

878517

**UNIVERSIDAD NUEVO MUNDO**

3  
29



ESCUELA DE INGENIERIA  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**LA INDUSTRIA DE LAS TELECOMUNICACIONES  
Y SU ATRIBUCION AL ESPECTRO  
RADIOELECTRICO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
AREA INDUSTRIAL

**P R E S E N T A :**

**MARCOS OCTAVIO CAMPOS GONZALEZ**

DIRECTOR DE TESIS: ING. MAURICIO MARTINEZ



MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1991



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	Página
MARCO TEORICO	1
MARCO HIPOTETICO	2
INTRODUCCION	3
Capítulo I	LA PROPAGACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS
	4
1.1	El fenómeno solar
	5
1.2	Los tipos de propagación
	9
1.3	La ionosfera
	10
1.4	Los modos de disipación
	19
1.5	Propagación de MF y AF
	22
1.6	La propagación por arriba de 50 MHz
	23
1.7	Los modos de propagación de MAF y UAF
	25
Capítulo II	LA TEORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES
	32
2.1	Los elementos de un sistema de comunicación
	33
2.2	Clasificación de las señales
	36
2.3	La modulación
	41
2.4	Limitantes de la comunicación eléctrica
	46
2.5	Conversión de frecuencia
	53
2.6	Detección
	57
2.7	La recepción
	68

	Página
<b>Capítulo III LAS ANTENAS DE TRANSMISION Y RECEPCION</b>	<b>74</b>
3.1 Antenas para AF	75
3.2 Antenas para MAF y UAF	80
3.3 Antenas dipolo	84
3.4 Antenas tipo Yagi	89
3.5 Antenas verticales	92
3.6 Antenas con bobinas	93
3.7 Antenas colineales	94
3.8 Antenas pararrayo	95
3.9 Antenas parabólicas	98
<b>Capítulo IV LA EXPLOTACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO</b>	<b>101</b>
4.1 El espectro radioeléctrico	102
4.2 Atribución de bandas de frecuencias	107
4.3 Los modos de emisión	112
4.4 La industria de las telecomunicaciones	117
<b>Capítulo V SISTEMAS DE COMUNICACION ESPECIALIZADA</b>	<b>133</b>
5.1 Los comunicados a gran distancia	134
5.2 Las estaciones repetidoras	140
5.3 Los satélites artificiales	142
5.4 Reflexión lunar	147
5.5 La dispersión meteórica	150

	<b>Página</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>154</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>156</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>158</b>

## MARCO TEORICO

A principios de este siglo, al conocerse en México las noticias relativas a la radiotelegrafía desarrollada por Guillermo Marconi al lograr establecer la comunicación inalámbrica entre Inglaterra y Terranova, diversos investigadores mexicanos recibieron un aliciente para intentar repetir las experiencias logradas en Europa.

Las primeras instalaciones radioeléctricas del país fueron hechas por la Dirección General de Telégrafos empleando transmisores instalados en el año de 1903 en Cabo Haro, Son., y en Santa Rosalia, B.C.N. con el fin de comunicar a estos dos lugares que no tenían enlace entre sí.

En nuestro país, las necesidades, más bien de orden civil que militar, hicieron evidente la utilidad de formar cadenas de estaciones para ser aprovechadas eficazmente en casos de emergencia. Con este fin, ya desde el año 1943, nacionalmente se operaban estaciones en telefonía.

Tan pronto como la radiotelegrafía comenzó, lo único que se conocía era la transmisión por chispa amortiguada con carrete de Rumkorff. Los receptores eran de bobina con contacto deslizante y detector de cristal montado sobre amalgama de plata.

## MARCO HIPOTETICO

El espectro electromagnético, reconocido como un recurso natural limitado, nacional e internacional, es tan valioso en las actividades que sobre radiocomunicaciones realiza cada país, que su correcta administración hará posible el evitar problemas de interferencias entre países y, nacionalmente, las atribuciones de bandas de frecuencias a servicios específicos, conllevarán a tener radiocomunicaciones acordes con la reglamentación internacional estipulada en el Reglamento de Radiocomunicaciones (R.R.) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.), de la cual, México es uno de los países miembros.

Si bien es cierto que la Administración Mexicana es respetuosa en los lineamientos que sobre el particular se señalan en el R.R. y muy especialmnete sobre el cuadro de atribución de bandas de frecuencias, también es cierto que los señalamientos del R.R. son muy generales y, como consecuencia de ello, no representan una guía muy clara de la atribución de bandas de frecuencias que nuestro país ha realizado a servicios específicos. Por esta razón se trata de llenar este vacío y principalmente, dentro de los lineamientos del R.R. se muestran esas atribuciones de bandas de frecuencias con las modalidades propias que requiere el desarrollo del país en materia de radiocomunicaciones.

## INTRODUCCION

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) fue fundada en 1865 y es así, la más antigua de las organizaciones intergubernamentales.

En 1947, se convirtió en organismo especializado de las Naciones Unidas. Actualmente está formada por 166 países. Es la organización internacional encargada de la reglamentación y planificación de las telecomunicaciones en todo el mundo, del establecimiento de normas para el funcionamiento de equipos y sistemas, de la coordinación y difusión de los datos necesarios para la planificación y explotación de los servicios de telecomunicaciones y de la promoción y la contribución al desarrollo de las telecomunicaciones y de las estructuras afines. El cuadro de atribución de bandas de frecuencias (Artículo 5 del R.R.) ha sido modificado desde 1927 en que la Unión Telegráfica Internacional atribuyó bandas de frecuencia con bases internacionales hasta 30 MHz, hasta que en 1932 la señalada Unión Telegráfica Internacional se transformó en lo que hoy conocemos como U.I.T., atribuyendo bandas de frecuencias a servicios diferentes y con bases internacionales, hasta 60 MHz. En sucesivas Conferencias Internacionales, la atribución de bandas de frecuencias a servicios diferentes se ha incrementado; así, tenemos que en 1938 el límite superior a 60 MHz llegó a 200 MHz; en 1947 se incrementó a 10.5 GHz; en 1959 se incrementó hasta 40 GHz y finalmente, en 1971, este incremento llegó a 275 GHz.



## CAPITULO I

### LA PROPAGACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS

### 1.1. EL FENOMENO SOLAR

El sol, siendo el primer recurso para la vida y la energía en la tierra, influye para toda la radiocomunicación, más allá de una extensión local.

Sus condiciones varían según las referencias solares de los ciclos terrestres tales como la hora del día y la estación del año. Desde que esto difiere en cambios de latitud y longitud, casi cualquier circuito de comunicaciones es único en lo que respecta.

Existen también ciclos solares de términos cortos y largos, donde la influencia de la propagación no es menos obvia, es crítica para una comunicación a larga distancia, por lo que se entiende que la propagación es una ciencia inexacta.

El interés del hombre por el sol es más antiguo de lo que se sabe por la historia. Las observaciones de los registros de las manchas solares datan de 300 años atrás. Las observaciones actuales se han estandarizado para mantener un historial continuo, de manera que están basadas en predicciones de propagación de acuerdo al "número de manchas solares de Zurich". Una indicación moderna y útil de toda actividad solar, es el indicador de flujo solar. Una medición hecha en 2 800 Mhz a las 1,700 UT diariamente en Ottawa es transmitida cada hora por la WWV. Como es una información esencial actualizada, directamente se conoce en referencia al número de manchas solares, para una

inmediata utilidad, y tienden a desplazarse últimamente como condiciones de predicciones de propagación.

#### 1.1.1. LOS CICLOS DE MANCHAS SOLARES

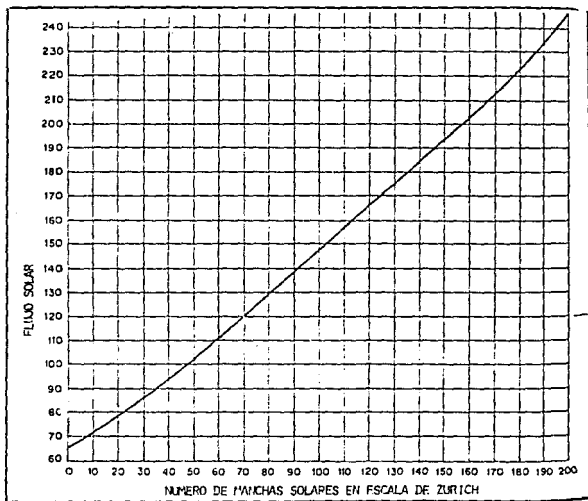
Mucho antes de correlacionar los ciclos con las variaciones de la radio propagación, se ha estudiado por muchos años el alza periódica y la caída del número de manchas solares.

El promedio de estos ciclos es de 11 años en duración, pero han habido desde 9 a 13 años de duración. Estas altas y bajas de los ciclos varían grandemente. El ciclo 19 en 1958 alcanzó un número de manchas solares de más de 100. El ciclo 20, de una intensidad promedio, alcanzó 120 en 1969.

Contrastando uno de los más bajos, el ciclo 14, alcanzó solamente 60 en 1907. Las bajas de ciclos no han alcanzado niveles de cero en la escala de Zurich por un buen período, cuando otros han tenido poca o nada de actividad por varios meses.

Los ciclos de manchas solares no conforman ondas senoidales. El levantamiento es más corto que su decadencia, pero tampoco está muy claramente definido. En octubre de 1974 se midió un rango de flujo solar de 73 a 144 manchas. En junio de 1976, durante el último mes del ciclo 20, hubieron varios días no soleados de 66 manchas de flujo solar, pero en abril y agosto se midieron lecturas de hasta 80 manchas solares.

En noviembre de 1979 el pico más alto del ciclo 21 tuvo 383 igualando al récord más alto del ciclo 19, y dentro de los siguientes 18 días se registraron 154 manchas.



### 1.1.2. LA RADIACION SOLAR

Se conoce que la radiación solar es de dos clases principales: de ultravioleta ligera y de partículas cargadas.

La primera viaja a 300,000,000 metros por segundo, como lo hace toda radiación electromagnética, así que los efectos UV en la propagación de onda se desarrollan simultáneamente con incrementos de ruido solar, observados aproximadamente ocho minutos después del evento solar. La radiación de la partícula se mueve más lentamente, y en rutas variables, así que puede tomar hasta 40 horas para afectar a la radio propagación. Sus efectos principales son la alta absorción de radio energía y la producción de auroras, ambas son visibles, como la variación de su radio.

Los niveles de radiación solar son graduales, como en el pasaje de algunos grupos de manchas solares y otros centros de actividad de larga vida a través del disco solar o de deslumbros solares repentinos. Un indicador que es importante para anticipar las variaciones de los niveles de radiación solar y los cambios de la radio propagación ocurriendo de ellos, es el periodo rotacional del sol, aproximadamente de 27 días, que varía por zonas. Las ocurrencias de deslumbros repentinos pueden ser de una corta vida, pero las áreas activas capaces de influenciar la radio propagación pueden ocurrir en intervalos de cuatro veces a la semana por cuatro o cinco rotaciones solares. Evidentemente, el "ciclo de 27 días" es más notorio durante los años de baja actividad solar.

La actividad solar se puede observar muy fácilmente. La simple proyección de la imagen del sol es más usada en los años bajos del "ciclo de 11 años". En tiempos de alta actividad la evidencia visual es difícil de clasificarse, a menos que las observaciones se hagan diariamente y los resultados se registren con cuidado.

### 1.2. LOS TIPOS DE PROPAGACION

Dependiendo de su significado, las ondas de radio se clasifican en ionosféricas y troposféricas u ondas terrestres.

Las ionosféricas u ondas celestes son la parte principal del total de la radiación y debido a las cualidades de reflexión de la ionosfera, no se pierden en el espacio. Las ondas troposféricas son parte de la radiación que se mantiene cerca de la superficie de la tierra debido a su doblamiento en la atmósfera baja. Las ondas terrestres son parte de la radiación directamente afectada por la superficie de la tierra, y tienen dos componentes, una onda superficial guiada por la tierra, y una espacial.

La última es la resultante de dos componentes: una directa y otra reflejada por la tierra.

Los términos "onda troposférica" y "onda terrestre" son usados comúnmente, aunque esto no es muy correcto.

### 1.3. LA IONOSFERA

La comunicación para largas distancias y sobre todo para distancias más cortas, en frecuencias de menos de 30 Mhz, son el resultado del doblar de la onda en la ionosfera, una región entre cerca de 96 y 320 kilómetros por arriba de la superficie terrestre donde los iones libres y los electrones existen en cantidad suficiente para afectar la dirección del viaje de la onda.

La ionización en la atmósfera alta se atribuye a la radiación ultravioleta del sol. El resultado no es una simple región, existiendo varias capas de densidad variables a varias alturas que rodean la tierra.

Cada capa tiene una región central de relativa densidad de ionización que las descubre a ambas por arriba y por abajo.

#### 1.3.1. LAS CAPAS IONOSFERICAS

La región más baja de mayor utilidad en la ionosfera es llamada la capa E. Su promedio de altura de máxima ionización es de casi 112 kilómetros. La atmósfera aquí sigue siendo lo suficientemente densa para que los iones y los electrones estén libres de la radiación solar que no tiene que viajar lejos antes de encontrarse y combinarse para formar partículas neutras: la capa puede mantener su habilidad para doblar a las ondas de radio cuando hay una luz solar continua. Así, la ionización es más

grande localmente alrededor de la luna y prácticamente desaparece después de que disminuye el sol.

En horas de luz de día, existe un área baja llamada región D donde la ionización es proporcional a la altura del sol. La energía de sus ondas en dos frecuencias menores a las bandas como las de 1.8 y 3.5 Mhz, son casi completamente absorbidas por esta capa, solamente el ángulo de radiación más alto pasa a través de ella y se refleja de nuevo a la tierra por la capa E. La comunicación en esas bandas durante la luz del día se limita para cortas distancias, como cuando el ángulo más bajo de radiación necesita para mayores distancias, viajar más lejos en la región D y ser absorbida.

La región ionizada responde principalmente para la comunicación a gran distancia en la capa denominada F. A esta altura, cerca de 280 kilómetros por la noche, el aire es tan ligero que su recombinación toma lugar muy lentamente. La ionización decrece lentamente después de la caída del sol alcanzando un mínimo justamente antes del amanecer. El efecto es obvio en este cambio por la pronta desaparición de señales de larga distancia en la frecuencia más alta que era usada antes que ahora seguida de pérdida de comunicación progresivamente en frecuencias bajas durante la noche. En el día, la capa F se separa en dos partes, la F1 y F2, teniendo alturas de cerca de 224 y 320 kilómetros respectivamente.

La densidad de ionización se desarrolla por temporadas a la



altura de la capa E. Tal capa esporádica prevalece en la mayoría de las regiones ecuatoriales, y es común en latitudes templadas a finales de primavera y a principios de verano y en un grado menor a principios de invierno.

La duración de las aberturas decrementa y la distancia de salto se incrementa progresivamente con altas frecuencias. La distancia de salto es común unos cuantos kilómetros en 21 o 28 Mhz, pero la propagación de saltos puede extenderse en un rango de 4,000 kilómetros o más.

Junio y julio son los meses pico en el hemisferio norte. Esta propagación es común a media mañana y al comenzar la noche, pero se puede extender a veces, casi a cualquier hora. Para esta capa esporádica, la frecuencia más alta no se conoce y para su uso, las condiciones caen rápidamente entre las bandas de 50 y 144 Mhz aproximadamente donde 28 y 50 Mhz son casi iguales.

Entre más se ionice en una capa, se dobla más el paso de onda; entre más larga sea la onda, su paso se ve modificado por un dado grado de ionización.

Así que, a un nivel de radiación solar dado, la comunicación ionosférica es posible por un periodo más largo de tiempo en la frecuencia más baja de las bandas del espectro, que en las cercanas a los límites más altos del espectro de af.

La intensidad y el carácter de radiación solar están sujetos a muchos términos cortos y términos largos variables, la formación permanece predecible con solamente algún éxito parcial.

### 1.3.2. ABSORCION

Una onda de radio al viajar a través de la ionosfera agota algo de su energía al unirse con las partículas ionizadas en movimiento.

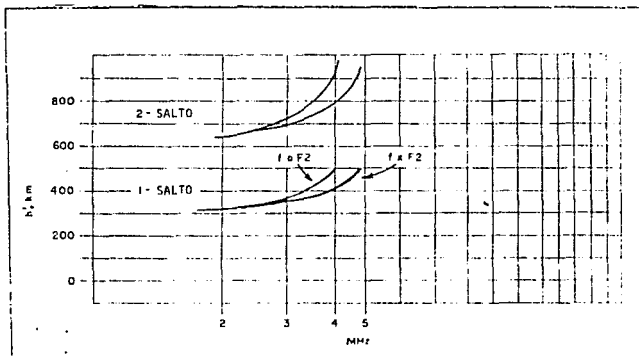
Cuando las partículas se mueven y chocan unas con otras, esta energía se pierde, tal absorción es más grande en frecuencias bajas. También se incrementa con la intensidad de ionización y con la densidad de la atmósfera.

Esto lleva a un factor de propagación seguidamente no muy apreciado: los niveles de señal y su calidad tienden a ser mejores cuando la frecuencia de operación está cerca del máximo que se refleja de nuevo a la tierra al momento.

### 1.3.3. ALTURA VIRTUAL

Una capa ionosférica es una región de considerable profundidad, pero para propósitos prácticos, es conveniente pensar como tal, que tuviera una altura finita, de donde una simple reflexión daría los mismos efectos (observados desde la tierra) como el resultado de un doblez gradual dado. Se le dan varios nombres, tales como altura de grupo, altura equivalente y altura virtual. La altura virtual es una capa ionosférica de varias frecuencias e incidencias verticales, es determinada por una frecuencia variable de un dispositivo de sonido que pulsa directamente a la energía verticalmente y mide el tiempo requerido para el paso de viaje redondo. Tan sólo la frecuencia se eleva, un punto se

alcanza donde ninguna energía se regresa verticalmente. Esto se conoce como la frecuencia crítica para la capa bajo consideración. Una representación de un ionograma típico se puede mostrar. Para este sonido, la altura virtual en el rango de 3.5 a 4 Mhz es de 400 kilómetros. Debido a que el ionograma es una representación gráfica del tiempo de viaje de la onda, la propagación de doble salto aparece como de 800 kilómetros de regreso para la misma frecuencia. La frecuencia crítica es de justamente arriba de 5 Mhz para esta ocasión. Tal ionograma de la capa E se presenta solamente bajo condiciones magnéticas y por la noche, cuando hay poca o ninguna capas de ionización en la región E y D.



#### 1.3.4. EFECTOS DEL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE

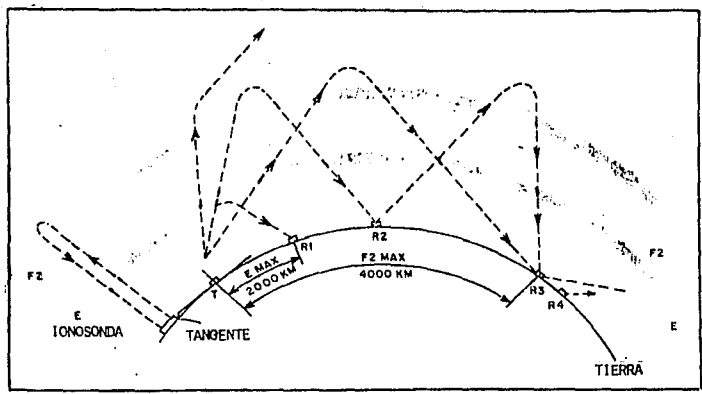
Hasta ahora, la ionosfera se ha mencionado solamente en términos de reflexión o refracción, pero para entender la propagación a larga distancia, se deben tomar en cuenta los campos magnéticos de la tierra, porque para eso, la ionosfera es una mediadora de doble refracción, la cual rompe las ondas de polarización dentro de lo que se conoce como ondas ordinarias y extraordinarias,  $f_0 F_2$  y  $f_x F_2$  en el ionograma. Esto ayuda a explicar la dispersión del plano de polarización encontrado en muchas comunicaciones ionosféricas.

Las marcas repentinas de mediciones solares incrementan la radiación solar, tal como los destellos solares. Los efectos tirantes, alrededor e instantáneos en la región F, E y D, son efectos ligeramente retrasados, importantes en las áreas polares, y los efectos geomagnéticos se retardan hasta 40 horas.

Cuando ocurre una absorción en la región D, las desapariciones de onda corta se exhiben en diferentes intensidades y variaciones.

#### 1.3.5. ANGULO DE RADIACION Y DISTANCIA DE SALTO

A menor ángulo en el horizonte de radiación de una antena emisora, será menor la refracción en la ionosfera o troposfera para requerir que ésta regrese o para mantener niveles de señales útiles en el caso de una reflexión troposférica. Esto se demuestra con los bajos ángulos de radiación para los comunicados a gran distancia, en las bandas de af.



Un gran ángulo de onda se refleja ligeramente en la ionosfera, y así pasa a través de ella. Un bajo ángulo de onda es capaz de regresar a través de la vía de la capa E. El área de regreso de la capa F, R2, es más cercana al punto de transmisión, T, de lo que forma un bajo ángulo de onda. Si R2 está en la distancia más corta de donde la energía útil es regresada, el área entre R1 y sus afueras alcanzan a la onda terrestre, cerca de la transmisión, y se le llama zona de salto. La distancia entre R2 y T se llama distancia de salto. Las distancias para ambos R1 y R2 dependen de la densidad de ionización, de la radiación del ángulo T, y de la frecuencia en uso.

La distancia máxima para simples saltos de propagación vía capa F es de cerca de 4,000 kilómetros. El máximo salto simple en la capa E es de aproximadamente 2,000 kilómetros.

La frecuencia más útil usada para la comunicación en la capa E es de cerca de tres veces la frecuencia crítica para un regreso vertical. Para la propagación en la capa F se acerca a 5 veces más.

#### 1.3.6. PROPAGACION POR SALTO MULTIPLE

En su regreso a la tierra, la onda ionosféricamente propagada puede ser reflejada hacia el cielo cerca de R1 o R2, viajar de nuevo a la ionosfera y ser refractada a la tierra.

