliados Militares RACES (MARS- Military Affiliated Radio System). Puede decirse que esta red es una verdadera prueba de la interoperabilidad de los estándares para equipos de radio, funcionamiento y direccionamiento.
- Red de Aduanas Sobre el Horizonte (COTHEN-Customs Over the Horizon Network). Los servicios de aduanas con agencias del orden militar y civil, con colaboración de varios gobiernos federales en la zona Americana, han desarrollado un sistema de comunicación que ha demostrado ser útil en la

guerra contra las drogas. Esta red sirve a varios usuarios fijos y móviles en la comunicación con funcionarios colegas y estaciones base comprometidas con el sistema.

También existen redes que utilizan sistemas basados en Radio Paquete, Clover, Pactor, entre otras. Algunos ejemplos de estas redes son:

- SAILMAIL. Es una asociación autorizada por la Comisión de Comunicaciones Federales Americana (FCC-Federal Communications Commission). Es un servicio de estaciones de radio costera marítimo privado. Utiliza sistemas de modulación PACTOR II.
- En Uganda (Africa), se construyo una red de E-mail HF sin animo de lucro, para enlazar diversas zonas rurales, principalmente hospitales. Esta red provee enlaces de radio vía HF y VHF, utilizando equipos Codan y Pactor II.
- Programa EHAS (Enlace Hispano-Americano de Salud). Ha desarrollado tecnologías de comunicación a bajo costo para apoyar los centros de salud aislados. Ha llevando a cabo proyectos en regiones del Africa y en América Latina. En su infraestructura de comunicaciones se han implementado enlaces vía HF en las situaciones de geografía complicada y larga distancia entre puestos de salud remotos y los centros de salud de referencia, enlazándolos directamente con la capital. Posee velocidades de datos considerables, utilizando módems Pactor, transceptores HF con antenas dipolo sintonizado, servidores bajo sistema Linux y SW de comunicaciones desarrollado para tal efecto.