Este proceso se puede repetir varias veces bajo condiciones ideales de propagación, permitiendo una comunicación de más de

medio camino recorrido alrededor del mundo. La absorción ionosférica y las pérdidas por la reflexión de la tierra, ordinariamente determinan niveles de señal y de calidad, así que la propagación por saltos múltiples genera señales de bajos niveles de modulaciones distorsionadas que en propagaciones de un salto simple. Esto no siempre sucede bajo condiciones ideales, aun la comunicación radial puede tener buenas señales. Existen evidencias que sostienen la teoría de que las señales para tales comunicaciones, en vez de saltos, pueden ser conducidas a través de la ionosfera por una buena parte de la distancia.

#### 1.3.7. DETERIORO

Dos o más partes de la onda pueden seguir diferentes caminos, causando diferencia de fases entre componentes de onda en una recepción final. El total de la fuerza del campo puede ser mayor o menor que el de una componente. Los niveles de señal fluctuantes también son el resultado de la naturaleza cambiante del paso de onda, como en el caso del movimiento de los saltos de masas de aire, y en la propagación troposférica en altas frecuencias.

Los cambios de nivel de señal, se conocen como deterioro a partir de una variedad de fenómenos, tanto naturales, como algunos hechos por el hombre. Las reflexiones de los aviones y de los agujeros ionosféricos producidos por el encendido de los motores de grandes cohetes, se encuentran en esta última categoría.

Bajo algunas circunstancias, el paso de la onda puede variar con muy pocos cambios en su frecuencia, así, la modulación de las bandas laterales llega al receptor fuera de fase, causando una distorsión suave o severa. Se le llama deterioro selectivo al incrementarse el ancho de banda de la señal.

#### 1.4. LOS MODOS DE DISIPACION

La propagación a gran distancia se puede describir con términos de reflexión, aunque la analogía nunca se ha precisado desde que la verdadera reflexión fuera posible solamente con espejos perfectos y un vacío. Toda la propagación electromagnética está sujeta a influencias de disipación que alteran los patrones ideales a un alto grado. La atmósfera de la tierra y las capas ionosféricas son los medios de disipación, como lo son más objetos que intervienen en el paso de onda cuando deja a la tierra. Se piensa que los fuertes regresos son reflexiones y los más débiles disipaciones, pero ambas influencias prevalecen. Los modos de disipación se han vuelto herramientas muy útiles en muchas clases de comunicación.

##### 1.4.1. LA DISIPACION DELANTERA

Describimos una zona de salto como si no hubiera una señal oída entre el final de una extensión de onda terrestre y los puntos R1 o R2, pero actualmente la señal transmitida puede ser detectada



más allá de la zona de salto, con ciertos métodos y dispositivos. Una pequeña porción de la energía transmitida se disipa hacia atrás hacia la tierra en varias formas, dependiendo de la frecuencia que se use.

La disipación troposférica extiende el rango de las comunicaciones locales, incrementándose gradualmente con la frecuencia, cerca y por arriba de 20 Mhz, siendo ésta más útil en el rango de maf. La disipación ionosférica, en la mayoría de la altura de la región E, se registra más en frecuencias arriba de alrededor de 60 o 70 Mhz. La disipación troposférica de maf se usa dentro de los límites de los niveles de potencia muy bajos y técnicas de antenas fuera de casi 800 kilómetros. La disipación ionosférica delantera es discernible en la zona de salto en distancias mayores a 1,920 kilómetros o algo así.

Un componente importante de la disipación ionosférica contribuido por ciertas columnas de ionización de corta vida, forma alrededor meteoros que entran a la atmósfera de la tierra. Esto puede significar cortos estallidos con valores en pequeñas comunicaciones valuadas en periodos sostenidos de señales de niveles útiles, durando hasta un minuto o más. La disipación meteórica es muy común a tempranas horas por la mañana y puede ser un adjunto interesante para comunicaciones en la banda de 21 Mhz y en frecuencias más altas que ésta, especialmente en periodos de baja actividad solar, mejorándose cuando ocurren lluvias de meteoros.

#### 1.4.2. LA DISIPACION TRASERA

Cuando se trabaja cerca de la frecuencia que se usa para la capa F, al mismo tiempo se puede observar una forma de disipación compleja. La onda transmitida se refracta de regreso a la tierra en algún punto distante, el cual se puede dar en un área del océano o en una masa de tierra donde no hay uso de la frecuencia en cuestión de tiempo. Una pequeña parte de la energía se disipa de regreso a la zona de salto de la vía de transmisión por la ruta ionosférica.

Las señales de disipación trasera son generalmente débiles y están sujetas a algunas distorsiones de efectos de paso múltiple, pero con óptimos equipos se utilizan en distancias de más allá de rangos locales y en varios cientos de kilómetros. Bajo condiciones ideales, la comunicación de disipación trasera es posible a más de 4,800 kilómetros o más, aunque el término 'disipación lateral' es más descriptible de lo que probablemente sucede en tan largos pasos.

Los modos de disipación contribuyen al uso total de las partes altas del espectro para comunicador a gran distancia, especialmente durante periodos de baja actividad solar cuando los modos ionosféricos son menos frecuentes.

### 1.5. PROPAGACION DE MF Y AF

La banda de 1.8-Mhz ofrece una comunicación digna de confianza en distancias de al menos 80 kilómetros durante el día. Durante las noches de invierno se extiende hasta varios miles de kilómetros. La banda de 3.5-Mhz es raramente usada más allá de 320 kilómetros durante el día, pero durante la noche no es raro conseguir grandes distancias, especialmente en años con baja actividad solar. El ruido atmosférico tiende a ser alto en los meses del verano en ambas bandas.

La banda de 7-Mhz tiene características similares a la de 3.5 Mhz, excepto que las distancias son mucho más grandes durante el día, y aún mayores por la noche. A principios de invierno y en periodos de obscuridad es posible trabajar hacia el otro lado del mundo, cuando las señales van siguiendo el camino de la obscuridad.

La banda de 14-Mhz es la banda más ampliamente usada para comunicados distantes. En los años pico de ciclos solares se utiliza casi continuamente para cualquier parte del mundo. Durante la baja actividad solar se usa principalmente durante el día y es buena especialmente en el crepúsculo y en periodos de obscuridad. Casi siempre hay una zona de salto en esta banda.

La banda de 21-Mhz muestra variaciones dependiendo de la actividad solar. Cuando existen manchas solares se usa para trabajar grandes distancias casi a cualquier hora. Es

principalmente una banda para comunicaciones distantes durante el día. La mayoría del año es muy usada para pasos transecuatoriales y se utiliza menos en latitudes altas. Al principio del verano y a mitad del invierno el salto esporádico-E es muy común.

La banda de 28-Mhz es excelente para comunicados a grandes distancias durante los años pico de ciclos solares, pero se usa más durante el día. El tiempo que tarda en abrirse es más corto en los años intermedios del ciclo solar, y está más confinada para bajas latitudes y pasos transecuatoriales cuando la actividad solar va decayendo. Cerca de 2 años y por el mínimo solar, las aberturas de la capa-F tienden a ser raras y largas para los pasos de norte a sur, con un salto muy largo.

En los periodos de finales de abril hasta principios de agosto, la propagación esporádica-E es interesante en esta banda, y en 21 Mhz al proveer comunicación de saltos de más de 2,080 kilómetros o saltos múltiples hasta de 4.160 kilómetros.

## 1.6. LA PROPAGACION POR ARRIBA DE 50 MHZ

### 1.6.1. DE 50 A 54 MHZ

Esta región de frontera tiene algunas de las características de ambas frecuencias: la alta y la baja. En la banda de 50 Mhz se encuentran ocasionalmente casi cualquier tipo de propagación de onda, lo que ha contribuido grandemente a su popularidad. Su utilidad para la comunicación de servicios de Área no debe pasar

por alto. En la ausencia de cualquier condición favorable, una buena estación equipada con 50 Mhz puede trabajar regularmente por arriba de un radio de 120 a 160 kilómetros o más, dependiendo del terreno y de la medida y la altura de la antena.

Cambiando los patrones del clima, su cobertura se extiende a 480 kilómetros o más a veces, principalmente en meses cálidos. El salto esporádico-E provee aberturas de temporada centradas en los más largos y los más cortos días del año. Los efectos aurales permiten a los operadores de los maf en latitudes templadas, una intrigante forma de comunicación a gran distancia, hasta cerca de 2.080 kilómetros. Durante el pico de "11 años" el ciclo de manchas solares de 50 Mhz para' grandes comunicados de proporciones de alrededor del mundo pueden trabajarse por reflexión de ondas por la capa ionosférica-F2. Varios modos de dispersión de señales débiles se redondean fuera de la propagación en 50 Mhz.

#### 1.6.2. DE 144 A 148 MHZ

Los efectos ionosféricos se reducen grandemente en 144 Mhz. La capa-F de propagación es desconocida. El salto esporádico-E es raro y mucho muy limitado en duración y cobertura que en 50 Mhz. La propagación aural es muy similar a la de 50 Mhz, excepto que las señales tienden a ser algo débiles y más distorsionadas en 144 Mhz. La propagación troposférica se aumenta con el incremento de frecuencia. El trabajo para 144 Mhz ha respondido para

distancias mayores a 4,000 kilómetros y los contactos de 800 kilómetros son claramente comunes en los meses calurosos. La extensión para 144 Mhz es ligeramente menor que para 50 Mhz por debajo de mínimas condiciones.

#### 1.6.3. DE 220 MHZ A MAS ALTAS

El tipo de propagación ionosférica es virtualmente desconocida arriba de los 200 Mhz. La comunicación aural es posible en 220 y 420 Mhz, pero probablemente no en frecuencias altas con niveles de potencia muy bajos. La curvatura troposférica está muy marcada y puede ser mejor en 432 Mhz que en 144 Mhz, por ejemplo. La comunicación se ha llevado a mayores pasos fuera de la línea de vista en todas las frecuencias de cuando menos de hasta 10,000 Mhz. Debajo de mínimas condiciones, los niveles de señal decaen más suavemente con cada banda más alta.

#### 1.7. LOS MODOS DE PROPAGACION DE MAF Y UAF

Su significado es conocido por las señales que son propagadas más allá del horizonte y se describen a continuación.

##### 1.7.1. CAPA DE REFLEXION-F2

La mayoría de la comunicación en bajas frecuencias se debe a la reflexión de la onda en la región F que es la capa más alta de las ionizadas. Su densidad varía con la actividad solar y su

frecuencia máxima usable (mfu) es la más alta en picos de años de manchas de ciclos solares.

La mfu de la capa-F2 se cree que ha alcanzado a los 70 Mhz.

La mfu para la propagación en la capa-F2 sigue siendo útil y esto se debe a las condiciones solares, así como también a las bandas de af. Los registros de las frecuencias muestran si la mfu se eleva o cae y si los tiempos y direcciones para cada uno son los más altos. Se han realizado comunicaciones de 2,880 kilómetros a 20,000 kilómetros durante el día por alrededor de la tierra.

#### 1.7.2. EL MODO TE

También se asocia con la actividad solar alta y es un modo trans-ecuatorial, tiene una mfu algo mayor que para la F2. Esto se puede observar en la mayoría de las veces entre los puntos por arriba de los 4,000 kilómetros al norte o al sur del ecuador magnético, principalmente en la últimas horas del atardecer o a las primeras horas del anochecer.

#### 1.7.3. EL SALTO ESPORADICO-E (ES)

La ionización que cubre con parches a la región E de la ionósfera frecuentemente se propaga en 28 y 50 Mhz con señales de más de 640 a 2,080 kilómetros o más. Frecuentemente se le llama "salto corto" al que es muy común en mayo, junio y julio, con una corta temporada al fin del año. Las temporadas se invierten en el hemisferio sur. El salto E puede ocurrir en cualquier tiempo de

la temporada, pero es más común a medio día o al anochecer.

Los efectos de los saltos múltiples se pueden extender en rangos de 4,000 kilómetros o más.

La propagación Es se ha observado en la banda de 144 Mhz y en canales de TV por arriba de los 200 Mhz. La distancia mínima de salto es mayor y la duración de la abertura es mucho más corta, en 144 Mhz, más que en 50 Mhz. La recepción de señales fuertes de Es por debajo de 480 kilómetros en 50 Mhz indica alguna posibilidad de un salto de propagación en 144 Mhz de probablemente hasta 1,280 kilómetros o más.

#### 1.7.4. EL EFECTO AURORA

La comunicación en altas frecuencias puede desaparecer o degradarse seriamente por la absorción de la ionosfera, durante disturbios asociados con la alta actividad solar y las variaciones en el campo magnético de la tierra. Si esto pasa por la noche durante buenos climas, se puede ver una aurora, pero la condición también se desarrolla durante el día, comúnmente en las últimas horas del atardecer. Las señales de ondas débiles en las bandas de 3.5 y 7 Mhz son buenos indicadores.

Las ondas de maf pueden regresar a la tierra de una región aural, pero su intensidad varía por su aurora, y su porosidad como medio de propagación imparte un paso múltiple de distorsión a la señal, que aparta o aún destruye cualquier modulación. La distorsión se incrementa con la señal de frecuencia y varía, frecuentemente muy



rápido, con la naturaleza de la aurora.

La propagación generalmente viene del norte, pero con una antena de formación direccional se puede probar. El rango máximo es de casi 2,080 kilómetros, aunque las señales de 50 Mhz son escuchadas ocasionalmente a gran distancia, usualmente con poca o ninguna distorsión aural.

Como casi siempre la comunicación aural es posible en las latitudes geométricas, las auroras están más frecuentemente en el noreste de Estados Unidos y adyacentes a las áreas de Canadá. Son raras debajo de los 32° N en el sureste y cerca de los 38° a 40°N en el suroeste.

La frecuencia más alta para los regresos aurales depende del equipo y de las antenas, pero la comunicación aural se ha perfeccionado hacia los 432 Mhz.

#### 1.7.5. EL DOBLEZ TROPOSFERICO

Los cambios en el índice refractivo de la atmósfera, en términos de masas de aire diferenciando en temperaturas y características de humedad determinan un calor seco encima de una humedad fría, a menudo reposando a lo largo del sur y del oeste en áreas estables de movimientos de clima y de alta presión barométrica. El doblez troposférico puede incrementar los niveles de señal o encontrar estaciones más distantes, normalmente no escuchadas.

Una condición que se conoce como conducto o entrampada puede simular una propagación dentro de una guía de onda, causando que

las ondas de maf sigan la curvatura de la tierra por cientos o aún miles de kilómetros. La incidencia del conducto se incrementa con la frecuencia. Es rara en 50 Mhz, comúnmente pasable en 144 y más dada en frecuencias altas. Ocurre más a menudo en latitudes bajas o templadas.

Los estados de la costa del Golfo de México lo ven a menudo; la orilla del mar Atlántico, los Grandes Lagos y las áreas del Valle de Mississippi ocasionalmente.

Muchas condiciones locales contribuyen al doblez troposférico. La convección en áreas de la costa durante los climas cálidos, el enfriamiento rápido de la tierra después de un día caliente, el aire enfriándose más rápidamente, el calentado del aire con el amanecer del verano, y así, el aire frío y húmedo dentro de los valles en las noches de verano, son situaciones que crean que las condiciones del aire se puedan extender normalmente en las coberturas de las maf.

Las señales de maf pronto nos enseñan a correlacionar varios signos de clima y de patrones de propagación. La temperatura y la presión barométrica cambian formaciones de nubes, la dirección del viento, la visibilidad y algunos otros indicadores naturales que pueden dar señas de lo que se ha registrado en la forma de propagación troposférica. La banda de 50 Mhz es más sensible a los efectos del clima que la de los 28 Mhz y la de los 144 Mhz, que es mucho más activa que en 50 Mhz. Esto continúa llevando a la región de las micro-ondas, como evidencia de los records

troposféricos en todas esas bandas hasta el trabajo incluido por arriba de muchos pasos largos como en los 10,000 Mhz.

#### 1.7.6. SUS MODOS DE DISIPACION

La disipación ionosférica es útil principalmente para los 50 Mhz, donde comúnmente existe el surgimiento de meteoros y de una disipación de señal residual débil. Lo último puede escucharse solamente cuando prevalecen las condiciones óptimas.

La mejor disipación se encuentra en distancias de 960 a 1,920 kilómetros. La disipación trasera, común en las bajas frecuencias, se observa en 50 Mhz durante la propagación ionosférica, principalmente en la variedad de la F2. Las condiciones para la disipación trasera en 50-Mhz son similares a aquellas de las bandas de af, ya antes detalladas. La disipación de meteoros continúa por la región E que puede causar encarecimiento de señal o también explosiones aisladas de señal. La fuerza y duración de los estallidos de los meteoros decrece con el incremento de la señal de la frecuencia, pero este modo es popular para la comunicación marginal en las bandas de 50 y 144 Mhz. Se ha usado en 220 Mhz y aún en 432 Mhz. Los estallidos de meteoros pueden ser escuchados al azar o con la ayuda de las estaciones de maf a cualquier hora, pero son más comunes durante la mañana. Las lluvias mayores de meteoros (en agosto Perseids y en diciembre Geminids) proveen estallidos frecuentes. Algunas otras lluvias tienen varios periodos y pueden mostrar estallidos

fuera de lo común. Las coberturas son similares para la comunicación en la capa-E.

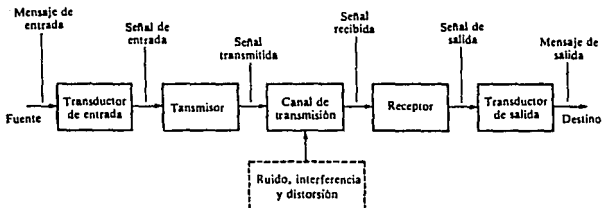
Toda la comunicación por disipación requiere de buenos equipos y métodos óptimos de operación.

## **CAPITULO II**

### **LA TEORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES**

## 2.1. LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION

La figura muestra los elementos funcionales de un sistema completo de comunicación. Por conveniencia, se han aislado como entidades distintas.



### 2.1.1. ELEMENTOS FUNCIONALES

Omitiendo a los transductores, hay tres partes esenciales en un sistema de comunicación eléctrica: el transmisor, el canal de transmisión y el receptor.

### 2.1.2. TRANSMISOR

El transmisor pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de señal. La más común e importante de estas operaciones es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

### 2.1.3. CANAL DE TRANSMISION

El canal de transmisión o medio, es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Puede ser un par de alambres, un cable coaxial, una onda de radio o un rayo laser. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión eléctricos se caracterizan por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia. La magnitud de la atenuación puede ser pequeña o muy grande. Generalmente es grande y, por lo tanto, es un factor que debe ser considerado.

### 2.1.4. RECEPTOR

La función del receptor es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación (o

detección), el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.

#### 2.1.5. CONTAMINACIONES

Durante la transmisión de la señal ocurren ciertos efectos no deseados. Uno de ellos es la atenuación, que reduce la intensidad de la señal; sin embargo, son más serios: la distorsión, la interferencia y el ruido, los que se manifiestan como alteraciones de la forma de la señal. Al introducirse estas contaminaciones al sistema, es conveniente imputárselas al canal, pues el transmisor y el receptor se consideran ideales.

En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se clasifica como "ruido" y algunas veces es difícil distinguir las causas que originan una señal contaminada. Existen buenas razones y bases para separar esos tres efectos, de la siguiente manera:

#### 2.1.6. DISTORSION

Es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse. El diseño de sistemas perfeccionados reduce la distorsión.

#### 2.1.7. INTERFERENCIA

Es la contaminación por señales extrañas, de forma similar a las de la señal. Es común en emisiones de radio, donde pueden ser



captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de interferencia es eliminar en una u otra forma la señal interferente o su fuente. En este caso es posible una solución ideal.

#### 2.1.8. RUIDO

Finalmente, llegamos al factor más común e importante: el ruido. Por ruido se debe entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando estas variaciones se agregan a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente. Por supuesto que podemos decir lo mismo en relación a la interferencia y la distorsión y en cuanto al ruido que no puede ser eliminado nunca completamente, ni aun en teoría. Como vemos, el ruido no eliminable es uno de los problemas básicos de la comunicación eléctrica.

#### 2.2. CLASIFICACION DE LAS SEÑALES

Para nuestros propósitos, una señal se define como una función de una variable: el tiempo, que conduce información. En consecuencia, para cada instante de tiempo (la variable independiente) existe un valor único de la función (la variable dependiente). Este valor puede ser un número real, en cuyo caso

tendremos una señal de valor real, o bien puede ser un número complejo, en cuyo caso se tendrá una señal de valor complejo. En ambos casos, la variable independiente (el tiempo) tendrá un valor real.

Para una situación dada, encontramos que el método que más se utiliza para la representación de la señal depende del tipo de señal particular que se esté considerando. Dependiendo de la característica que interese, podemos distinguir cuatro diferentes clases de señales:

#### 2.2.1. SEÑALES PERIÓDICAS, SEÑALES NO PERIÓDICAS

Una señal periódica  $g(t)$ , es una función que satisface la condición

$$g(t) = g(t + T_0),$$

para toda  $t$ , donde  $t$  representa el tiempo y  $T_0$  es una constante.

El valor más pequeño de  $T_0$  que satisface esta condición se llama periodo de  $g(t)$ . De acuerdo con esto, el periodo  $T_0$  define la duración de un ciclo completo de  $g(t)$ .

Cualquier señal para la que no exista valor  $T_0$  que satisfaga la condición de la ec. se denomina señal no periódica o aperiódica.

#### 2.2.2. SEÑALES DETERMINÍSTICAS, SEÑALES ALEATORIAS

Una señal determinística es una señal acerca de la cual no existe incertidumbre con respecto a su valor en cualquier tiempo. Conforme a esto, encontramos que las señales determinísticas

pueden modelarse como funciones del tiempo completamente específicas.

Por otra parte, una señal aleatoria es una señal acerca de la cual existe cierto grado de incertidumbre antes de que se presente en la realidad. Tal señal puede verse como perteneciente a una colección o conjunto de señales, y todas las señales de la colección son diferentes.

### 2.2.3. SEÑALES DE ENERGIA, SEÑALES DE POTENCIA

En los sistemas eléctricos, una señal puede representar un voltaje o una corriente. Consideremos un voltaje  $v(t)$  que se desarrolla de un resistor  $R$  y produce una corriente  $i(t)$ . La potencia instantánea que se disipa en este resistor se define mediante:

$$P = \frac{|\bar{v}(t)|^2}{R} \quad \text{o bien en forma equivalente } P = R |i(t)|^2$$

En ambos casos, la potencia instantánea  $p$  es proporcional al cuadrado de la señal. Además, para un resistor  $R$  igual a 1 ohm, se observa que estas ecuaciones toman la misma forma. Según esto, en el análisis de las señales se acostumbra trabajar con un resistor de 1 ohm, de manera que, sin importar que una señal dada  $g(t)$  represente un voltaje o una corriente, la potencia instantánea asociada con la señal se puede expresar como:

$$p = |g(t)|^2$$

Con base a esta convención, definimos la energía total de una señal  $g(t)$  como:

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |g(t)|^2 dt$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty} |g(t)|^2 dt$$

y a su potencia media como:

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |g(t)|^2 dt$$

Se dice que la señal  $g(t)$  es una señal de energía si y sólo si la energía total de la señal satisface la condición:

$$0 < E < \infty$$

Se dice también que la señal  $g(t)$  es una señal de potencia si y sólo si su potencia media satisface la condición

$$0 < P < \infty$$

Las clasificaciones de energía y de potencia de las señales son mutuamente exclusivas. En particular, una señal de energía tiene

una potencia media cero, mientras que una señal de potencia tiene energía infinita. También es interesante notar que, en general, las señales periódicas y las señales aleatorias son señales de potencia, y las señales que son determinísticas y no periódicas son señales de energía.

#### 2.2.4. SEÑALES ANALÓGICAS, SEÑALES DIGITALES

Una señal analógica es una función continua del tiempo, con su amplitud también continua. Las señales analógicas se presentan cuando una forma de onda física, tal como una onda acústica o una luminosa, se convierte en una señal eléctrica. La conversión se efectúa por medio de un transductor; como ejemplos se incluyen el micrófono, que convierte las variaciones de presión de sonido en variaciones correspondientes de voltaje o de corriente, y la celda fotoeléctrica, que hace lo mismo con las variaciones de intensidad de la luz.

Por otra parte, una señal de tiempo discreto se define solamente para tiempos discretos. Así, en este caso, la variable independiente toma sólo valores discretos que se encuentran, por lo general, espaciados de manera uniforme. En consecuencia, las señales de tiempo discreto se describen como sucesiones de muestras cuyas amplitudes pueden tomar un continuo de valores. Cuando cada una de las muestras de una señal de tiempo discreto se cuantifica (es decir, se permite que su amplitud tome solamente un conjunto finito de valores discretos) y luego se

codifica, la señal resultante se conoce como señal digital. La salida de una computadora digital es un ejemplo de este tipo. Naturalmente, una señal analógica puede convertirse en digital si se muestra en el tiempo, se cuantifica y se codifica.

### 2.3. LA MODULACION

Muchas señales de entrada no pueden ser enviadas directamente hacia el canal como vienen del transductor. Para eso se modifica una onda portadora cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de transmisión en cuestión, para representar el mensaje. La modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal moduladora) y puede ser también una codificación.

Es interesante hacer hincapié en que muchas formas de comunicación no eléctricas también encierran un proceso de modulación, y la voz es un buen ejemplo.

Cuando una persona habla, los movimientos de la boca ocurren de una manera más bien lenta, del orden de los 10 Hz, que realmente no pueden producir ondas acústicas que se propaguen. La transmisión de la voz se hace por medio de la generación de tonos portadores, de alta frecuencia, en las cuerdas vocales, tonos que son modulados por los músculos y órganos de cavidad oral. Lo que el oído capta como voz, es una onda acústica modulada, muy similar a una onda eléctrica modulada.

### 2.3.1. TIPOS DE MODULACION

El éxito de un sistema de comunicación en una misión determinada, depende en gran parte de la modulación. Tan es así, que el tipo de modulación es una decisión alrededor de la cual gravita el diseño del sistema y por esta razón muchas técnicas de modulación han evolucionado y cubierto diversas tareas y requisitos de muchos sistemas, y conforme aparezcan nuevas exigencias, se desarrollarán nuevas técnicas.

A pesar de la multitud de variedades, es posible identificar dos tipos básicos de modulación en relación a la clase de onda portadora: la modulación de onda continua (CW), en la cual la portadora es simplemente una forma de onda senoidal, y la modulación de pulsos, en la cual la portadora es un tren periódico de pulsos.

Puesto que la modulación de onda continua es un proceso continuo, es posible adaptarla a señales que están variando constantemente con el tiempo. Por lo general, la portadora senoidal es de mayor frecuencia que cualquiera de las componentes de frecuencia contenidas en la señal moduladora. El proceso de modulación se caracteriza pues, por una traslación de frecuencia, es decir, el espectro del mensaje (su contenido de frecuencia) se corre hacia arriba a otra banda de mayor frecuencia.

La modulación de pulsos es un proceso discontinuo o discreto, en el sentido de que los pulsos aparecen sólo en ciertos intervalos de tiempo. Por eso; la modulación de pulsos se adapta mejor a los

mensajes que son discretos por naturaleza. Con la ayuda del muestreo, las señales que varían continuamente pueden ser transmitidas sobre portadoras pulsadas. A menudo, tanto en los telégrafos como en los teletipos, la modulación de pulsos y la codificación van de la mano.

Como alternativa a la clasificación anterior, algunas veces es preferible designar a la modulación como analógica o codificada (digital). Esto es particularmente cierto en los sistemas más complejos que emplean ambas técnicas (modulación de CW y pulsada), haciendo distinción de su tipo indefinido de portadora. La diferencia entre analógica y digital es la siguiente: en la modulación analógica, el parámetro modulado varía en razón directa a la señal moduladora. En la modulación codificada, ocurre una transformación digital, por medio de la cual el mensaje se cambia de un lenguaje simbólico a otro. Si el mensaje es originalmente una función continua del tiempo, debe ser muestreado y digitalizado (cuantificado) antes de ser codificado. Pero haciendo caso omiso del tipo CW o pulsada, analógica o codificada, la modulación debe ser un proceso reversible, de tal manera que el mensaje pueda ser recuperado por medio de la operación complementaria de modulación.

La modulación se precisa para acoplar la señal con el medio de transmisión. Sin embargo, este acoplamiento implica varias consideraciones que debemos tomar en cuenta.



### 2.3.2. MODULACION POR FACILIDAD DE RADIACION

Una radiación eficiente de energía electromagnética requiere de elementos radiadores (antenas) cuyas dimensiones físicas sean por lo menos de  $1/10$  de su longitud. Pero muchas señales, especialmente de audio, tienen componentes de frecuencia del orden de los 100 Hz o menores, para lo cual necesitan antenas de unos 300 km de longitud si se radiaran directamente. Utilizando la propiedad de traslación de frecuencia de la modulación, estas señales se pueden imprimir sobre una portadora de alta frecuencia, con lo que se logra una reducción substancial del tamaño de la antena. Por ejemplo, en la banda de radio de FM, donde las portadoras están en intervalo de 88 a 108 MHz, las antenas no deben ser mayores a un metro.

### 2.3.3. MODULACION PARA REDUCIR EL RUIDO Y LA INTERFERENCIA

Hemos dicho que es imposible eliminar totalmente el ruido del sistema, y aunque es posible eliminar la interferencia, puede no ser práctico. Por fortuna, ciertos tipos de modulación tienen la útil propiedad de suprimir tanto el ruido como la interferencia. La supresión, sin embargo, ocurre a un cierto precio: generalmente requiere de un ancho de banda de transmisión (intervalo de frecuencia) mucho mayor que el de la señal original. De ahí la designación de reducción del ruido de banda ancha. Este convenio de ancho de banda para la reducción del ruido es uno de los interesantes y a veces desventajosos aspectos del diseño de un sistema de comunicación.

#### 2.3.4. MODULACION POR ASIGNACION DE FRECUENCIA

El propietario de un aparato de radio o televisión puede seleccionar una de varias estaciones, aun cuando todas las estaciones estén transmitiendo material de programa similar en el mismo medio de transmisión. Es posible seleccionar y separar cualquiera de las estaciones, dado que cada una tiene asignada una frecuencia portadora diferente. Si no fuera por la modulación, sólo operaría una estación en un área dada. Dos o más estaciones que transmitan directamente en el mismo medio, sin modulación, producirían una mezcla inútil de señales interferentes.

#### 2.3.5. MODULACION POR MULTICANALIZACION

A menudo se desea transmitir muchas señales en forma simultánea entre dos puntos. Las técnicas de multicanalización son formas intrínsecas de modulación, que permiten la transmisión de señales múltiples sobre un canal, de tal manera que cada señal puede ser captada en el extremo receptor. Las aplicaciones de la multicanalización comprenden telemetría de datos, emisión de FM estereofónica y telefonía de larga distancia. Es muy común, por ejemplo, tener hasta 1.800 conversaciones telefónicas de ciudad a ciudad, multicanalizadas y transmitidas sobre un cable coaxial de un diámetro menor de un centímetro.

### 2.3.6. MODULACION PARA SUPERAR LAS LIMITACIONES DEL EQUIPO

El diseño de un sistema queda generalmente a la disponibilidad de equipo, el cual a menudo presenta inconvenientes en relación con las frecuencias involucradas. La modulación se puede usar para situar una señal en la parte del espectro de frecuencia donde las limitaciones de equipo sean mínimas o donde se encuentren más fácilmente los requisitos de diseño.

Para este propósito, los dispositivos de modulación se encuentran también en los receptores, como ocurre en los transmisores.

### 2.4. LIMITANTES DE LA COMUNICACION ELECTRICA

En el diseño de un sistema de comunicación o de cualquier otro sistema, el ingeniero se coloca frente a dos clases generales de restricciones: por un lado, los factores tecnológicos, es decir, los factores vitales de la ingeniería y por otra parte, las limitaciones físicas fundamentales impuestas por el propio sistema, o sean, las leyes de la naturaleza en relación con el objetivo propuesto.

Puesto que la ingeniería es, o debe ser, el arte de lo posible, ambas clases de restricciones deben ser analizadas al diseñar el sistema. Hay más de una diferencia, pues los problemas tecnológicos son problemas de practicabilidad que incluyen consideraciones tan diversas como disponibilidad del equipo, interacción con sistemas existentes, factores económicos, etc.,

problemas que pueden ser resueltos en teoría, aunque no siempre de una manera práctica. Pero las limitaciones físicas fundamentales son justamente eso: cuando aparecen en primer plano, no existen recursos, ni aún en teoría. No obstante, los problemas tecnológicos, son las limitaciones que en última instancia señalan si pueden o no ser salvadas. Las limitaciones fundamentales en la transmisión de la información por medios eléctricos son el ancho de banda y el ruido.

#### 2.4.1. LA LIMITACION DEL ANCHO DE BANDA

Aunque no en forma explícita, en la figura se muestra el elemento tiempo como una parte integrante de los sistemas de comunicación. La utilización de sistemas eficientes conduce a una reducción del tiempo de transmisión, es decir, que se transmite una mayor información en el menor tiempo. Una transmisión de información rápida se logra empleando señales que varían rápidamente con el tiempo. Pero estamos tratando con un sistema eléctrico, el cual cuenta con energía almacenada; y hay una ley física bien conocida que expresa que en todos los sistemas, excepto en los que no hay pérdidas, un cambio en la energía almacenada requiere una cantidad definida de tiempo. Así, no podemos incrementar la velocidad de la señalización en forma arbitraria, ya que en consecuencia, el sistema dejará de responder a los cambios de la señal.

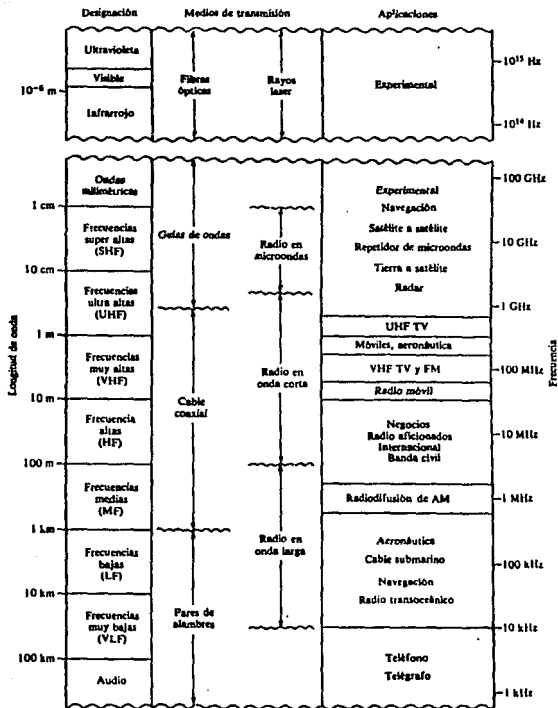
Una medida conveniente de la velocidad de la señal es su ancho de

banda, o sea, el ancho del espectro de la señal. En forma similar, el régimen al cual puede un sistema cambiar energía almacenada, se refleja en su respuesta de frecuencia útil, medida en términos del ancho de banda del sistema. La transmisión de una gran cantidad de información en una pequeña cantidad de tiempo, requiere señales de banda ancha para representar la información y sistemas de banda ancha para acomodar las señales. Por lo tanto, dicho ancho de banda surge como una limitación fundamental. Cuando se requiere de una transmisión en tiempo real, el diseño debe asegurar un adecuado ancho de banda del sistema. Si el ancho de banda es insuficiente, puede ser necesario disminuir la velocidad de señalización, incrementándose así el tiempo de transmisión. A lo largo de estas mismas líneas debe recalcar que el diseño del equipo no es con mucho un problema de ancho de banda absoluto o fraccionario, o sea, el ancho de banda absoluto dividido entre la frecuencia central. Si con una señal de banda ancha se modula una portadora de alta frecuencia, se reduce el ancho de banda fraccional y con ello se simplifica el diseño del equipo. Esta es una razón porqué en señales de TV cuyo ancho de banda es de cerca de 6 Mhz se emiten sobre portadoras mucho mayores que en la transmisión de AM, donde el ancho de banda es de aproximadamente 10 Hz.

Asimismo, dado un ancho de banda fraccionario, resultado de las consideraciones del equipo, el ancho de banda absoluto puede incrementarse casi indefinidamente yendo hasta frecuencias

portadoras mayores. Un sistema de microondas de GHz puede acomodar 10,000 veces más información en un periodo determinado que una portadora de radiofrecuencia de 500 KHz, mientras que un rayo laser cuya frecuencia sea de  $5 \times 10^{14}$  Hz tiene una capacidad teórica de información que excede un sistema de microondas en un factor de  $10^5$ , o sea, un equivalente aproximado de millones de canales de TV. Por ello es que los ingenieros en comunicaciones están investigando constantemente fuentes de portadoras de alta frecuencia nuevas y utilizables para compensar el factor ancho de banda.

La figura muestra aquellas porciones del espectro electromagnético en uno potencialmente disponible para la comunicación eléctrica. Se indican en ella las aplicaciones representativas y los medios de transmisión. Como guía burda, considérese que el ancho de banda disponible en cualquier punto es aproximadamente 10% de la frecuencia portadora. Debido a varios factores, el hueco entre los  $10^{11}$  Hz (100GHz) y los  $10^{14}$  Hz probablemente permanecerá vacío por lo que a comunicación se refiere.



#### 2.4.2. LA LIMITACION RUIDO

Un instrumento de medición que posee un 1% de resolución, da lugar a una mayor información que un instrumento con un 10%; la diferencia es 1 de exactitud. En forma similar, el éxito en la comunicación eléctrica depende de la exactitud con que el receptor pueda determinar cuál señal es la que fue realmente transmitida, diferenciándola de las señales que podrían haber sido transmitidas. Una identificación perfecta de la señal sería posible sólo en ausencia de ruido y otras contaminaciones, pero el ruido existe siempre en los sistemas eléctricos y sus perturbaciones sobrepuestas limitan nuestra habilidad para identificar correctamente la señal que nos interesa así, la transmisión de la información.

Curiosamente, el ruido es inevitable y la respuesta proviene de la teoría cinética. Cualquier partícula a una temperatura diferente de cero absoluto posee una energía térmica que se manifiesta como movimiento aleatorio o agitación térmica. Si la partícula es un electrón, su movimiento aleatorio origina una corriente aleatoria. Luego, si esta corriente aleatoria ocurre en un medio conductor, se produce un voltaje aleatorio conocido como ruido térmico o ruido de resistencia. Mientras el ruido de resistencia es sólo una de las posibles fuentes en un sistema, muchos otros están relacionados, en una u otra forma, al movimiento electrónico aleatorio. Más aún, como era de esperarse de la dualidad onda-partícula, existe ruido térmico asociado con



la radiación electromagnética. En consecuencia, como no podemos tener comunicación eléctrica sin electrones u ondas electromagnéticas, tampoco podemos tener comunicación eléctrica sin ruido.

Las variaciones de ruido típicas son muy pequeñas, del orden de los microvolts. Si las variaciones de la señal son sustancialmente mayores, digamos varios volts pico a pico, el ruido puede ser ignorado. En realidad, en sistemas ordinarios bajo condiciones ordinarias, la relación señal a ruido es bastante grande para que el ruido no sea perceptible. Pero en sistemas de amplio régimen o de potencia mínima, la señal recibida puede ser tan pequeña como el ruido o más. Cuando esto sucede, la limitación por ruido resulta muy real.

Es importante señalar que si la intensidad de la señal es insuficiente, añadir más pasos de amplificación en el receptor no resuelve nada; el ruido será amplificado junto con la señal, la cual no mejora la relación señal a ruido. Aumentar la potencia transmitida ayuda, pero la potencia no se puede incrementar en forma indefinida por razón de problemas tecnológicos. (Uno de los primeros cables trasatlánticos se deterioró por una ruptura ocasionada por un alto voltaje, aplicado en un esfuerzo por obtener señales útiles en el punto de recepción). En forma alterna, como mencionamos al principio, podemos permutar el ancho de banda por la relación señal a ruido por medio de técnicas de modulación y codificación. La más efectiva de estas técnicas

generalmente es la más costosa y difícil de instrumentar. También el trueque del ancho de banda por la relación señal ruido puede llevarnos de una limitación a otra.

En un análisis final, dado un sistema con ancho de banda y relación señal ruido fijos, existe un límite superior definido, al cual puede ser transmitida la información por el sistema. Este límite superior se conoce con el nombre de capacidad de información y es uno de los conceptos centrales de la teoría de la información. Como la capacidad es finita, el diseño del sistema de comunicación es un compromiso entre tiempo de transmisión, potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido, compromiso de lo más restringido por los problemas tecnológicos.

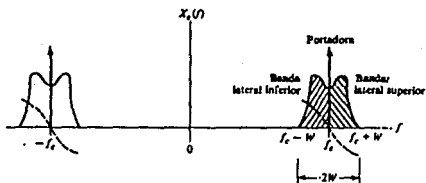
## 2.5. CONVERSION DE FRECUENCIA

La modulación lineal es principalmente una traslación de frecuencia directa del espectro del mensaje.

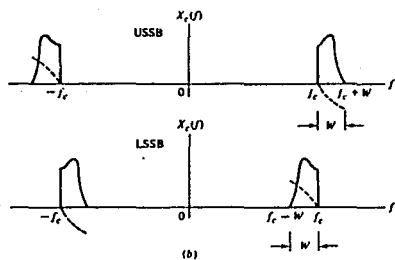
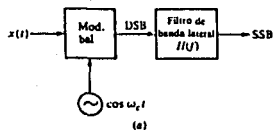
Con relación a las figuras, por ejemplo, se puede ver que si los espectros se desplazan hacia abajo en frecuencia en  $f_c$  unidades (hacia arriba en  $f_c$  unidades para las componentes de frecuencia negativa), se reproduce el espectro del mensaje original más una posible componente de CD correspondiente a la portadora trasladada.

La traslación de frecuencia o conversión, se emplea también para

desplazar una señal modulada a otra nueva frecuencia portadora (arriba o abajo) para amplificación o para algún otro procesamiento. Así, la traslación es una operación fundamental de los sistemas de modulación lineal e incluye la modulación y la detección como casos especiales. Antes de examinar los detectores, debemos conocer al proceso general de la conversión de frecuencia.



Espectro de AM.



Modulación de banda lateral única. (a) modulador; (b) espectros.

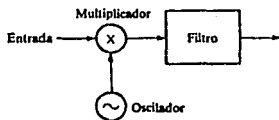
La conversión se efectúa, al menos en forma analítica, al multiplicar por una senoide. Consideremos por ejemplo, la onda de DSBx(t)cos  $w_1t$ . Multiplicando por cos  $w_2t$ , se obtiene

$$x(t)\cos w_1t \cos w_2t = 1/2x(t) \cos (w_1+w_2)t + 1/2x(t) \cos (w_1-w_2)t$$

El producto está compuesto de las frecuencias suma y diferencia,  $f_1 + f_2$  y  $|f_1 - f_2|$ , cada una modulada por x(t). Se puede escribir  $|f_1 - f_2|$  para claridad, puesto que  $\cos (w_2 - w_1)t = \cos (w_1 - w_2)t$ . Suponiendo que  $f_2 \neq f_1$ , la multiplicación ha trasladado el espectro de la señal a dos nuevas frecuencias portadoras. Con un filtraje apropiado, la señal se convierte a un valor mayor o a uno menor en frecuencia. Los dispositivos que realizan esta operación se denominan convertidores de frecuencia o mezcladores. La operación en sí se designa como heterodinación o mezcla.

La figura muestra el diagrama de un convertidor de frecuencia generalizado. Su análisis se apega en forma directa al teorema de la modulación. El multiplicador se construye por lo general empleando dispositivos no lineales o de conmutación, similares a los moduladores. Otras aplicaciones de los convertidores comprenden osciladores de frecuencia de batido, divisores de frecuencia regenerativos, perturbadores, mezcladores de voz y analizadores de espectro.

Convertidor de frecuencia.

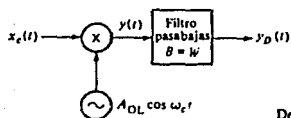


## 2.6. DETECCION

La demodulación o detección, es el proceso, en el receptor, por medio del cual se recupera el mensaje de la onda modulada, por lo que, para la modulación lineal en general, el proceso de detección es en forma básica uno de los casos de traslación de frecuencia a valores menores.

### 2.6.1. DETECCION SINCRONICA

Todos los tipos de modulación lineal se pueden detectar por medio del demodulador producto de la figura.



Detección sincrónica

La señal de entrada primero se multiplica con una senoide que se genera en forma local y luego se pasa a través de un filtro pasabajas, siendo el ancho de banda el mismo que el del mensaje, o sea  $W$ , o algo mayor. Se supone que el oscilador local (OL) está sincronizado con exactitud con la portadora, tanto en fase como en frecuencia, a lo que se le da el nombre de detección sincrónica (también se le designa como detección coherente, porque deben ser coherentes la onda portadora y la salida del oscilador local).

Para propósitos de análisis, escribimos la señal de entrada en la forma generalizada:

$$X_c(t) = [K_c + K_m X(t)] \cos \omega_c t - K_m \int(t) \sin \omega_c t$$

lo cual puede representar a algún tipo de modulación lineal, con una apropiada identificación de  $K_c$ ,  $K_m$  y  $\int(t)$  - por ejemplo  $K_c = 0$  para portadora suprimida,  $\int(t) = 0$  para doble banda lateral, etc. La entrada del filtro es así el producto:

$$X_c(t) A_{OL} \cos \omega_c t = \frac{A_{OL}}{2} [(K_c + K_m X(t)) + (K_c + K_m X(t))] \cos 2\omega_c t - K_m \int(t) \sin 2\omega_c t$$

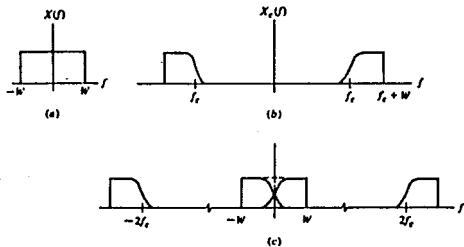
Como  $f_c \gg W$ , el filtro pasabajas rechaza los términos de frecuencia doble, permitiendo sólo el paso del primer término:

$$Y_D(t) = K_D [K_c + K_m X(t)]$$



donde  $K_D$  es la constante de detección. La componente de CD,  $K_D K_C$  corresponde a la portadora trasladada si no está suprimida en la onda modulada. Se puede remover de la salida por medio de un capacitor de bloqueo o de un transformador; sin embargo, asimismo se removerá algún término de CD en  $x(t)$ . Con esta restricción menor, se puede decir que el mensaje ha sido recuperado en forma total de  $x_c(t)$ .

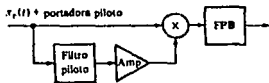
Aunque correctos, los desarrollos anteriores fallan al extraer lo que existe en la demodulación de la VSB. Esto se ve mejor en el dominio de la frecuencia, considerando el espectro del mensaje sobre  $W$ , en la figura a, donde el espectro modulado adopta la forma de la figura b.



Espectros de VSB. (a) mensaje; (b) señal modulada; (c) señal de frecuencia trasladada antes del filtraje pasabandas.

El espectro trasladado hacia abajo en la entrada del filtro será entonces como el mostrado en la figura c. De nuevo, los términos de alta frecuencia se eliminan por medio de filtraje, en tanto que las bandas laterales convertidas a valores menores, se traslapan alrededor del valor cero de frecuencia. Recordando la propiedad de simetría del filtro residual, se encuentra que la porción removida de la banda lateral superior se restituye en forma completa por el vestigio correspondiente de la banda lateral inferior, reconstruyéndose así  $X(f)$  a la salida, y la señal detectada resulta proporcional a  $x(t)$ .

En teoría, la demodulación producto raya en lo trivial: en la práctica, puede ser bastante artificiosa. Lo difícil del problema es la sincronización (sincronizar un oscilador con una sinusoide que no está siempre presente en la señal que llega en caso de estar suprimida la portadora). Para facilitar el asunto, los sistemas de portadora suprimida pueden tener una cantidad pequeña de portadora reinsertada en  $x(t)$  en el transmisor. Esta portadora piloto se extrae en el receptor por medio de un filtro pasabanda de banda angosta, se amplifica, y se emplea en lugar de un oscilador local. Al sistema mostrado en la figura



Detección homodina.

se le designa detección homodina. (En realidad, la portadora piloto amplificada se emplea más a menudo para sincronizar un oscilador separado, que en forma directa).

Es posible una variedad de otras técnicas para sincronización, incluyendo el empleo de osciladores controlados a cristal, altamente estables, en transmisor y receptor, estando los osciladores sincronizados en forma periódica más que en una base continua. No obstante, se debe esperar algún grado de asincronismo en los detectores sincrónicos. Es importante investigar los efectos del corrimiento de fase y frecuencia en diferentes aplicaciones. Esto se hará para la DSB y la SSB en términos de la modulación de tono.

Siendo  $\cos(\omega_c t + \omega' t + \theta')$ , la onda del oscilador local, donde  $\omega'$  y  $\theta'$  representan la frecuencia de corrimiento lento y los errores de fase comparados con la portadora. Para doble banda lateral con modulación de tono, la señal detectada resulta ser:

$$Y_D(t) = K_D \cos \omega_m t \cos(\omega' t + \theta')$$

$$= \begin{cases} \frac{K_D}{2} [\cos(\omega_m + \omega')t + \cos(\omega_m - \omega')t] & \theta = 0 \\ K_D \cos \omega_m t \cos \theta' & \omega' = 0 \end{cases}$$

De manera similar, para banda lateral única, donde  $x_c(t) = \cos(\omega_c \pm \omega_m)t$ ,

$$Y_D(t) = K_D \cos(\omega_m t \pm (\omega' t + \theta'))$$

$$= \begin{cases} K_D \cos(\omega_m \pm \omega')t & \theta' = 0 \\ K_D \cos(\omega_m t \pm \theta') & \omega' = 0 \end{cases}$$

Es obvio que, tanto en la DSB como en la SSB, un corrimiento de frecuencia grande comparado con la  $\omega$  altera en gran forma el tono detectado. Este efecto es más grande en la DSB, puesto que se produce un par de tonos,  $f_m + f'$  y  $f_m - f'$ . Si  $f' \ll f_m$ , se escuchará un sonido o una nota de batido que se escucha cuando se tocan al mismo tiempo dos instrumentos musicales, estando ligeramente fuera de tono. Aunque sólo se produce un tono con la SSB, éste puede provocar disturbios, en forma particular para la transmisión de música. Para transmisión de voz, las pruebas con oyentes han demostrado que los corrimientos de frecuencia menores que  $\pm 10$  Hz, son tolerables.

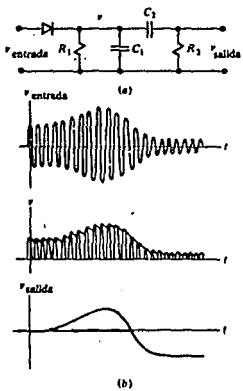
De igual manera, un corrimiento de fase en la DSB es más sensitiva, porque si  $\theta' = \pm 90^\circ$  (oscilador local y portadora en cuadratura), la señal detectada desaparece. Con variaciones de  $\theta'$  se obtiene un efecto de desvanecimiento. El corrimiento de fase en la SSB aparece como distorsión por retardo, siendo el caso extremo cuando  $\theta = \pm 90^\circ$ , para la cual la señal demodulada es

$\hat{x}(t)$ . Sin embargo, el oído humano puede tolerar una distorsión por retardo por lo que el corrimiento de fase no es tan serio en sistemas de SSB para señales de voz.

Resumiendo, los requisitos de sincronización de fase y frecuencia son más modestos para transmisión de voz por medio de la SSB. Pero en sistemas de datos, de facsímil y de video con portadora suprimida, se necesita una sincronización cuidadosa. Principalmente por esa razón, esta portadora no se suprime en transmisión de televisión.

#### 2.6.2. DETECCION DE ENVOLVENTE

La demodulación sincrónica de AM casi nunca se emplea. En realidad, los detectores funcionan en AM, pero en forma de detectores de envolvente. Como la envolvente de una onda de AM tiene la misma forma del mensaje, independiente de la frecuencia y fase de la portadora, se lleva a cabo la demodulación extrayendo la envolvente sin preocuparse por la sincronización. Un detector de envolvente simplificado y sus formas de onda, se muestran en la figura



**Detección de envolvente. (a) circuito; (b) formas de onda.**

donde se ha supuesto que el diodo es lineal. En ausencia del resto del circuito, el voltaje  $v$  sería precisamente la versión rectificadora de media onda de la entrada  $v_{\text{entrada}}$ . Pero  $R_1 C_1$  actúan como un filtro pasabajas, que responde sólo a las variaciones en los picos de  $v_{\text{entrada}}$ . Esto supone la constante grande de tiempo comparada con  $1/f_c$  y pequeña en comparación con el tiempo de variación del mensaje  $1/W$ . Así, se necesita que  $f_c \gg W$  para que la envolvente quede definida en forma clara. Bajo estas condiciones,  $C_1$  se descarga un poco entre picos de la portadora y  $v$  será en forma aproximada la envolvente de  $v_{\text{entrada}}$ . Un filtraje más complejo resultaría mejor si fuera necesario. Por último,  $R_2 C_2$  actúan como un medio de bloqueo de la CD para remover la polarización de la componente no modulada de la portadora.

El voltaje  $v$  también se puede filtrar para remover las variaciones de la envolvente y producir un voltaje de CD proporcional a la amplitud de la portadora. Este voltaje, a su vez, se realimenta a los pasos precedentes del receptor para proporcionar control automático de volumen (AVC) y compensar el desvanecimiento.

El circuito de la figura se designa como detector lineal de envolvente; la salida es proporcional en forma lineal a la envolvente de entrada. Se pueden usar también diodos de ley de potencia, pero entonces  $v$  incluirá términos de la forma  $v_{\text{entrada}}^2$ ,  $v_{\text{entrada}}^3$ , etc., y puede haber distorsión por una

segunda armónica a menos que  $m \ll 1$ . El diseño de detectores lineales de envolvente tiene varios problemas que no aparecen en este análisis.

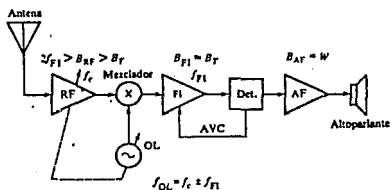
La detección de envolvente es apropiada siempre y cuando la onda en cuestión tenga una modulación de envolvente apropiada, por ejemplo: un video de televisión transmitido por medio de banda lateral residual más la portadora. En algunos sistemas de portadora suprimida se emplean más los detectores de envolvente que los demoduladores de producto, insertándose un término grande de portadora adelante del detector para reconstruir la envolvente. (Esto se hace extensivo a la SSB y a la DSB si la portadora local es suficientemente grande). Pero este procedimiento no evita la necesidad de sincronismo, puesto que la reconstrucción de la envolvente requiere que la portadora agregada esté bien sincronizada.

Como punto final, el capacitor de bloqueo de la CD de la figura origina que el detector tenga una respuesta pobre a las componentes de baja frecuencia del mensaje. Por lo tanto, la detección de envolvente puede no ser satisfactoria para las señales con un contenido de CD y términos que varíen lentamente, a menos que se tengan pasos adicionales.



## 2.7. LA RECEPCION

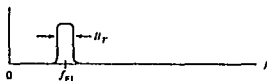
Todo lo que en realidad se requiere en un receptor es algún mecanismo de sintonía, un demodulador y amplificadores. Con una señal de suficiente intensidad, incluso se puede omitir los amplificadores, lo cual se comprueba con el histórico receptor a cristal. Muchos radioreceptores, sin embargo, son del tipo superheterodino más complejo, cuyo diagrama a bloques se aprecia en la figura; completo incluyendo AVC.



Receptor superheterodino.

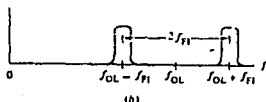
Existen tres tipos de amplificadores en un superheterodino: el amplificador de radiofrecuencia (RF), el cual se sintoniza a la frecuencia portadora deseada; el amplificador de frecuencia intermedia (FI), de sintonía fija y que da lugar a la mayor parte de la ganancia y selectividad; y el amplificador de audiofrecuencia (AF), el cual se encuentra a continuación del detector y eleva la potencia al nivel requerido por el altoparlante. El mezclador es un convertidor de frecuencia que traslada la salida de RF a la banda de FI convirtiéndola  $f_c$  a la  $f_{fi}$ . El oscilador local (OL) proporciona la frecuencia de mezcla y se ajusta en paralelo con la etapa de RF.

Las operaciones en un superheterodino se entienden mejor considerando la amplitud relativa de la salida de FI como una función de la frecuencia de entrada en varios puntos de receptor. Si se aplica una senoide de frecuencia variable y de amplitud constante a la entrada del amplificador de FI, la respuesta es justamente la relación de amplitudes del amplificador mismo como se muestra en la figura.



(a)

Puesto que el amplificador de FI debe permitir el paso de la señal modulada a la frecuencia portadora trasladada, su ancho de banda debe ser igual o mayor que  $B_T$ . Considerando el mezclador más el oscilador local solos, hay dos frecuencias de entrada que serán la  $f_{FI}$  en la salida, o sean  $f_{OL} \pm f_{FI}$ . Así, la respuesta del amplificador de FI y del mezclador será como se muestra en la figura



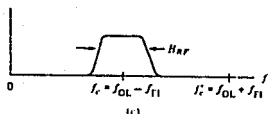
para el caso común donde  $f_{FI} < f_{OL}$ . Nótese que si se está tratando de recibir una estación en  $f_c = f_{OL} - f_{FI}$ , sólo se captará  $f_c = f_{OL} + f_{FI}$ , la cual se conoce como frecuencia imagen. Para una posición dada del oscilador local, la portadora y las frecuencias imágenes están relacionadas por:

$$|f_c - f'_c| = 2f_{FI} \quad f_{FI} < f_{OL}$$

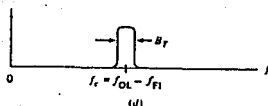
$$|f_c - f'_c| = 2f_{OL} \quad f_{FI} > f_{OL}$$

El último caso es bastante raro en la práctica.

El objeto de la etapa de RF, cuya respuesta se muestra en la figura.



es rechazar la frecuencia imagen antes de que llegue al mezclador. Se puede apreciar que el amplificador de RF necesita tener un ancho de banda no más angosto que alrededor de  $2f_{FI}$ . Por otra parte, el ancho de banda del amplificador de FI para rechazar las portadoras en la vecindad inmediata de la señal deseada, es decir, la etapa de FI proporciona selectividad de canal adyacente, mientras que la de RF proporciona rechazo de canal de imagen. En operación convencional, la frecuencia central de RF se sintoniza a la portadora deseada mientras que el oscilador local se ajusta en forma simultánea a  $f_{OL} = f_c + f_{FI}$  para que la diferencia de frecuencias correcta  $f_c - f_{OL} = f_{FI}$  se obtenga en la salida del mezclador. En la figura se muestra la respuesta total del receptor obtenida de la multiplicación de la fig. (b) y (c) para la fig. (d).



Características de respuesta en frecuencia de un superheterodino: (a) El amplificador de FI solo; (b) el mezclador y amplificador de FI; (c) el amplificador de RF solo; (d) el receptor completo.

Hasta aquí se ha considerado sólo un superheterodino ideal. Los receptores reales presentarán respuestas a espurias y a varias otras frecuencias debido a señales que entran al receptor o a no linealidades. Por ejemplo: cuando una señal intensa de frecuencia cercana a  $1/2 f_{FI}$  llega a la entrada del amplificador de FI, se puede producir su segunda armónica si la primera etapa del amplificador de FI no es lineal. Esta segunda armónica, que es en forma aproximada  $f_{FI}$ , será entonces amplificada por las etapas siguientes y aparecerá a la salida del detector como interferencia, por lo general como un tono de audio de alta frecuencia, o como un silbido.

Otros tipos de receptores que se emplean para diferentes propósitos incluyen: el receptor heterodino, en el cual se omite la etapa de RF y, en consecuencia, las imágenes constituyen un problema potencial; el receptor de radiofrecuencia sintonizada (TRF), en el cual la detección se efectúa en seguida de la etapa de RF, y el receptor de doble conversión, que se emplea comúnmente para onda corta de alta calidad en AM y en sistemas de banda lateral única. Como sugiere el nombre, los receptores de doble conversión tienen dos mezcladores y dos amplificadores de FI. El primer FI se sintoniza a frecuencia fija sobre o inmediata por debajo de la banda de la frecuencia portadora deseada. El valor grande de  $f_{FI1}$  aumenta el espaciamiento  $2f_{FI1}$  entre una portadora y su imagen, mejorando el rechazo de imagen de la etapa de RF. El segundo FI tiene una frecuencia central relativamente baja para permitir una discriminación mucho más aguda contra canales adyacentes, lo que no es posible de otra manera.

### **CAPITULO III**

#### **LAS ANTENAS DE TRANSMISION Y RECEPCION**

### 3.1. ANTENAS PARA AF

Un sistema de antena incluye todo lo que existe entre un transmisor, un receptor y un radiador. Propiamente, la antena es la línea de transmisión, su acoplador y su balun o transformador de simetría.

Solamente la antena es la radiadora en el sistema. Es imposible sugerir un tipo de sistema de antena sobre otro. Posiblemente, una regla general puede ser la de elegir la antena más grande y montarla lo más alto en cuestiones de espacio y dinero.

Pero un modesto sistema donde se utiliza lo práctico, da buenos resultados.

Prácticamente, cualquier elemento radiador trabaja bien bajo condiciones de buena propagación, asumiendo que dicho radiador sea capaz de resistir cierta potencia y de radiarla en un buen ángulo con respecto al terreno.

En general, la altura de la antena por encima del terreno es el factor más crítico para el espectro de alta frecuencia, como en 20, 15 y 10 metros, por ejemplo. Esto se debe a que la antena debe estar libre a su alrededor de objetos conductores tales como líneas de transmisión, cableados telefónicos, etc.

Esto no es tan importante para los 160, 80 y 40 metros, pero se recomienda que para bajas frecuencias, las antenas deben estar lo más alejadas posible de los objetos conductores y en buena altura para su buen funcionamiento, aunque las antenas verticales de



plano de tierra son la excepción, y deben ser instaladas tan alto como sea posible para que su funcionamiento no sea degradado por objetos conductores.

### 3.1.1. LA POLARIZACION DE LA ANTENA

La mayoría de las antenas para las bandas de alta frecuencia son de polarización vertical y horizontal, aunque también las de polarización circular son comunes. La polarización se determina por la posición del elemento radiador o cable con respecto al terreno, así que un radiador paralelo a la tierra radia horizontalmente, cuando para una antena vertical radia una onda vertical. Si una antena de cable está inclinada a menos de  $90^\circ$  de la tierra, esta radiará ondas de naturaleza vertical y horizontal.

Durante los comunicados en la línea de vista, la máxima intensidad de señal se obtiene cuando ambas antenas tienen la misma polaridad, ya que el cruce de polarización reduce muchos decibeles de señal.

Para la propagación a través de la ionosfera, no es esencial tener la misma polarización, esto se debe a que la onda radiada se dobla considerablemente en su viaje a la capa atmosférica de la cual fue reflejada.

La consideración más importante para una buena antena para comunicados a gran distancia, es su bajo ángulo de radiación preferiblemente que su polarización, aunque debe saberse que las

antenas que más trabajan para grandes distancias en altas frecuencias son de polarización horizontal y las que menos lo trabajan son las verticales de plano de tierra y las verticales de elementos en fase.

### 3.1.2. LA IMPEDANCIA

La impedancia en un punto dado de la antena se determina por el radio de voltaje para la corriente en ese punto. Por ejemplo, si hubiera 100 volts de r.f. (radio frecuencia) y 1.4 amperes de corriente en un punto especificado de la antena, la impedancia sería aproximadamente de 71 ohms. La impedancia es significativa por la acoplación del alimentador al punto de alimentación.

La máxima potencia de transmisión se consigue con un perfecto acoplamiento. Cuando el acoplamiento va decreciendo, también lo hace la potencia reflejada. Si la línea de alimentación no es muy larga e indirecta, se puede tener un buen desempeño para altas frecuencias cuando la relación de ondas estacionarias (r.o.e.) es 3:1 o menos.

La impedancia de la antena depende también de que ésta sea resonante a la frecuencia de operación.

### 3.1.3. ANCHO DE BANDA DE LA ANTENA

El ancho de banda de una antena, generalmente indica el rango de frecuencias por las que una antena se puede usar para obtener un buen desempeño en relación al valor de la relación de ondas

estacionarias (r.o.e.).

Para 2:1 de r.o.e. el ancho de banda es de 3.5 mhz. Hay algunos otros términos específicos para referirse al ancho de banda, como la 'ganancia de ancho de banda' y la radiación frente-espalda de ancho de banda. La ganancia de ancho de banda es significativa, porque entre más grande sea ésta, más angosta será la ganancia de ancho de banda.

Por otro lado, entre más baja sea la frecuencia de operación en un diseño de antena, es más angosto su ancho de banda. Es difícil proporcionar un ancho de banda lo suficientemente amplio para cubrir las bandas de 160 y 80 metros para antenas dipolo cortadas cada una para cada banda. En este caso se pueden aplicar técnicas para ampliar el ancho de banda, como la de doblar las puntas del dipolo de manera que simulen un tipo de dipolo cónico.

#### 3.1.4. ANGULO DE RADIACION

El ángulo vertical de máxima radiación es de gran importancia, especialmente para altas frecuencias. Es bueno elevar la antena a una altura a la que tome una ventaja de reflexión con respecto al plano de tierra, de manera que refuerza el espacio de radiación en el ángulo deseado. Los ángulos bajos, son los más usados por su efectividad, lo que significa que la antena debe estar alta, cuando menos a media longitud de onda para 14 mhz, y preferiblemente de tres cuartos o una longitud de onda, y preferiblemente más alta, para 28 mhz.

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

La altura física requerida para una altura dada en longitudes de onda, decrece cuando la frecuencia se incrementa, así que las buenas alturas no son imprácticas; media longitud de onda en 14 mhz son solamente 35 pies, aproximadamente, cuando esta misma altura representa una onda completa para 28 mhz. Para 7 mhz frecuencias bajas, los ángulos altos de radiación son efectivos, así que de nuevo una antena alta es muy útil y no es difícil de lograr. Pero, para 7 mhz es importante una buena altura y para frecuencias más bajas, cuando se desea trabajar a grandes distancias constantemente.

Las alturas entre 35 y 70 pies son buenas para las bandas altas, así que las buenas alturas siguen siendo preferibles. Es bueno recordar que la mayoría de las antenas de simple polarización horizontal no dan una clara evidencia de direccionalidad, la cual es de su capacidad, a menos que estén a media longitud de onda por encima del terreno, o más altas, para su frecuencia de operación. Por esta razón, con antenas de tipo dipolo no es importante escoger una dirección de lado amplia favorable, a menos que la antena esté a media longitud de onda sobre el terreno.

### 3.1.5. MEDIDA DEL CONDUCTOR

La impedancia de la antena también depende del diámetro del conductor en relación a la longitud de onda; si el diámetro del conductor se incrementa, la capacitancia por unidad de longitud

se incrementa y su inductancia por unidad de longitud decrece. Sabemos que la resistencia de radiación se afecta relativamente poco, el decremento de radio  $L/C$  causa que la  $Q$  (factor de inductancia) de la antena decrezca, así que la curva de la resonancia viene a ser menos protuberante, por lo cual, la antena es capaz de trabajar a través de un rango amplio de frecuencias. Este efecto aumenta cuando el diámetro se incrementa, y es una propiedad importante para las frecuencias muy altas donde la longitud de onda es pequeña.

### 3.2. ANTENAS PARA MAP Y UAF

#### 3.2.1. GANANCIA

La única forma para desarrollar la ganancia, es dándole forma al patrón de la antena para concentrar la energía radiada mediante la atracción de la señal que se recibe. Esto es lo que mejor explica que se debe empezar con una antena hipotética isotrópica, que radiará igualmente en todas direcciones. Con una analogía visual como un punto que viene del haz de la radiación por dentro del globo uniformemente, de su centro. Pero prácticamente ninguna antena puede hacer esto, por lo tanto, todas tienen "una ganancia arriba de la isotrópica" expresada en (dBi).

Un dipolo de media-onda en un espacio libre tiene 2.1 dBi. Si podemos trazar el patrón de radiación de una antena en todos los planos, podemos calcular su ganancia; así, con respecto al

isotrópico, es una base lógica para su acuerdo y entendimiento. Es raro conseguir que una antena de media-onda funcione con algo en la proximidad del espacio libre de su patrón y este hecho causa muchas confusiones acerca de la verdadera ganancia de la antena.

Los patrones de radiación se pueden controlar de varias formas. Una es que dos o más elementos excitados se alimenten en fase, tal como los rayos colineales que dotan de ganancia sin un cambio muy marcado en la frecuencia de respuesta. Comparado con un solo elemento, existe mayor ganancia por elemento pero con un sacrificio de cobertura de frecuencia; esto se logra al colocar a los elementos parásitos, unos más cortos y otros más largos en comparación al elemento excitado, en el plano del primer elemento, pero no siendo alimentados. El reflector y directores de una antena Yagi son altamente sensibles a la frecuencia y esto es mucho mejor para los cambios de frecuencia más baja que el porcentaje de la frecuencia de operación.

### 3.2.2. RESPUESTA DE FRECUENCIA

Es importante para la banda de maf el conocer que la respuesta de un elemento de una antena se puede mejorar incrementando el diámetro del conductor. Prácticamente, el ancho de cobertura de frecuencia puede ser una razón para seleccionar una antena colineal en vez de una Yagi.

Por otro lado, la tendencia crece al canalizar las operaciones en pequeños segmentos de las bandas que tienden a bajar en

ensanchamiento de la cobertura de frecuencia en maf.

### 3.2.3. PATRON DE RADIACION

La radiación de una antena puede ser omnidireccional, bidireccional, prácticamente unidireccional, o cualesquiera dentro de estas condiciones. Cuando la necesidad de recepción es general, un sistema omnidireccional es favorable aunque en otro caso podría no serlo. En este tipo de antenas se registran problemas de ruido e interferencias que son características. La ganancia máxima y un bajo ángulo de radiación tienen como consecuencia señales bajas. Un patrón limpio, sin interferencias es importante en zonas de alta actividad o donde el nivel de ruido es muy alto.

### 3.2.4. LA ALTURA DE LA GANANCIA

En general, entre más alta, mejor será la instalación de antenas de maf. Si levantamos la antena por arriba de las obstrucciones, habrá una importante mejora en su cobertura. Aunque esto implica un mayor costo, se debe de balancear la altura de ganancia en contra del aumento de la pérdida en su línea de transmisión. Esto último se debe considerar tomando en cuenta que lo mismo se incrementa con la frecuencia. La mejor línea debe ser expresada en longitudes de onda para su instalación.

### 3.2.5. TAMAÑO FISICO

Una antena diseñada para 432 MHz tendrá la misma ganancia que una

para 144 MHz, pero, siendo de solamente una tercera parte de su tamaño interceptara también solamente una tercera parte más que mucha de la energía recibida. Así, para ser equitativo en la efectividad de la comunicación, las antenas de 432 MHz deberán ser al menos iguales en tamaño, que una de 144 MHz, lo cual requerirá de tres veces más de su tamaño real.

### 3.2.6. POLARIZACION

Un punto de discusión siempre ha sido el tipo de posición, ya sea vertical u horizontal. Según las evidencias, las pruebas determinan y garantizan una polarización uniforme. Para comunicados distantes no se aprecia diferencia alguna, aunque en comunicados cercanos, hay una tendencia a producir altos niveles de señal con una polarización horizontal para algunas clases de terrenos. El ruido producido por el hombre, especialmente la interferencia de ignición, tiende a ser más bajo en la polarización horizontal. La polarización vertical es más efectiva en sistemas omnidireccionales y para la utilización en móviles. Las primeras comunicaciones maf fueron realizadas con verticales muy largas, pero la ganancia horizontal fue más favorable cuando los elementos direccionales se utilizaron ampliamente. La polarización vertical está a favor de las estaciones repetidoras de fm de 144 MHz y de los móviles. La horizontal predomina en comunicaciones de 50-MHz y en frecuencias más altas. Si utilizamos un circuito de polarización cruzada, podemos apreciar una pérdida de 20-dB.



### 3.3 ANTENAS DIPOLO

Esta antena es fundamental, ya que está constituida de simple cable, cuya longitud es aproximadamente igual a la mitad de la longitud de onda de transmisión. De esta antena parten muchas más formas complejas de antenas que se construyen.

La longitud de media onda en un espacio libre se expresa:

$$\text{Longitud (pies)} = \frac{492}{f \text{ (MHz)}}$$

$$\text{Longitud (m)} = \frac{150}{f \text{ (MHz)}}$$

La longitud actual de la antena de media longitud de onda no será exactamente igual a la media longitud de onda en espacio, pero depende del ancho del conductor en relación a la longitud de onda, donde K es el factor que se debe multiplicar por la media longitud de onda en un espacio libre para obtener la longitud de resonancia de la antena. Un efecto adicional que hace acortarla ocurre con las antenas de cable soportadas por aisladores en las puntas debido a que se suma la capacitancia al sistema por sus aisladores (efecto punta). La siguiente fórmula es suficientemente precisa para las antenas de cable en frecuencias de hasta 30 MHz.

Longitud de antena de media onda (pies) -

$$\frac{492 \times 0.95}{f \text{ (Mhz)}} = \frac{468}{f \text{ (Mhz)}}$$

$$\frac{150 \times 0.95}{f \text{ (Mhz)}} = \frac{143}{f \text{ (Mhz)}}$$

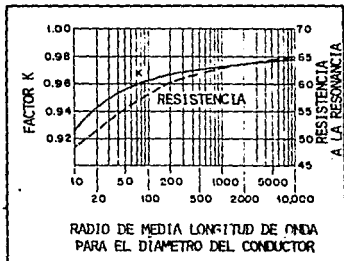
Ejemplo:

Una antena de media onda para 7150 Khz (7.15 Mhz) se obtendrá de:

$$\frac{468}{7.15} = a 65.45$$

pies, o 65 pies 5 pulg. (19.9 m).

Por arriba de 30 Mhz las siguientes fórmulas se deben de usar particularmente para la construcción de antenas de tubo o varilla. La K se toma de la gráfica.



Longitud de la antena de media onda (pies) =

$$\frac{492 \times K}{f \text{ (Mhz)}}$$

$$\text{Longitud (pulg)} = \frac{5905 \times K}{f \text{ (Mhz)}}$$

$$\text{Longitud (m)} = \frac{150 \times K}{f \text{ (Mhz)}}$$

$$\text{Longitud (mm)} = \frac{150,000 \times K}{f \text{ (Mhz)}}$$

Ejemplo:

para encontrar la longitud de una antena de media onda en 28.7 Mhz, la longitud de media onda en espacio se obtiene de:

492

$$\frac{492}{28.7} = 17.14 \text{ pies (5.3 m)}$$

28.7

El radio de media longitud de onda para el diámetro conductor (cambiando la longitud de onda a pulgadas) se obtiene de:

(17.14 x 12)

$$\frac{(17.14 \times 12)}{0.5} = 411$$

0.5

De la gráfica, K = 0.97 para este radio. El largo de la antena de la ecuación será:

(492 x 0.97)

\_\_\_\_\_ = 16.63 pies (5.06 m)

28.7

o 16 pies 7-1/2 pulgadas. La solución se obtiene directamente en pulgadas por sustitución de la ecuación:

(5 905 x 0.97)

\_\_\_\_\_ = 199.6 pulgadas (5.06 m)

28.7

La longitud de una antena de media longitud de onda se afecta también por la proximidad de las puntas del dipolo que estén cerca a objetos conductores o semiconductores.

En la práctica, a menudo es necesario, después de cortar la antena a su largo calculado, realizar algunos experimentos de recortes en el cable. El acortamiento implica obtener una baja relación de ondas estacionarias (r.o.e.). Esto se puede hacer aplicando potencia de r.f. a través de un medidor de r.o.e. y observando la lectura de la potencia reflejada.

Cuando se obtiene la más baja relación (r.o.e.) para la parte deseada de la banda, no quiere decir que la antena sea resonante a esa frecuencia, debido a que el acoplamiento se ha asegurado, el objetivo básico es preparar una antena para su uso.

### 3.4. ANTENAS TIPO YAGI

Una investigación teórica en el caso de tres elementos (director, radiador y reflector) ha indicado una máxima ganancia de más de 7 dB.

Muchas investigaciones experimentales han demostrado que el espaciado óptimo entre el elemento radiador y el reflector es de una región de 0.15 a 0.25 longitud de onda, con 0.2 longitud de onda representando probablemente la mejor elección de todas. Con 0.2 longitud de onda de espaciado de reflector, la variación de ganancia con el director de espaciado no es especialmente crítica, así que la longitud del boom (en el caso de una antena rotatil) puede ser cualquiera entre 0.35 y 0.45 longitudes de onda sin alguna diferencia notable en cuanto a ganancia.

El espaciado ancho de ambos elementos se debe no solamente al resultado de una alta ganancia, sino también al ajuste y entonación; la longitud del elemento es menos crítica y la resistencia de entrada del elemento radiador es más alta que con la de un espaciado corto. Esta consecuencia aumenta en la eficiencia de la antena y logra un ancho de banda lo más grande posible. Sin embargo, el largo total de una antena, director a reflector, de más de 0.3 longitud de onda con frecuencias del orden de los 14 Mhz produce una considerable dificultad para construirla.

Las longitudes de 0.25 a 0.3 longitudes de onda son por lo tanto

frecuentemente usadas para esta banda, aunque no sean óptimas. En general, la ganancia de la antena cae menos rápidamente cuando la longitud del reflector se incrementa más allá del valor óptimo, lo cual origina correspondientemente una disminución por debajo del valor óptimo.

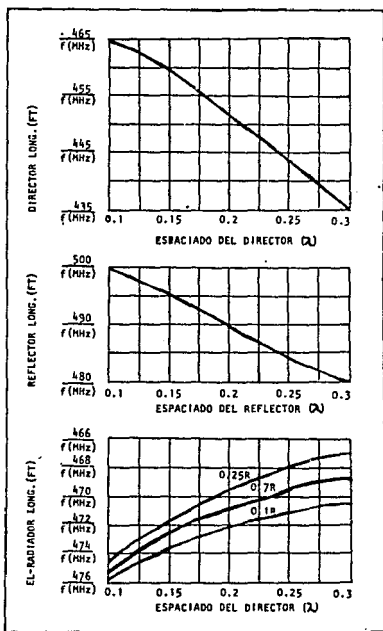
Lo opuesto sucede con un director.

Por consiguiente, se puede experimentar, si es necesario, en el lado largo del reflector y en el lado corto del director.

Esto también tiende a hacer que el funcionamiento de la antena sea menos dependiente en la frecuencia exacta a la cual se opera, porque un incremento por arriba de la frecuencia designada tiene el mismo efecto, como incrementar el largo de ambos elementos parásitos, cuando una disminución de frecuencia tiene el mismo efecto, como el de acortar ambos elementos.

Haciendo que el director sea corto y el reflector largo, habrá un gran esparcimiento entre las frecuencias altas y bajas, en las cuales la ganancia empieza a mostrar un rápido decremento.

Cuando se ha decidido el largo, el largo de los elementos puede encontrarse según la gráfica correspondiente.





Las longitudes determinadas por estas gráficas varían engañosamente en su práctica con el diámetro del elemento y el método para soportar los elementos. La entonación del radiador debe siempre revisarse después de la instalación.

Sin embargo, las longitudes obtenidas del uso de estas gráficas son casi correctas, prácticamente en todos los casos, y se pueden usar sin revisar el radiador cuando su acceso es difícil.

### 3.5. ANTENAS VERTICALES

Con este tipo de antena es posible obtener un bajo ángulo de radiación para ondas terrestres y comunicación a gran distancia.

Adicionalmente, el espacio que ocupan las antenas verticales es relativamente pequeño. Su principal limitación en el funcionamiento es su patrón omnidireccional; ésto significa que el ruido no podrá ser anulado de aquellas direcciones en las cuales no estamos interesados en un momento dado. Una excepción sería, por supuesto, que se colocasen formaciones en fase de elementos verticales. A pesar de la limitación de un único elemento vertical con una pantalla de tierra o un sistema de radiales, es una antena muy sencilla en su diseño.

La mayoría de sus diseños usan  $1/4$  de longitud de onda para el elemento excitado. Sin embargo se obtienen buenos resultados y bajos ángulos de radiación usando  $3/8$  o  $1/2$  de longitud de onda en la vertical.

### 3.6. ANTENAS CON BOBINAS

La función de las bobinas dentro de las antenas es de hacer resonar la energía de una banda a otra inferior a ella.

Cuando la antena tiene toda una onda completa o es de media onda, toda la energía de la radiofrecuencia se distribuye a lo largo de la antena.

La bobina se entona al operar una banda inferior como un circuito paralelo resonante. En la frecuencia más baja separa la punta de la sección de la antena de su sección más cercana al punto de alimentación porque presenta una impedancia más alta para la banda más baja. Generalmente, la bobina inductora y el capacitor tienen una reactancia equivalente de 100 a 300 ohms.

La bobina se diseña y preajusta aparte de la antena, y deberá ser resonante en el centro de la porción de la banda de operación.

Por ejemplo, para la parte central de la banda de 15 metros entre 21,000 y 21,100 KHz, la bobina deberá ser ajustada en 21,050 KHz. La operación multibanda para tres o cuatro bandas se puede utilizar con la cantidad apropiada de bobinas y secciones de tubo correspondientes.

La sección más alejada de la frecuencia estará siempre más cerca del punto de alimentación de la antena, y la sección más cercana estará siempre más lejana del punto de alimentación.

Conforme la frecuencia de operación baje progresivamente, más bobinas y más tubos se convierten en partes fundamentales de la antena.

La bobina del capacitor debe tener una capacidad para soportar el voltaje de radio frecuencia (r.f.) en la antena y ésta depende de la potencia de operación del transmisor. Los capacitores de cerámica para muchos niveles de potencia van de rangos desde 5,000 a 10,000 volts.

### 3.7. ANTENAS COLINEALES

Este tipo de antena posee principalmente una amplia respuesta de frecuencia y esto facilita la cobertura entera de toda una banda. Esta tolerancia hace que una antena colineal sea fácil de ajustar para las aplicaciones de maf y su uso con gran cantidad de elementos excitados en fase es muy común, tales como los que se requieren para la comunicación de rebote lunar (EME).

#### 3.7.1. ELEMENTOS COLINEALES DE LARGA FORMACION

Se ubican en cortinas bidireccionales de elementos de cuatro, seis y ocho medias-ondas en fase. Usualmente, los elementos del reflector se adicionan normalmente a 0.2 longitudes de onda atrás de cada elemento excitado, para mayor ganancia y para un patrón unidireccional.

Cuando los elementos parásitos se adicionan, la impedancia de alimentación es lo suficientemente baja para una conexión directa para abrir la línea o duplicar su conducción, conectados en sus propios puntos. Con una línea coaxial y un transformador de

simetría de tipo acoplador universal, se le puede acoplar.

Todos los elementos están montados en sus centros eléctricos, donde el voltaje de radiofrecuencia r.f. es cero.

Las antenas colineales tienen 32, 48, 64 y aún más de 128 elementos para un buen desempeño y están alimentados en el centro del sistema para una distribución de corriente balanceada. Esto es muy importante para formaciones largas, porque están formados de juegos de seis u ocho elementos excitados cada uno y son alimentados a través de un arnés balanceado, cada sección con una longitud de resonancia en donde generalmente se utiliza un cable desnudo. Como ejemplo, podemos citar una antena de 48 elementos colineales para 432 MHz.

Su plano de reflexión deberá estar extendido por todos los lados, cuando menos un cuarto de longitud de onda por detrás del área que ocupan los elementos excitados. Este plano de reflexión provee un alto ratio de relación 'delante-atrás', con un patrón claro y con mucha ganancia para los elementos parásitos.

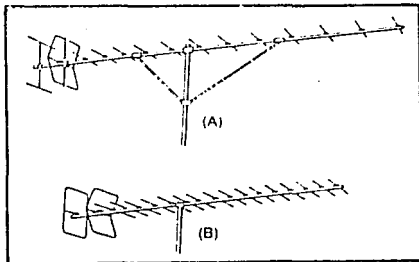
### 3.8. ANTENAS PARARRAYO

Ofreciendo una alta ganancia y un gran ancho de banda, están diseñadas para ser utilizadas en 144, 220, 4322 y 1296 MHz. El pararrayo utiliza un "armazón entallado o hendido", un radiador y un reflector y emplea a varios directores convencionales parásitos, tipo Yagi.

El pararrayo de 2 metros que se muestra en la fig. ha logrado una ganancia de 15 dB y un ancho de rayo de media potencia horizontal de 24°.

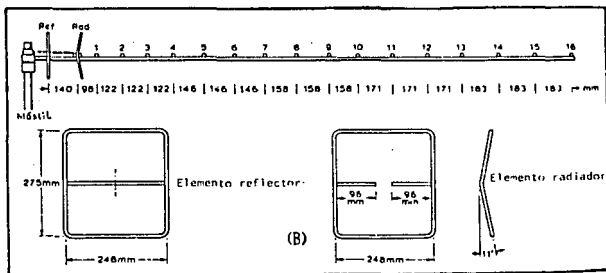
En la fig. se muestra también un pararrayo de 432-MHz con una ganancia de 17 dB acomodado a lo largo con un rayo de media potencia de ancho de 28°. El reflector de 432 MHz consiste en un par de elementos unidos de media longitud de onda para formar un loop completo de una longitud de onda. Los anchos de banda están por el orden del 20 por ciento de la frecuencia entre 2:1 R.O.E. de puntos en su curvatura.

Los detalles del armazón entallado del elemento excitado se muestran en la fig. Se puede observar que tiene una inclinación de 11°. De acuerdo con el diseño, esto es necesario para obtener un óptimo "lanzamiento" a través de los directores parásitos. La impedancia de alimentación para estas Yagis está por el orden de 280 a 300 ohms. Un balun (transformador de simetría) de 4:1 se puede usar para dar un acomplamiento de 75 ohms en la línea de transmisión.



ANTENA PARARRAYO PARA 2-METROS (A)

Y LA VERSION PARA 432-MHz (B)



### 3.9. ANTENAS PARABOLICAS

Cuando una antena se coloca en el punto de foco de un reflector parabólico es posible obtener una ganancia considerable. Más aun, el ancho de la energía radiada de la antena será muy angosto, dando a toda la energía del elemento excitado una dirección delantera del punto focal del reflector.

Cuando la radiofrecuencia es aplicada se afecta la radiación uniforme de la paraboloide. El ancho angular de la onda radiada se basa en el diámetro del reflector parabólico  $\lambda$ .

Una aproximación cercana se puede obtener de:

$$\theta = \frac{58}{\lambda}$$

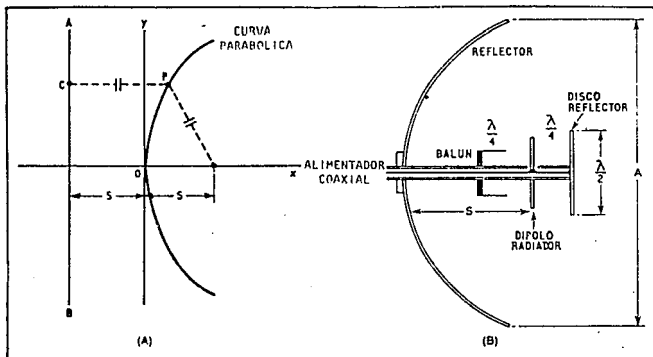
donde  $\lambda$  está expresada en longitudes de onda. En la fig. se muestra una forma de una curva parabólica y un diagrama detallado del sistema, mostrando la dimensión  $\lambda$ .

La malla de alambre con espaciado cercano se puede usar a través de 1296 MHz con buenos resultados, cuya curvatura se consigue a través de:

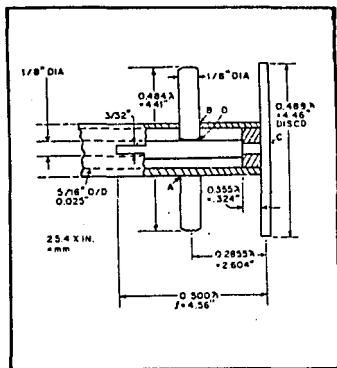
$$Y^2 = 4SX$$

La ganancia será una función del diámetro del plato y de su radiación del punto de alimentación. En un diseño clásico no habrá radiación del sistema de alimentación. Tal "derramamiento" causaría una pérdida de ganancia.

En la fig. se muestran los detalles para un sistema de excitación simétrica de un reflector parabólico para 1296 MHz.







## **CAPITULO IV**

### **LA EXPLOTACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO**

#### 4.1. EL ESPECTRO RADIOELECTRICO

Es un recurso natural que se utiliza y no se consume, y que se desperdicia cuando no se usa.

Este recurso tiene dimensiones de espacio, tiempo y frecuencia, estando interrelacionadas las tres.

Es un recurso internacional disponible para todos.

Ningún país puede trabajar solamente con arreglo a su propio sistema de atribución de frecuencias.

Existe la misma probabilidad de que se cause interferencia inadvertidamente a las asignaciones de frecuencias de un país limitrofe, o que sufra interferencia del mismo modo.

Las ondas electromagnéticas, al ser emitidas:

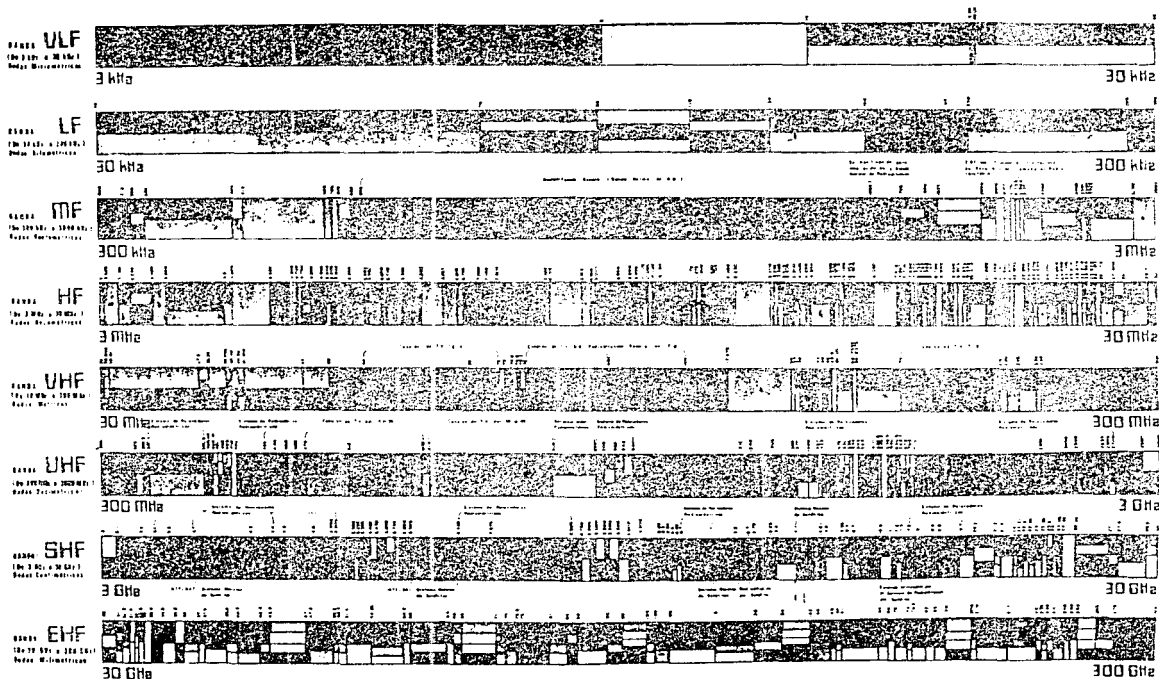
- no reconocen límites geográficos
- ni fronteras políticas.

##### 4.1.1. PRINCIPALES ACTIVIDADES DE LA GESTION DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS RADIOELECTRICAS

- Elaborar los reglamentos nacionales y dictar las políticas nacionales de operación eficaz del espectro radioeléctrico sobre las bases de las prioridades internas del país.
- Planificar, asignar y registrar el uso del espectro de frecuencias radioeléctricas y realizar las coordinaciones necesarias, tanto a nivel nacional como internacional.
- Supervisar y detectar las irregularidades en el uso del



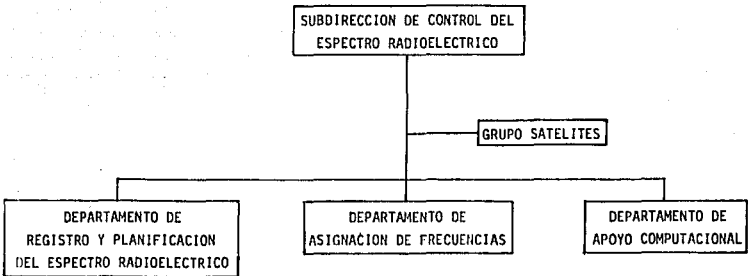
# ESPECTRO RADIOELECTRICO EN MEXICO



## CLASIFICACION DE LOS SERVICIOS

- FIAN
- FIAN POR SATELITE
- MOTO
- MOTO POR SATELITE
- CASQUETTES
- ASIGNACION POR SATELITE
- MOTO MARITIMO
- MOTO MARITIMO POR SATELITE
- MOTO AERONAUTICO
- MOTO AERONAUTICO POR SATELITE
- MOTO TELEFONIA
- RADIOBREVES
- RADIOBREVES POR SATELITE
- RADIOBREVES MARITIMO
- RADIOBREVES MARITIMO POR SATELITE
- RADIOBREVES AERONAUTICO
- RADIOBREVES AERONAUTICO POR SATELITE
- TELEFONIA
- TELEFONIA POR SATELITE
- TELEFONIA MARITIMO
- TELEFONIA MARITIMO POR SATELITE
- TELEFONIA AERONAUTICA
- TELEFONIA AERONAUTICA POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE
- TELEFONIA DE DATOS POR SATELITE

101



LA PLANIFICACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

PROBLEMAS DE SATURACION DE BANDAS DE FRECUENCIAS RADIOELECTRICAS

SOLICITUDES DE ASIGNACION DE FRECUENCIAS Y/O HOMOLOGACION DE EQUIPO PARA OPERAR EN BANDAS NO ABIERTAS EN MEXICO

NUEVA TECNOLOGIA VIA UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES INDUSTRIA NACIONAL INDUSTRIA INTERNACIONAL U OTRAS ADMINISTRACIONES

REQUERIMIENTOS DE PLANIFICACION

ANALISIS DE CARACTERISTICAS Y DISPOSICIONES TECNICAS Y ADMINISTRATIVAS ADOPTADAS INTERNACIONALMENTE

- \* COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES
- \* REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES
- \* REGLAMENTOS DE OTROS PAISES

ANALISIS DE INFORMACION DE EMPRESAS NACIONALES SOBRE EQUIPOS ACTUALES Y PROYECTADOS

ANALISIS DE OTRAS BANDAS NORMALIZADAS Y NO NORMALIZADAS

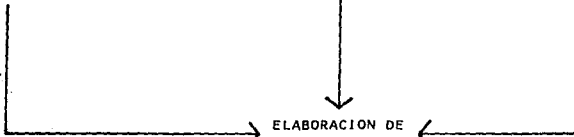
ANALISIS DE POSIBLES MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES, COMO MEDIO PARA SATISFACER EL REQUERIMIENTO Y OPTIMIZAR EL USO DE BANDAS NO UTILIZADAS AMPLIAMENTE

ELABORACION DE ANTEPROYECTO

CONFERENCIAS ADMINISTRATIVAS MUNDIALES DE RADIOCOMUNICACIONES (U.I.T.)

ARMONIZAR EL ANTEPROYECTO CON LAS DIVERSAS OPINIONES RECIBIDAS DE LA INDUSTRIA NACIONAL Y DE OTRAS DEPENDENCIAS DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SE ESTABLECE NORMA DE EMISION Y PLAN DE FRECUENCIAS



espectro y adoptar las medidas correctivas necesarias.

- Resolver los casos de interferencia perjudicial.
- Promover y salvaguardar los intereses nacionales en las conferencias y reuniones internacionales.
- Realizar las tareas esenciales para el cumplimiento del convenio internacional de telecomunicaciones y de su reglamento de radiocomunicaciones anexo, y de los tratados bilaterales y multilaterales con los países vecinos.

#### 4.1.2. OBJETIVOS DE LA GESTION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

- El que nuestro país ejerza su derecho soberano de regular el uso del espectro de frecuencias radioeléctricas dentro de su territorio.
- Asegurar la disponibilidad de frecuencias radioeléctricas para el desarrollo y uso ordenado de los servicios radioeléctricos del país.
- Cumplir con las obligaciones derivadas de los convenios internacionales, de los que México forma parte.

#### 4.2. ATRIBUCION DE BANDAS DE FRECUENCIAS

BANDA: VLF

(DE 3 KHZ A 30 KHZ)

Ondas miriamétricas



BANDA: LF

(DE 30 KHZ A 300 KHZ)

Ondas kilométricas

BANDA: MF

(DE 300 KHZ A 3,000 KHZ)

Ondas hectométricas

BANDA: HF

(DE 3 MHZ A 30 MHZ)

Ondas decamétricas

BANDA: VHF

(DE 30 MHZ A 300 MHZ)

Ondas métricas

BANDA UHF:

(DE 300 MHZ A 3,000 MHZ)

Ondas decimétricas

BANDA: SHF

(DE 3 GHZ A 30 GHZ)

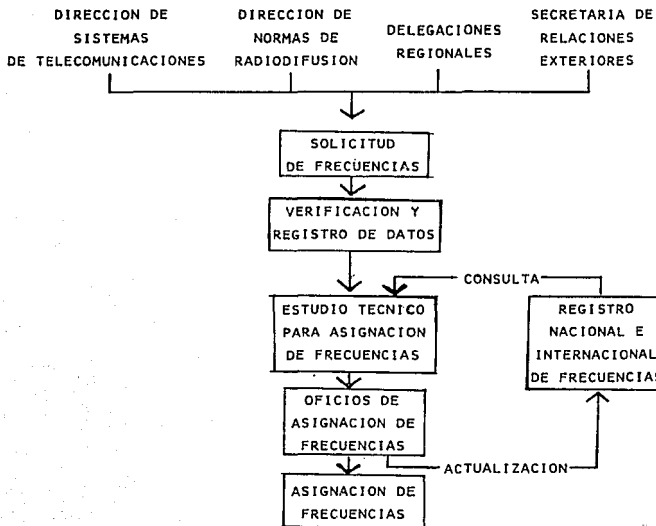
Ondas centimétricas

BANDA: EHF

(DE 30 GHZ A 300 GHZ)

Ondas milimétricas

FLUJO SIMPLIFICADO DE ASIGNACION DE FRECUENCIAS



#### 4.2.1. PLANIFICACION DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACION

##### SERVICIOS DE MICROONDAS

###### PLANIFICADOS

- 1- En la banda 14,500 - 15,350 MHZ
  - Enlaces multicanales para voz y datos
  - Baja, mediana y alta capacidad 2, 8, 34 y 140 Mb/s.
  
- 2- En la banda 17,700 - 19,700 MHZ
  - Enlaces multicanales para voz y datos
  - Baja, mediana y alta capacidad 2, 8, 34 y 140 Mb/s.
  
- 3- En la banda 21,000 - 23,000 MHZ
  - Enlaces multicanales para voz y datos
  - Baja y mediana capacidad 2, 8, y 34 Mb/s.
  - Enlaces de televisión punto a punto (analógicos).

##### SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS

###### PLANIFICADOS

- 1- Bandas de 220 - 225 MHZ
  - Segmentos atribuidos en exclusiva al servicio de radioaficionados:
    - 222.9625 - 223.4875 MHZ
    - 224.5625 - 224.9875 MHZ

- Total de canales
  - 17 duplex (radiotelefonía)
  - 4 simplex (radiotelefonía)

2- Banda de 430 - 440 MHZ

- Segmentos atribuidos a título secundario a servicio de radioaficionados:
  - 433.0125 - 433.9875 MHZ
  - 438.0125 - 438.2875 MHZ
- Total de canales
  - 11 duplex (telefonía)
  - 28 simplex (telefonía)
- Para comunicados por satélite:
  - 435 - 438 MHZ

SERVICIOS DE RADIOTELEFONIA TRONCAL (TRUNKING)

PLANIFICADOS

- 1- En la banda 440 - 450 MHZ
  - 28 pares de frecuencias
  - Tres (3) concesionarias promedio por ciudad y área conurbada sin enlace a la red telefónica.
  
- 2- En la banda 806 - 890 MHZ
  - 200 pares de frecuencias
  - Diez (10) concesionarias promedio sin enlace a la red telefónica pública.

## EN PLANEACION

1- En la banda 430 - 440 MHZ

- 128 pares de frecuencias de 1 a 8 concesionarias o permisionarios.

2- En la banda 806 - 890 MHZ

- 60 pares de frecuencias de 3 a 6 permisionarios de redes privadas sin enlace a la red telefónica pública.

### 4.3. LOS MODOS DE EMISION

#### 4.3.1. RADIODIFUSION

AM (Amplitud Modulada) Banda actual 535 - 1,605 KHZ

- Normas técnicas nacionales
- Convenio bilateral con los EUA
- Convenio regional

Banda ampliada 1,605 - 1,705 KHZ

- Convenio regional

En la banda ampliada se requiere concertar convenios con los EUA y con los países de Centroamérica.

FM (Frecuencia Modulada) 88 - 108 MHz

- Normas técnicas nacionales
- Convenio bilateral con los EUA

TV (Televisión) VHF Canales bajos - 2, 3, 4, 5 y 6 (54 - 88 MHz)

Canales altos - 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13

(174 - 216 MHz)

UHF Canales del 20 al 69 (512 - 706 MHz)

Se aplican normas técnicas nacionales y en la franja fronteriza norte, las normas contenidas en los convenios con los EUA.

OC (Onda corta) 3 - 30 MHz, poco utilizada, se aplican normas internacionales.

4.3.2. ASIGNACION DE FRECUENCIAS PARA EL SERVICIO FIJO  
MULTICANAL DE BAJA, MEDIANA Y ALTA CAPACIDAD,  
(RELEVADORES RADIOELECTRICOS).

335.4 - 399.9 MHz - Sistemas analógicos capacidad 72 canales

406.1 - 430 MHz - Monocanal multiacceso y multicanal hasta  
72 canales.

890 - 960 MHZ - Sistemas analógicos capacidad 120 canales

1.429 - 1.525 MHZ - Sistemas analógicos capacidad 120 canales

1.700 - 2.300 MHZ - Sistemas digitales baja, mediana y alta  
(2, 8 y 34 MBITIOS/SEG)

2.300 - 2.450 MHZ - Sistemas analógicos capacidad 120 canales

\*2.500 - 2.700 MHZ - Sistemas digitales (2, 8 y 34 M/s)  
compartida con sistemas de señales  
restringidas de TV.

3.700 - 4.200 MHZ - Sistemas analógicos alta capacidad  
(1.800 canales).

6.460 - 7.080 MHZ - Sistemas digitales alta capacidad 140 M/s.

10.700 - 11.700 MHZ - Sistemas digitales alta capacidad 140 M/s.

12.700 - 13.100 MHZ - Sistemas digitales baja velocidad 2 M/s  
(compartida con sistemas de enlace estudios  
planta de estaciones de TV).

14.500 - 15.350 MHZ - Sistemas digitales baja y mediana capacidad

\* En esta banda de frecuencias, los sistemas de señales restringidas se asignan exclusivamente para las ciudades y zonas conurbadas y los sistemas de microondas para comunicación rural.

**\*\*18,585 - 19,265 MHZ - Sistemas digitales baja y mediana capacidad (esta banda es utilizada en la frontera para los enlaces solicitados por las maquiladoras).**

**21,800 - 23,600 MHZ - Sistemas digitales baja, mediana y alta.**

**\*\* Esta banda de frecuencias es altamente utilizada en la frontera norte y se coordina su utilización con los Estados Unidos.**

**4.3.3. ASIGNACION DE FRECUENCIAS PARA EL SERVICIO  
RADIOTELEFONICO PRIVADO, PÚBLICO Y ESPECIALES**

**7 - 30 MHZ Privado: larga distancia, simplex, repetidor.**

**30 - 50 MHZ**

**72 - 73 MHZ**

**148 - 174 MHZ Público: portadora común, localización de**

**440 - 470 MHZ personas, música continua, móvil**

**\*470 - 512 MHZ celular, sistemas troncales.**

**\*806 - 890 MHZ**

**\* Existe convenio con los EUA**

**Móvil terrestre**



148 - 174 MHZ	Especiales: dispositivos de telemedida.
216 - 240 MHZ	micrófonos inalámbricos, enlaces
243 - 251 MHZ	estudio-planta, control remoto.
251 - 311 MHZ	enlaces de TV cable, búsqueda de personal.

Las bandas de frecuencia de 148 - 174 y 450 - 470 MHZ se encuentran saturadas en el D.F. y algunas ciudades del país.

#### 4.3.4. CLASIFICACION DE LOS SERVICIOS

JULIO, 1985

FIJO  
FIJO POR SATELITE  
MOVIL  
MOVIL POR SATELITE  
RADIODIFUSION  
RADIODIFUSION POR SATELITE  
MOVIL MARITIMO  
MOVIL MARITIMO POR SATELITE  
MOVIL AERONAUTICO  
MOVIL AERONAUTICO POR SATELITE  
MOVIL TERRESTRE  
RADIOASTRONOMIA  
RADIONAVEGACION

RADIONAVEGACION POR SATELITE  
RADIONAVEGACION MARITIMA  
RADIONAVEGACION MARITIMA POR SATELITE  
RADIONAVEGACION AERONAUTICA  
RADIONAVEGACION AERONAUTICA POR SATELITE  
AFICIONADOS  
AFICIONADOS POR SATELITE  
RADIOLOCALIZACION  
AYUDAS A LA METERELOGIA  
METERELOGIA POR SATELITE  
FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS  
FRECUENCIAS PATRON Y SEÑALES HORARIAS POR SATELITE  
OPERACIONES ESPACIALES  
INVESTIGACION ESPACIAL  
EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE  
ENTRE SATELITES  
NO ATRIBUIDO

#### 4.4. LA INDUSTRIA DE LAS TELECOMUNICACIONES

##### 4.4.1. FORMULACION Y PRESENTACION DE SOLICITUDES PARA:

INSTALAR, OPERAR Y EXPLOTAR EL SERVICIO RADIOELECTRICO  
DISPOSICIONES GENERALES:

##### 1- REQUERIMIENTOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SOLICITANTES

a) Podrán presentar solicitudes las personas físicas o morales de nacionalidad mexicana que reúnan los requisitos a que se refiere

el Artículo 12 de la Ley de Vías Generales de Comunicación y 13 del Reglamento de Telecomunicaciones; en caso de sociedades mercantiles. la participación de capital extranjero no podrá ser mayor al 49% (CUARENTA Y NUEVE POR CIENTO).

b) Las sociedades deberán comprender en su objeto social la instalación, operación y explotación del servicio radioeléctrico.

c) La sociedad solicitante deberá contar con un capital social mínimo, por la cantidad que determine la Secretaría y estará en función de la dimensión del proyecto, el cual deberá estar suscrito y pagado al momento en que se otorgue el título de concesión.

## **2- PRESENTACION Y CONTENIDO DE LAS SOLICITUDES**

Los interesados presentarán para su evaluación, la solicitud del proyecto para la prestación del servicio, en original y duplicado, en carpetas idénticas, individualizadas, foliadas, en las que se incluyan los siguientes rubros:

**ANTECEDENTES Y CAPACIDAD JURIDICA, EMPRESARIAL, TECNICA Y ECONOMICA DEL SOLICITANTE**

**PROYECTO PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO RADIOELECTRICO**

- a) Características generales y tecnológicas del proyecto.
- b) Cronograma de instalación de la infraestructura y compromisos de capacidad mínima de conexión de usuarios.

- c) Análisis de mercado y estrategias de operación y comercialización para expandir el servicio.
- d) Propuesta de niveles tarifarios.
- e) Plan económico-financiero para instrumentar el proyecto.

PARTICIPACION ECONOMICA AL GOBIERNO FEDERAL EN LOS TERMINOS DEL ARTICULO 110 DE LA LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION.

#### RESUMEN EJECUTIVO

##### 3- RECEPCION DE SOLICITUDES

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes recibirá de los interesados las solicitudes de concesión y los documentos señalados, en las Oficinas del Director General de Políticas y Normas de Comunicaciones, ubicadas en el 2o. Piso del Anexo "B" de la Torre Central de Telecomunicaciones, en Av. Lázaro Cárdenas No. 567, Col. Narvarte, C.P. 03028.

Las solicitudes que no contengan todos los documentos o hayan omitido condición o forma de presentación, serán desechadas y devueltas a los interesados.

##### 4- RESOLUCION Y PUBLICACION

La Secretaría otorgará, previo cumplimiento de los requisitos de la Ley, las concesiones a las personas que en función del interés

público, satisfagan los requisitos que se establecen.

Durante el proceso de evaluación, la Secretaría podrá solicitar a los interesados, las aclaraciones, datos y explicaciones que estime necesario con relación a sus solicitudes.

Los solicitantes que continúen el trámite procederán a publicar su solicitud en el Diario Oficial de la Federación y en uno de los periódicos de mayor circulación, en los términos y para los efectos señalados en el Artículo 15 de la Ley de Vías Generales de Comunicación y 17 del Reglamento de Telecomunicaciones.

#### 5- GARANTIAS

Para garantizar la continuidad de los trámites de la solicitud de concesión, se acompañará a la misma con una póliza de fianza expedida por la institución debidamente autorizada, cuyo monto lo determinará la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en función de la dimensión del proyecto, la que será devuelta a los interesados, de no resultar favorable la evaluación de su solicitud. Dicha póliza de fianza deberá estar requisitada de conformidad al formato que se adjunta.

Esta garantía permanecerá vigente hasta en tanto el interesado exhiba la correspondiente al cumplimiento de las obligaciones derivadas de la concesión, en caso de que ésta se otorgue.

Las garantías deberán ser mantenidas hasta el otorgamiento de la concesión. El abandono del trámite ocasionará la pérdida de la garantía, en favor del Erario Federal.

Los solicitantes que continúan el procedimiento concesionario, deberán de garantizar el cumplimiento de las obligaciones que les imponga el título de concesión por la explotación del servicio, mediante la constitución de una fianza, cuyo monto lo determinará la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en función de la dimensión del proyecto.

#### 4.4.2. ANTECEDENTES Y CAPACIDAD JURIDICA. EMPRESARIAL. TECNICA Y ECONOMICA DEL SOLICITANTE

##### 1- PERSONALIDAD Y CAPACIDAD JURIDICA DEL SOLICITANTE Y DE SU REPRESENTANTE LEGAL

- a) Si se trata de personas físicas, acreditarán su personalidad con copia certificada de su acta de nacimiento y en el caso de personas morales, con testimonio de su escritura constitutiva, que esté debidamente inscrita en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio, en original o fotocopia certificada por Notario Público.
- b) Los estatutos de las sociedades legalmente constituidas contendrán:
  - Que la sociedad revista la forma legal de sociedad anónima.
  - Que el objeto principal de la sociedad sea instalar, operar y explotar el servicio radioeléctrico que concesione la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
  - Que la Nacionalidad de la Sociedad sea Mexicana y por lo tanto,

estará sujeta a la Legislación Mexicana y a la Jurisdicción de los Tribunales de los Estados Unidos Mexicanos. Las personas físicas o morales extranjeras que participaren en el capital de la sociedad concesionaria, deberán aceptar expresamente, considerarse como nacionales respecto de dicha participación y no invocar la protección de su Gobierno por lo que se refiere a sus inversiones bajo pena, en caso de incumplimiento de dicha estipulación, de perder su participación en beneficio de la Nación Mexicana.

- Que el domicilio de la sociedad sea en el Territorio Mexicano.
  - Que la duración de la sociedad sea cuando menos, acorde con el plazo de la concesión que en su caso se otorgue.
  - Que las acciones representativas del capital social de la empresa sean siempre nominativas.
  - Asimismo, se hará mención expresa, en su caso, de la parte de capital social a suscribir por personas físicas o jurídicas de nacional extranjera o de nacionalidad mexicana residentes o domiciliadas fuera de México.
  - La participación extranjera en el capital de la empresa no podrá exceder del 49%.
- La sociedad deberá acreditar respecto de sus socios, lo siguiente:
- Apellidos y nombres completos.
  - Actas de Nacimiento en original o fotocopias certificadas por Notario Público.

- Documentos de identidad.

- Domicilio legal constituido para los efectos de la solicitud.

- Curriculum Vitae.

c) Los representantes legales de sociedades, deberán acompañar, además de lo indicado en este Artículo, copia del instrumento de designación de tal carácter certificado por Notario Público.

## 2- CAPACIDAD EMPRESARIAL

Los solicitantes deberán de mostrar experiencia empresarial en la producción de bienes y servicios con documentación fehaciente que acredite la capacidad de la sociedad que solicita o la de sus integrantes o socios.

Los solicitantes deberán presentar documentación fehaciente de su participación en empresas o actividades empresariales, por sector económico, ya sea en el país o en el extranjero, incluyendo datos básicos de las características de dichas empresas.

## 3- CAPACIDAD ECONOMICA

El solicitante deberá presentar:

a) Fotocopias certificadas de los balances correspondientes a los 5 últimos ejercicios.

b) Estado de origen de aplicación de fondos correspondientes al último periodo por el cual se acompañan los estados contables respectivos, referencias bancarias y demás información de carácter financiero que facilite su evaluación.



En caso de que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes lo considere necesario, deberá acompañar los estados contables, por igual periodo, de sus integrantes o socios o, la o las personas jurídicas que directa o indirectamente controlen a éstos.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes podrá pedir al solicitante información adicional sobre sus aspectos económicos, financieros y de servicios que se consideren pertinentes.

La sociedad solicitante deberá cumplir con un capital social mínimo, por la cantidad que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y estará en función de la dimensión del proyecto, el cual deberá estar suscrito y pagado en el momento en que se otorgue el título de concesión.

#### 4- CAPACIDAD TECNICA

El solicitante deberá mostrar que cuenta con la asistencia técnica necesaria para prestar el servicio radioeléctrico o, en su caso, que sus integrantes o socios cuentan con experiencia técnica en la instalación, operación y explotación del servicio. Para el efecto anterior, el solicitante presentará en idioma español las pruebas documentales siguientes:

a) Constancias, currícula y otros documentos debidamente certificados por organismos públicos y privados competentes, con indicación de la calidad de prestación y de la calificación mínima satisfactoria en la explotación de los servicios en los cuales está involucrado el solicitante, sus integrantes o socios.

o la empresa que le proporcionará asistencia pública.

b) Listado de los servicios y actividades de telecomunicaciones de relevancia en los que el solicitante, sus integrantes o socios, o la empresa que le proporcionará asistencia técnica, hayan participado directa o indirectamente en los últimos 5 años, indicando todos aquellos datos que permitan la evaluación de la experiencia del solicitante.

#### 4.4.3. PROYECTO PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO RADIOELECTRICO

##### 1- CARACTERISTICAS GENERALES Y TECNOLOGICAS DEL PROYECTO

El solicitante deberá desarrollar y precisar en su proyecto los siguientes puntos:

##### A) PROYECTO TECNICO

A.1- Descripción de los equipos y elementos principales que constituirán la red, especificando marca y modelo, incluyendo características técnicas y manual de operación, señalando capacidad en cuanto a número de canales y usuarios.

A.2- Ubicación tentativa de la(s) estación(es) central(es) o repetidores, indicando domicilio y coordenadas geográficas.

A.3- Predicción del área de cubrimiento para cada estación central o repetidora, limitada por el valor de intensidad de campo de 43 o 40 dBu, debiendo presentar los métodos de cálculo e

información de ingeniería, utilizados para la determinación del área de cubrimiento.

Asimismo, deberá remitir un mapa de la zona a servir, con los máximos detalles, que contenga los contornos calculados del área de cubrimiento y que incluya la siguiente información:

- a) Nombre o razón social del solicitante.
- b) Ubicación tentativa de la(s) antena(s) y la(s) estación(es) central(es).
- c) Escala del mapa representado.

A.4- Programa que especifique el número de frecuencias requeridas para implementar el proyecto, debiendo ser coherente con el cronograma de instalación de la infraestructura, compromisos de capacidad mínima de conexión de usuarios y el análisis de mercado.

#### **B) CARACTERISTICAS TECNICAS**

Los sistemas empleados para la prestación del servicio deberán operar bajo las características técnicas que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Asimismo, el servicio deberá ajustarse a las modificaciones o nuevas normas que establezca la propia Secretaría.

#### **C) MODERNIZACION**

Los sistemas que se instalen deberán utilizar la tecnología más avanzada que se aplique en países líderes, buscando con esto el

mejor aprovechamiento de las frecuencias autorizadas, así como una mejor calidad del servicio.

**D) ENLACES DE LA RED**

El solicitante deberá presentar su proyecto de infraestructura de los enlaces que requiera para conducir las señales de comunicación, control y supervisión de la red.

**E) CONEXION DE EQUIPOS TERMINALES DE USUARIOS**

"La Concesionaria" deberá proporcionar el servicio por medio de cualquier equipo terminal del usuario homologado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y no deberá exigir al usuario la compra del equipo, otros bienes o servicios, como condición para proporcionar el servicio solicitado.

**2- CRONOGRAMA DE INSTALACION DE LA INFRAESTRUCTURA Y COMPROMISOS DE CAPACIDAD MINIMA DE CONEXION DE USUARIOS PARA LOS PRIMEROS CINCO ANOS Y EL PERIODO DE CONCESION**

El solicitante presentará el cronograma de expansión del proyecto técnico para los 15 años de concesión, el cual será detallado trimestralmente para los primeros dos años, anualmente del año tres al cinco y quinquenalmente para el resto del periodo.

El citado programa deberá contener los siguientes elementos referidos a las distintas etapas en que se proponga realizar la instalación en su totalidad:

- a) Plazo para la iniciación de la instalación.
- b) Plazo de terminación por etapa.
- c) Plazo para la apertura del servicio.

**3- ANALISIS DE MERCADO Y ESTRATEGIAS DE OPERACION Y COMERCIALIZACION PARA EXPANDIR EL SERVICIO**

**A) ANALISIS DEL MERCADO**

El solicitante presentará un estudio de mercado del servicio incorporando los elementos siguientes:

- a) Servicio y nombre de la empresa.
- b) Organización empresarial.
  - b.1- Estructura del capital social  
(Monto y participación de los socios)
  - b.2- Capacidad financiera y tecnológica  
(Referencia).
- c) Ubicación y área de cobertura
  - c.1- Localidades
  - c.2- Carreteras
  - c.3- Comunidades rurales
  - c.4- Proyecto de expansión.
- d) Perfil del usuario
  - d.1- Características generales del usuario potencial
  - d.2- Análisis sectorial. Actividades económico-sociales susceptibles de ser atendidas
  - d.3- Capacidad económica del usuario potencial medida en salarios mínimos

d.4- Otras características a especificar.

**e) Evaluación del mercado**

e.1- Análisis económico sectorial y expectativas

e.2- Estructura del ingreso de la región o zona a servir

e.3- Cuantificación del mercado potencial presentado anualmente para los próximos cinco años y quinquenalmente para el resto del periodo de concesión

e.4- Estimación de usuarios. Grado de penetración dentro de dicho mercado potencial en forma anual y dentro de un periodo de cinco años y quinquenalmente para el resto del periodo de concesión.

Es necesario que se especifiquen los supuestos considerados, describiendo detalladamente el método utilizado, presentando los resultados debidamente documentados.

**B) ESTRATEGIAS DE OPERACION Y COMERCIALIZACION**

El solicitante deberá contemplar dentro de sus estrategias de operación y comercialización, los siguientes puntos:

a) Criterios de establecimiento y evaluación de la calidad del servicio.

b) Sistemas de mantenimiento de sus instalaciones.

c) Cobertura de las áreas concesionadas.

d) Competitividad del servicio respecto a servicios sustitutivos existentes o similares.

e) Planes promocionales.

- f) Políticas de comercialización en donde se incorporen descuentos en horas no pico, fines de semana y servicios especiales.
- g) Paquetes de contratación que presenten diversas alternativas de cobro y que permitan absorber el mayor número de usuarios en el menor plazo posible.
- h) Sistema de facturación propuesto para intercomunicación entre un mismo grupo de usuarios del sistema y para comunicaciones de los usuarios del sistema que cuenten con la posibilidad de conectarse a la red telefónica pública.
- i) Otras estrategias de comercialización.

#### 4- PROPUESTA DE NIVELES TARIFARIOS

El solicitante deberá presentar su propuesta tarifaria, considerando los niveles que rigen internacionalmente, señalando cuota básica mensual, cobro por concepto de reanudación del servicio, etc.

#### 5- PLAN ECONOMICO-FINANCIERO PARA INSTRUMENTAR EL PROYECTO

El plan económico-financiero del solicitante, incorporará:

- A) Programa de inversión detallado anualmente para el proyecto integral.
- B) Estados financieros proforma, incluyendo flujo de efectivo y la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto, cálculo de rendimiento de la inversión y fundamentación de nivel y estructura de tarifas propuestas, en su caso, para alcanzar el

equilibrio económico durante el periodo de la concesión.

En este programa se especificarán los ingresos y gastos de operación, inversión, financieros y amortizaciones.

C) Estructura de financiamiento, incluyendo los recursos propios, aportaciones de capital nacional y extranjero y el crédito previsto para completar el financiamiento requerido.

Los estados financieros proforma deberán ser elaborados de conformidad a los formatos que se anexen, adjuntando diskette flexible 3 1/2 o 5 1/4 con dicha información en Lotus, en sistemas compatibles con I.B.M., para facilitar su análisis.

#### 4.4.4. PARTICIPACION DE INGRESOS AL GOBIERNO FEDERAL

El solicitante, al obtener la concesión, estará obligado a cubrir al Gobierno Federal como participación, el 10% sobre los ingresos brutos derivados del servicio concesionado, de conformidad a lo establecido en el Artículo 110 de la Ley de Vías Generales de Comunicación.

Dicha participación deberá ser cubierta mensualmente, dentro de los diez días siguientes al mes que correspondan los ingresos, en moneda nacional ante la Tesorería de la Federación, remitiendo a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el comprobante respectivo.



#### 4.4.5. RESUMEN EJECUTIVO

El solicitante deberá presentar un resumen ejecutivo que contenga: organización empresarial, análisis de mercado, propuesta tarifaria, proyecto técnico e inversiones.

**CAPITULO V**

**SISTEMAS DE COMUNICACION ESPECIALIZADA**

### 5.1. LOS COMUNICADOS A GRAN DISTANCIA

Para poder comunicar a cualquier parte del mundo por vía directa, es necesario tener idea del rumbo y distancia destinados para ese lugar desde nuestra ubicación. Con tales fines se han calculado los rumbos y las distancias de todos los lugares en el mundo.

Sabemos que la Ciudad de México se encuentra ubicada a los  $19^{\circ} 24'$  N de latitud y a los  $99^{\circ} 11'$  W de longitud. Por lo tanto, podemos orientar la antena de acuerdo al rumbo deseado para comunicar.

Existen varias consideraciones acerca de como son tomados los rumbos que son la línea recta que determina el paso de un lugar. Todos los rumbos se cuentan a partir del norte, en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj, de  $000^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ ; es costumbre escribir los rumbos empleando siempre tres cifras.

Los polos magnéticos de la tierra no coinciden con los polos geográficos. El polo norte magnético se encuentra aproximadamente a los  $76^{\circ}$  de latitud norte y  $102^{\circ}$  de latitud oeste y se considera como un área donde convergen las líneas de fuerza magnética. El polo sur magnético se encuentra aproximadamente a los  $73^{\circ}$  de latitud sur y  $156^{\circ}$  de latitud este, y se considera como un área de la cual divergen las líneas de fuerza magnética.

Existe una variación o declinación magnética de un lugar cuando el meridiano geográfico y el meridiano magnético forman un ángulo en ese lugar. La variación existe a consecuencia de que no

coinciden los polos geográficos con los magnéticos, por lo que tampoco coinciden los meridianos geográficos con los magnéticos. La carta más simple para el trazado de direcciones, es la construida en proyección Mercatoriana, ya que en ella aparecen los meridianos como líneas rectas, paralelas y equidistantes y por lo tanto, puede utilizarse para el cálculo de las distancias con buena aproximación.

#### 5.1.1. HUSOS HORARIOS

Para evitar los inconvenientes que implican la diferencia de hora que existe entre dos lugares y poder establecer comunicados con zonas de diferentes husos horarios, además de coartar horarios de comunicación exactos, se ha adoptado un estándar universal, que establecido para las zonas horarias, es el Tiempo Universal Coordinado, también conocido como Hora Media de Greenwich, que por sus siglas en inglés se acostumbra UTC y se designa por la letra 'Z'. Anotándose sin marcación de separación horas-minutos, va de las 0000 a las 2400, en donde las 2400 se asocian con la fecha del día que termina, y las 0000 con el día que empieza. La confusión de todas las diferentes zonas horarias es inevitable, para lo cual se deja el reloj en UTC.

#### 5.1.2. CONVERSION DE HUSOS HORARIOS

La tierra efectúa una revolución completa alrededor de su eje en un término de 24 horas, para lo cual el ecuador se puede dividir

en 24 horas, y también en  $360^{\circ}$ , para fines de obtener la longitud de arco de cada punto contado desde el meridiano de origen (Meridiano de Greenwich) hasta el meridiano del lugar, y determinar así los husos horarios que van de  $0$  a  $180^{\circ}$  hacia el Este o hacia el Oeste de ese Meridiano.

Así, cada  $15^{\circ}$  de diferencia en longitud corresponden a una hora. Para los mismos fines, la longitud se expresa en horas, minutos y segundos de tiempo en lugar de grados, minutos y segundos de arco.

#### TIEMPO A ARCO

---

1 hora	=	$15^{\circ}$
1 minuto	=	$15'$
1 segundo	=	$15''$

#### ARCO A TIEMPO

---

$1^{\circ}$	=	4 minutos
$1'$	=	4 segundos
$1''$	=	$1/15$ segundo

En cada una de las zonas rige la hora propia del meridiano central de la misma, el primer huso, o huso  $0$  tiene por límites el meridiano  $7^{\circ} 30' W$  y el meridiano  $7^{\circ} 30' E$ . Los husos que quedan al Este del huso cero, tienen signo negativo y los que quedan al Oeste del huso cero, son husos positivos. El huso  $+1$  es el que tiene como meridiano central el  $15^{\circ} W$  y sus límites son, por el Oriente el meridiano  $7^{\circ} 30' W$  y por el Poniente el meridiano  $22^{\circ} 30' W$ .

Así, todos los lugares comprendidos en un huso tienen la misma

hora correspondiente al meridiano central del huso.

Por conveniencia de diversa índole, ha sido necesario deformar algunos límites de los husos horarios.

La carta H. 0.5192 publicada por la Oficina Hidrográfica del Departamento de Marina de los Estados Unidos muestra los límites de las zonas horarias de todo el mundo.

La hora que se cuenta de acuerdo al sistema de husos horarios se llama hora oficial. La diferencia entre las horas oficiales de dos lugares en diferente huso, es siempre un número exacto de horas y es igual a la diferencia en longitud expresada en tiempo entre los dos meridianos centrales de sus husos respectivos.

En el territorio de la República Mexicana normalmente se tiene tres horas distintas. La mayor parte del territorio, incluyendo la Península de Yucatán, el Istmo de Tehuantepec y gran porción de la altiplanicie tienen la hora del meridiano  $90^{\circ}$  W, es decir, del huso + 6.

Este meridiano pasa aproximadamente por New Orleans, Mérida y Guatemala.

En los estados de Nayarit, Sinaloa, Sonora y en el Territorio de la Baja California, se usa la hora del meridiano  $105^{\circ}$  W, o sea la del huso + 7; en el estado de Baja California se usa la hora del meridiano  $120^{\circ}$  W, huso + 8.

En los países centroamericanos, con excepción de Panamá, se usa la hora del meridiano  $90^{\circ}$  W. Cuba, Panamá, Colombia, Ecuador y Perú, usan la hora del meridiano  $75^{\circ}$  W.

En los Estados Unidos de Norteamérica se usan cuatro horas distintas: la hora del Este u hora del meridiano  $75^{\circ}$  W (Eastern Standard Time), la hora del Centro u hora del meridiano  $90^{\circ}$  W (Central Standard Time), la hora de la Montaña u hora del meridiano  $105^{\circ}$  W (Mountain Standard Time) y la hora del Pacífico u hora del meridiano  $120^{\circ}$  W (Pacific Standard Time).

Frecuentemente sucede que los lugares muy alejados del meridiano central de su huso tienen dos horas oficiales, una correspondiente de invierno y otra de verano; es decir, durante un tiempo pertenecen a un huso, durante otro tiempo al siguiente. También sucede que por necesidades locales se adelanta una hora en algunas regiones.

### 5.1.3. SENALES HORARIAS

De todas las estaciones de radio que transmiten señales horarias, las más conocidas y también las que más se emplean, son las WWV y la WWVH.

La estación WWV está ubicada en Beltsville. Md. (cerca de Washington, D.C.)

LAT.  $38^{\circ} 59' 33''$  N

LONG.  $76^{\circ} 50' 52''$  W

La estación WWVH, repetidora de la anterior, está ubicada en Maui, Hawaii.

LAT.  $20^{\circ} 46' 02''$  N

LONG.  $156^{\circ} 27' 42''$  W

Ambas estaciones pertenecen a la Oficina Nacional de Medidas de Estados Unidos.

#### 5.1.4. RADIOFRECUENCIAS EN QUE TRANSMITE LA WWV

2.5 Mhz	Continuamente	Potencia	0.7 Kilowatts	Tono	440 o 600 cps
5.0	"	"	8.0	"	440 o 600
10.0	"	"	9.0	"	440 o 600
15.0	"	"	9.0	"	440 o 600
20.0	"	"	8.5	"	440 o 600
25.0	"	"	0.1	"	440 o 600
30.0	"	"	0.1	"	"
35.0	"	"	0.1	"	"

La estación WWVH solamente transmite en 5, 10 y 15 Mhz.

#### 5.1.5. CLASE DE HORA QUE SE ANUNCIA

Durante la interrupción del tono de modulación que se efectúa una vez cada 5 minutos, se transmite en Código Morse o Alfabeto Telegráfico Internacional, a baja velocidad, la Hora Universal u Hora Media de Greenwich.

También durante esta interrupción y antes y después de la transmisión de la hora universal en Código Morse, se anuncia oralmente la Hora del Meridiano 75° W (Hora Normal del Este) la que difiere 5 horas de la Hora Z.



La voz que da la Hora Normal del Este dice, por ejemplo:  
"NATIONAL BUREAU OF STANDARDS WWV, TIME IS TEN TWENTY AM".

#### 5.1.6. ALCANCE

El alcance de esta estación es muy grande. A menudo sucede que el alcance es tan grande que prácticamente puede escucharse desde cualquier superficie terrestre.

#### 5.1.7. SELECCION DE LA FRECUENCIA MAS CONVENIENTE

##### PARA ESCUCHAR LAS SENALES HORARIAS

Podrian darse reglas complicadas, pero no es ese el propósito. Lo mejor es sintonizar el receptor en varias frecuencias y experimentalmente determinar en qué frecuencia es mejor la recepción.

#### 5.2. LAS ESTACIONES REPETIDORAS

Uno de los modos de comunicación que más popularidad han adquirido en los últimos años es el que se efectúa en las bandas de VHF y UHF empleando estaciones relevadoras automáticas, popularmente conocidas como repetidoras.

Este modo de efectuar comunicaciones presenta la ventaja del tamaño compacto de los equipos transceptores de baja potencia cuyo alcance o rango es ampliado por un equipo transmisor-receptor automático instalado en un edificio alto o en una montaña.

El equipo automático recibe la señal de un transmisor pequeño y la retransmite automáticamente logrando así ampliar el rango de comunicación confiable del equipo que empleamos para transmitir.

La efectividad de la repetidora depende del lugar donde está instalada y su altura sobre el nivel promedio del terreno.

Para dar una idea de las relaciones de cobertura, podemos considerar que un equipo portátil de uso manual con un watt de potencia tiene un radio de 2 a 5 Km. y si operamos a través de una repetidora, el alcance será de 30 a 100 Km.

Una estación repetidora opera en lo que se denomina "operación duplex", es decir, recibe en una frecuencia y transmite en otra frecuencia, generalmente dentro de la misma banda de radiofrecuencia.

La separación entre las frecuencias de recepción y transmisión de la estación repetidora se denomian "offset", pudiendo ser negativo o positivo, ya sea que la frecuencia de recepción sea menor o mayor que la frecuencia de transmisión de la repetidora.

El modo de emisión más común empleado para la operación a través de repetidoras es la frecuencia modulada de banda angosta, donde la desviación de la frecuencia de la portadora en función de la señal de audio es de  $\pm 7.5$  KHz, es decir, el ancho del canal de comunicaciones es de 15 KHz.

La mayoría de las repetidoras tienen un relevador de tiempo o reloj automático que corta la retransmisión de la señal después de 90 o 120 segundos, por lo tanto, deberemos expresar nuestras ideas en este lapso y dejar de transmitir para que se restablezca

el relevador o reloj, ésto con la finalidad de no operar más del tiempo debido a la estación repetidora para no exceder sus límites de transmisión.

Finalmente, el segmento de 145.800 a 146.000 MHz está reservado para las comunicaciones por satélite de aficionados, empleando como modos de emisión CW y SSB únicamente, por lo que no se deberán hacer transmisiones de FM en este segmento.

### 5.3. LOS SATELITES ARTIFICIALES

Los satélites artificiales normalmente operan entre 500 y 35,000 km. sobre la superficie de la tierra. Pueden circular alrededor del ecuador, a varios ángulos del mismo, o hasta pasara sobre los polos norte y sur.

La atmósfera es el primer elemento que trabaja en contra de los satélites en órbita. La atmósfera en la que vivimos, termina aproximadamente a 12 km hacia arriba, y contiene más o menos dos kg de gas por metro cúbico. A 320 km, que es la mínima altura de órbita para un satélite, se encuentran tres o cuatro átomos por metro cúbico que pueden chocar contra el satélite, lo cual no los afecta y pueden hacer que viajen más o menos para siempre. Esto es exactamente lo que la luna ha estado haciendo por miles de millones de años.

Los satélites de comunicación orbitan el ecuador a 35,700 km sobre el nivel de la tierra. A esta altura, la atmósfera contiene

sólo 8 moléculas por centímetro cúbico. Como resultado, un satélite de comunicaciones puede orbitar la tierra indefinidamente.

La atmósfera no es la única cosa que disminuye con la altitud. La fuerza de gravedad de la tierra también lo hace, a pesar de que nunca desaparece por completo como sucede con la atmósfera. Es por esta razón que la gravedad es un elemento crítico que debe de considerarse al poner un satélite en órbita.

Primero, el trabajo de levantar un satélite lo suficientemente alto para ponerlo en órbita, significa vencer una enorme fuerza gravitacional.

Se requieren aproximadamente 140 toneladas de cohete lanzador para poner una tonelada de satélite en una órbita baja. Es necesario un vehículo que sea aproximadamente 4 veces mayor para poner este mismo satélite en una órbita de 37,500 km de altura. Los ingenieros expertos en cohetes lanzadores saben que se puede aprovechar un impulso "gratis" si lanzan los satélites hacia el este, en la misma dirección en que la tierra gira porque los objetos que se encuentran asentados en la superficie giratoria de la tierra, ya se encuentran pasando del oeste al este a más de 1,600 km/h y un cohete lanzado en la dirección de la rotación se suma a esta velocidad.

Pero aún así, la altitud por sí sola no es suficiente, a menos de que exista algo más para contraponer la fuerza de la gravedad, un satélite en órbita alta se regresaría a la tierra de cualquier

forma. Ese algo se llama inercia. La inercia es la tendencia de un objeto en reposo de quedarse así, y de un objeto en movimiento de seguir en línea recta. La cantidad de inercia que un objeto tiene se llama momentum, lo cual es proporcional a su masa y velocidad.

Si se permite que un satélite viaje solo, éste continuaría en línea recta. Sin embargo, la gravedad lo atrae y consecuentemente su trayectoria se curva. Es de esta forma como se crea su órbita. Lograr una órbita significa balancear la inercia y la fuerza gravitacional. La teoría de los ingenieros orbitales es casi siempre estacionar a los satélites en una órbita circular, ya que la mayoría están diseñados para trabajar a una altura constante. Pero además, existen las órbitas elípticas que llevan a una nave espacial lejos de la tierra en un momento y después nuevamente la acercan.

Estos satélites deben viajar más rápidamente para mantener una órbita terrestre baja (donde la gravedad es más fuerte) que para mantener una órbita más alta. Si su órbita es elíptica, acelerará cuando se acerque a la tierra y desacelerará cuando se aleje.

Todo esto hace posible la existencia de satélites de comunicaciones. Es una cuestión de altitud. Desde la tierra, un satélite en órbita a unos cientos de kilómetros de altura se mueve lentamente a través del cielo y cada 90 minutos regresa otra vez.

Mientras más alto viaja un satélite, más tiempo parece que se

tarda en atravesar el cielo. A unos 35,000 km aparece como si se hubiera parado por completo. Un satélite en realidad viaja a casi 11,000 km/h a la misma velocidad en que la superficie de la tierra se mueve bajo él. A esa órbita se le denomina geosincrónica, lo cual significa que el satélite puede recibir y enviar señales confiablemente durante las 24 horas del día desde el mismo punto relativo visto desde la tierra.

En teoría, se puede lanzar un satélite directamente hacia una órbita geosincrónica, pero las posibilidades de fallar son muy altas y el costo de combustible para realizar tal hazaña también es prohibitivo, así que los ingenieros prefieren realizar la puesta en órbita en tres pasos.

Primero, el satélite lanzado a una órbita circular estacionaria a unos 200 km de altura. Segundo, su propio motor lo impulsa hacia una órbita elíptica de transferencia que va desde 300 a 400 km de altura. Finalmente, un encendido final de sus motores lo saca de la órbita de transferencia y lo coloca en una órbita circular geosincrónica final. Este proceso se completa normalmente en varias semanas. Cuando todo ha terminado, el satélite queda colocado en su posición orbital designada, que puede variar entre 70 y 130 km cuadrados. Como acto final, el satélite de comunicaciones inicia sus operaciones de recepción y transmisión.

### 5.3.1. SATELITES DE COMUNICACIONES MORELOS I Y II

En México, el primer sistema de satélites nacional lleva el nombre de Morelos al convertirse en una moderna potencia unificadora de toda la nación, que proporcionará servicios de televisión educativa y comercial, de telefonía y otros tipos de comunicación, amén de datos y otras transmisiones comerciales a muchas partes del país, antes incomunicadas.

En octubre de 1982, la SCT celebró un contrato con Hughes Aircraft Company para que éste construyera dos satélites con las características del popular HS 376. El sistema, primero llamado Ilhuicahua (voz náhuatl que significa "señor de los cielos") y posteriormente Morelos, se programó para su entrega en 32 meses, debiendo lanzarse el primero en junio de 1985 y el segundo en noviembre del mismo año.

Aunque los dos satélites Morelos se iban a fabricar de acuerdo con el diseño estándar del HS 376, su construcción ha representado un gran desarrollo en la historia de Hughes, pues la SCT requería que los dos satélites funcionaran, tanto en la banda Ku (14/12 GHZ) como en banda C (6/4 GHZ), con lo cual vendrían a ser los primeros satélites de esta capacidad fabricados por Hughes.

El satélite tiene un diámetro de 2.16 mts y un peso de 655 kg al inicio de su vida orbital. En la configuración de su lanzamiento, con los paneles solares retraídos y el reflector de la antena principal doblado hacia abajo, el Morelos tiene una altura de

2.85 mts. Ya en órbita, con los paneles solares desplegados, dicha altura aumenta a 6.62 mts.

El primer Morelos, a lo largo de una misión proyectada para nueve años, se situó a una longitud de 113.5 W, y el segundo a 116 W.

Los dos satélites se monitorearán y controlarán desde el Centro de Control de Satélites (CCS) de la estación terrestre ubicada en Iztapalapa. El equipo de seguimiento, telemetría y mando diseñado por Hughes se instaló en Iztapalapa por un cuerpo conjunto de ingenieros y técnicos de dicha compañía y de la SCT. El CCS del Morelos comprende una antena parabólica de seguimiento, telemetría y mando de 12 metros; dos amplificadores de alta potencia de 3,000 vatios, dos amplificadores de bajo nivel de ruido, un equipo de servoantena y dos computadoras DEC 11/70 para procesar la información enviada por los satélites sobre las condiciones imperantes en el subsistema del vehículo espacial.

Las dos computadoras determinan la órbita y posición de éste, y permiten hacer una evaluación del rendimiento y estado del vehículo espacial.

#### 5.4. REFLEXION LUNAR

La necesidad de encontrar nuevas formas de comunicación radio-eléctrica ha sido motivo de la investigación en todo el mundo de no alcanzar la saturación de la parte baja del espectro (A.F.). Esto originó la investigación relacionada con la banda lateral



única, que consume menor cantidad de espectro electromagnético, al hacer más angosto el canal requerido para la transmisión.

Algunas de las necesidades que originaron estas investigaciones ya no son válidas en el presente, debido a que muchas de las comunicaciones internacionales e intercontinentales, son operadas a través de los satélites en las bandas de muy alta frecuencia y superiores, tanto para el acceso del satélite como para el retorno o distribución del satélite.

La reflexión lunar básicamente consiste en enviar una señal a la luna para que ésta regrese a la tierra y sea recibida. Los primeros intentos se realizaron en la parte alta de AF (28 MHz), pero en la actualidad se utilizan las bandas de maf (14 MHz y 220 MHz) y en uaf (432 z).

Para este tipo de comunicación se requiere de preamplificadores de muy bajo ruido, ya que la pérdida de intensidad de señal en su recorrido de ida y vuelta a la luna, es muy grande, y la señal recuperada es siempre muy pequeña. Inclusive, se han experimentado sistemas de POST-DETECCION, que permiten extraer la información contenida en la señal, aún cuando ésta se encuentre por debajo del nivel de ruido del sistema particular que se esté empleando.

En 432 MHz se puede intentar emplear una antena de tipo parabólico teniendo movimientos en azimuth y elevación, debido a la precisión de la dirección en línea hacia la luna desde la tierra. Los preamplificadores generalmente son enfriados con un

gas licuado como aire líquido o nitrógeno líquido. Inicialmente, para operar se puede medir el ruido solar apuntando la antena al "cielo frío" y obteniendo su lectura.

Posteriormente, se debe apuntar la antena al sol y obtenerse una lectura de ruido solar. Por ejemplo, en 432 MHz, si la diferencia es menor que de 50 dB, la probabilidad de hacer comunicación es menor.

Sin embargo, si el incremento debido al ruido solar es de más de 5 dB aumenta la posibilidad de comunicación.

Un fenómeno que afecta este tipo de comunicación es conocido como el fenómeno de "Rotación de Faraday", que aún no está totalmente explicado, aunque se sabe que tiene que ver con la interacción electromagnética entre la onda radiada y las capas de la alta atmósfera, dando como resultado que el plano de polarización gire.

Este giro puede ser muy lento, al punto de casi no notarse, o puede ser muy rápida, al grado de producir fuertes abatimientos de la señal producida.

Para apuntar la antena a la luna hay que calcular su posición en periodos cortos de tiempo (10 a 15 min.), usando métodos astronómicos generados por una computadora, efectuando las correcciones de antena necesarias para mantener a la luna siempre dentro del lóbulo primario de la antena.

### 5.5. LA DISPERSION METEORICA

Con la ayuda de las técnicas digitales de procesamiento de información, este método totalmente factible se ha llevado a niveles de confiabilidad muy aceptables para su aplicación práctica.

Sabemos que para que una onda llegue a cierta distancia, mayor que la de la onda terrestre, se necesita un reflector en la atmósfera, que refleje dicha onda hacia el punto donde sea posible.

Para que este reflector sea efectivo a una frecuencia dada, la densidad de la ionización tiene que alcanzar ciertos valores, que en términos muy generales, mientras más alta sea la frecuencia, mayor tendría que ser el grado de ionización. Esto se conoce como "Frecuencia máxima utilizable" (M.U.F.). Siendo el principal ionizador el sol, el comportamiento de las bandas cambia con la hora del día o de la noche en la que se pretende establecer la comunicación, así como la dirección de la misma.

Sin embargo, existen otras fuentes de ionización de la atmósfera. Un rayo o relámpago es un ionizador en la baja atmósfera que es la más cercana a la superficie de la Tierra. En la alta atmósfera ya mencionamos al sol, aunque no es el único. Un meteorito, al caer hacia la tierra toca inicialmente las altas capas de la atmósfera, y debido a la alta velocidad con la que llega, se produce una fricción tan fuerte que se llega a calentar a

temperaturas muy altas, y por transferencia de energía deja una traza ionizada en su trayectoria.

Revisando qué cosa es la ionización, sabemos que la atmósfera tiene un núcleo y que alrededor de él, en estados diferentes de energía, se encuentran los electrones. Si por cualquier medio logramos arrancar estos electrones del átomo, lo que queda es un ión positivo, ya que es la carga de los protones del núcleo.

Como un ión no es una estructura estable, ya que su carga hace que trate de adquirir los electrones del medio circundante para neutralizarse, y esos electrones que habíamos logrado desprender se encuentran relativamente cerca, el núcleo volverá en algún tiempo a atrapar los electrones que necesita para neutralizarse, volviendo a su estado de equilibrio normal.

Cuando el meteorito incide en la alta atmósfera, logra a su paso dejar una estela suficientemente ionizada como para reflejar ondas de radio, incluso las ondas métricas y las decimétricas. Esto es lo que abre la posibilidad de efectuar las comunicaciones, utilizando la caída de un meteorito.

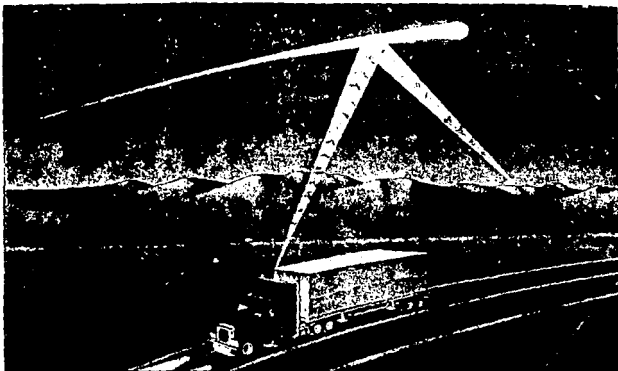
Los ioness tienden a neutralizarse: mientras más fuerte es la ionización, o sea, mientras más átomos por metro cúbico estén ionizados, más tiempo tardará la ionización en desaparecer. Mientras más grande sea el meteorito, más átomos será capaz de ionizar.

Por último, la altura media a la que el meteorito empieza a ionizar hace que la distancia óptima para un comunicado esté

comprendida entre los 1.000 y 2.500 kilómetros y, salvo condiciones muy especiales, pensando en que la onda se refleje en la tierra y vuelva a ser reflejada en la alta atmósfera, se pueden obtener distancias mayores.

La experimentación de este tipo de comunicaciones se inició solamente durante lluvias clásicas de meteoritos, que se repiten año con año en las mismas fechas, pero a medida que las técnicas se fueron refinando, se pudo establecer que no es necesario esperar a una lluvia de meteoritos, sino que prácticamente, durante todo el año, la incidencia de los mismos es suficiente para transmitir información. También se determinó que debido a la rotación de la tierra y a la trayectoria promedio que siguen los meteoritos, las mejores horas del día para este tipo de comunicación son las primeras de la madrugada, ya que son opuestas y las velocidades se suman, dando como resultado una ionización mayor.





## C O N C L U S I O N

El espectro electromagnético, siendo un recurso limitado no aprovechado al máximo a consecuencia de factores tecnológicos, reconoce un incremento continuo de segmentos y bandas radioeléctricas, según el avance en materia de comunicaciones.

Donde se pretende que las comunicaciones de cualquier tipo sean la forma más acertada de simplificar los tiempos y movimientos, mandando cantidades de información a velocidades y densidades desde cualquier lugar del planeta, e incluso desde el espacio exterior.

La industria número uno en el mundo es, bien sabido, la de las comunicaciones especializadas y a su vez es la más difícil de administrar, ya que su explotación requiere de regulaciones internacionales, que debido a los avances de la misma tecnología en desarrollo, causan modificaciones y cambios constantes en las normas y políticas aún ya planificadas, y que para muchos países en desarrollo son difíciles de superar, aunque gran parte del espectro ya ha sido asignado internacionalmente, conformando las necesidades y servicios que cada país requiere.

Como novedad en esta industria, a diferencia de las demás, se proyecta una reducción continua en costos de diseño en modernos sistemas de comunicación que el hombre jamás siquiera soñó conocer, como por ejemplo, la utilización de satélites artificiales, el rebote lunar o la dispersión meteórica.

En lo referente a telecomunicaciones, consideramos que toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos, proporcionan una serie de factores que influyen para cada sistema, que sería una tarea imposible el poder conjugarlos todos a la vez.

Se debe de plantear y analizar estructuralmente un diseño modular, con un programa de implementación por etapas que tenga una aplicación de técnicas especializadas en el manejo de la información, para poder integrar cualquier sistema de comunicación especializado, por lo tanto, debemos recordar que el espectro electromagético se encuentra en el espacio aéreo y es inagotable, y que además, brinda por igual a cada país en el mundo, un potencial mayor en la industria de las telecomunicaciones.



## REFERENCIAS

UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
UTC	Tiempo Universal Coordinado
GMT	Tiempo del Meridiano de Greenwich
Z	Tiempo Zulu
OC	Onda Corta
UV	Ultravioleta
VLF	Muy Baja Frecuencia
LF	Baja Frecuencia
MF	Media Frecuencia
AF	Alta Frecuencia
MAF	Muy Alta Frecuencia
UHF	Ultra Alta Frecuencia
SHF	Super Alta Frecuencia
EHF	Extra Alta Frecuencia
MFU	Frecuencia Máxima Usable
CW	Onda Continua
AM	Amplitud Modulada
FM	Frecuencia Modulada
SSB	Banda Lateral Unica
DSB	Doble Banda Lateral
VSB	Banda Lateral Residual
CD	Corriente Directa

AVC	Control Automático de Volumen
RF	Radio Frecuencia
AF	Audio Frecuencia
FI	Frecuencia Intermedia
$\lambda$	Longitud de Onda
ROE	Relación de Ondas Estacionarias
Q	Factor de Inductancia
EME	Rebote Lunar

## BIBLIOGRAFIA

- 1- Yeh and C.H. LIU  
Theory of ionospheric waves/R.C.  
New York: Academic Press, 1972.
  
- 2- Davies, Kenneth  
Ionospheric radio propagation.  
Washington Dept. of Commerce, National Bureau of  
Standards, 1965.
  
- 3- Henry Stark, Franz B.  
Modern electrical communications: theory and systems  
Englewood cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1979.
  
- 4- Taub, Herbert, Donald L. Schilling  
Principles of communication systems.  
Tokyo: Mc Graw-Hill Kogakusha, 1971.
  
- 5- Salmerón Dominguez, María José  
Radiación, propagación y antenas: para onda larga, onda  
corta y microondas.  
2a. ed. México: Trillas, 1984.

- 6- Orozco González, Francisco  
Antenas y amplificadores de R.F.  
México, Irmexco, 1962.
- 7- Henry Jasik  
Antenna engineering handbook.  
1a. ed. New York: Mc Graw-Hill book, 1961.
- 8- Smith, Walter Woodrow  
Manual de antenas.  
Barcelona, Marcombo, 1957.
- 9- Viezbicke, P.  
NBS Frequency and time broadcast services: radio stations  
WWV, WWVH, WWVB and WWVL.  
Washington, U.S. National Bureau of Standards, 1971.
- 10- Andrade, Manuel  
Ley de vias generales de comunicación.  
4a. ed. México, Andrade, 1965.
- 11- Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas  
Ley de Comunicaciones y Obras Públicas.  
México, Tall. Gráfs. Nac., 1926.

- 12- Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas  
Dirección General de Telecomunicaciones  
Normas para las estaciones radioeléctricas de comunicaciones auxiliares.  
México, 1957.
- 13- Levin, Harvey Joshua  
The invigible resource: use and regulation of the radio spectrum.  
Baltimore, 1971.
- 14- Angerbauer, George J.  
Electronics for modern communications.  
Englewood cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1974
- 15- Terman, Frederick Emmons  
Ingeniería de Radio.  
México, 3a. ed. Continental, 1957.
- 16- Stone, Pablo  
La Radio.  
México, Olimpo, 1978.
- 17- Scroggie, Marcus Graham  
Manual de laboratorio de radio y electrónica.  
México, 7a. ed. Continental, 1966.

- 18- Seignette, Marc  
Radio-Manual.  
Buenos Aires, Albatros, 1944.
- 19- Sterling, George E.  
The radio manual; for radio engineers, inspectors, students,  
operators and radio fans.
- 20- Hans Plohn, joint aut. Wilhelm Preikschat  
and Marian Schwertner  
Technical dictionary of radio and telecommunication  
installations: English, German, French, Russian, containing  
about 12,000 terms.  
Berlin, Veb Verlag Technik, 1963.