

INTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

ESCUELA DE TELEMÁTICA

**“OPTIMIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA ANTENA OMNIDIRECCIONAL
DE CUATRO DIPOLOS DE VHF/FM DE LA SECCIÓN DE COMUNICACIONES
DEL ALA No. 12.”**

POR:

CBOS. TANAI ORTEGA FABIAN MARCELO

Proyecto de grado como requisito parcial previa la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN TELEMÁTICA

2002

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional durante este periodo de estudio y el desarrollo de mi proyecto de tesis.

A la Fuerza Aérea Ecuatoriana por darme la oportunidad de conocer a todos mis compañeros, que como verdaderos amigos me han apoyado cuando lo necesitaba.

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y a sus profesores que al compartir sus conocimientos colaboraron con mi anhelo de hacer realidad esta superación profesional.

Cbos. Tanai Ortega Fabián Marcelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a la Fuerza Aérea Ecuatoriana y al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, que me dio la oportunidad de poder prepararme militar y académicamente para Allí poder cumplir con los retos que la tecnología me va poniendo día a día .

A mis maestros y amigos que en todo momento me ayudaron y guiaron hacia el objetivo principal que es mi preparación teórica-práctica para alcanzar la tecnología en Telemática.

Cbos. Tanai Ortega Fabián Marcelo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo en su totalidad fue realizado por el Sr. Fabián Marcelo Tanai Ortega, como requerimiento parcial a la obtención del Título de TECNÓLOGO EN TELEMÁTICA.

Latacunga, Abril 25 del 2003

Ing. Wilson Vinueza.

PROFESOR TUTOR

ÍNDICE

Portada.....	i
Certificado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v

CAPÍTULO I

Introducción

1.1 Generalidades.....	1
1.2 Definición del problema.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Ubicación.....	4
1.5 Objetivos Generales y Específicos.....	4
1.6 Alcance.....	5

CAPÍTULO II

Teoría de las antenas.

2.1 Introducción.....	6
2.2 Propagación de ondas.....	7
2.2.1 Características de las ondas.....	7
2.2.2 Longitud de onda.....	8

2.2.3	Polarización.....	10
2.2.4	Intensidad.....	11
2.2.5	Fenómenos de propagación.....	12
2.2.6	Tipos de propagación.....	14
2.3	Líneas de transmisión.....	19
2.3.1	Generalidades.....	19
2.3.2	Impedancia de una línea.....	20
2.3.3	Factor de velocidad.....	21
2.3.4	Ondas estacionarias.....	22
2.3.5	Terminación de las líneas.....	24
2.3.6	Relación de ondas estacionarias (ROE).....	25
2.3.7	Pérdidas en las líneas de transmisión.....	25
2.3.8	Eficacia en una línea de transmisión.....	27
2.3.9	Líneas resonantes.....	27
2.3.10	Líneas no resonantes.....	28
2.3.11	Líneas bifilares.....	28
2.3.12	Radiación de las líneas.....	29
2.3.13	Cables trenzados.....	31
2.3.14	Cables coaxiales.....	31
2.3.15	Guías de ondas.....	33

2.3.16	Fibra óptica.....	34
2.4	Las Antenas.....	35
2.4.1	Características de las antenas.....	35
2.4.1.1	Radiador Isotópico.....	36
2.4.1.2	Resonancia de una antena.....	36
2.4.1.3	Impedancia de una antena.....	38
2.4.1.4	Anchura de banda.....	39
2.4.2	Tipos de antenas.....	40
2.4.2.1	Antena Dipolo.....	40
2.4.2.1.1	Dipolo elemental magnético.....	42
2.4.2.1.2	Dipolo elemental eléctrico.....	42
2.4.2.2	Antena Dipolo plegada.....	43
2.4.2.3	Antena Dipolo Multibanda.....	43
2.4.2.4	Antena Dipolo vertical.....	44
2.5	Parámetros de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM.....	45
2.5.1	Atenuación.....	45
2.5.2	Potencia.....	47
2.5.3	Impedancia.....	48
2.5.4	Frecuencia.....	50

2.5.5	Ganancia.....	51
2.5.6	Diagrama de radiación.....	54
2.5.7	Ancho de banda.....	60
2.5.8	Ecuación de transmisión.....	61
2.5.9	Intensidad de radiación.....	63
2.6	Equipos para calibración de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM.....	64
2.6.1	Vatímetro de radiofrecuencia.....	65
2.6.2	Frecuencímetro digital.....	66
2.6.3	Osciloscopio.....	67

CAPÍTULO III

	Optimización y Mantenimiento de la antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/ FM:.....	69
3.1	Requerimientos Técnicos Generales de las antenas VHF/FM.....	69
3.2	Materiales y elementos para la optimización y mantenimiento de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM.....	78
3.3	Optimización y mantenimiento de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM.....	79
3.4	Pruebas de funcionabilidad de la antena omnidireccional de cuatro dipólos VHF/FM.....	86

3.5	Análisis de resultados.....	87
-----	-----------------------------	----

CAPÍTULO IV

4.	Documentación.....	88
4.1	Manual de mantenimiento.....	88
4.2	Conclusiones.....	90
4.3	Recomendaciones.....	90

Anexos

A.- Manual de Ajuste de la Antena.

B.- Fotografías.

C.- Red de Comunicaciones VHF/FM.

D.- Glosario.

E.- Características técnicas de la antena omnidireccional de cuatro dipólos.

- Referencias Bibliográficas.
- Hoja de datos personales.
- Página de legalización de firmas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1- Generalidades:

Cuando Hertz realiza sus primeros experimentos sobre la transmisión inalámbrica de ondas electromagnéticas, empezó a utilizar las Antenas. Pero las Antenas tal como se conoce, se origina en los experimentos de Marconi Popov, que desarrollaron las primeras tecnologías sobre este importante aspecto de las radiocomunicaciones.

Una de las funciones primordiales que una antena desempeña, es convertir la energía eléctrica en energía de radiofrecuencia que es entregada por el transmisor y es enviada mediante ondas electromagnéticas las cuales viajan por el espacio llevando información hacia varios receptores.

Una antena es básicamente un fragmento de un material conductor conectado al transmisor, este conductor es generalmente un alambre de cobre o una varilla de aluminio, material muy utilizado debido a su bajo peso y alta resistencia. Una Antena para que cumpla con sus funciones correctamente, debe tener un determinado tamaño, forma y estar construida con materiales especiales.

Las partes principales para enviar y recibir señales son: Equipo de Transmisión o Recepción, Línea de transmisión y la Antena, siendo la Antena la

parte más importante, debido a que si el equipo de transmisión o recepción es de baja calidad con una Antena de alta calidad compensará las deficiencias del equipo y nos dará como resultado una transmisión de señales de alta fidelidad.

Las telecomunicaciones hoy en día constituyen la base primordial para el desarrollo científico del planeta. Cualquier organización que no posea un medio para transmitir y receptor señales puede decir que está fuera del desarrollo actual que se lleva a cabo hoy en día.

Es así como el Ala de Investigación y Desarrollo no podía quedar rezagado del avance Tecnocientífico mundial de las Telecomunicaciones que nos asecha, por lo que he visto conveniente realizar la optimización y el mantenimiento preventivo y correctivo de la Antena omnidireccional de cuatro dipolos VHF/FM para obtener una mejor fidelidad en la transmisión y recepción de señales en la sección de Comunicaciones del Ala N^a 12.

1. 2- Definición del Problema:

Luego de haber realizado un análisis dentro de la sección de Comunicaciones del Ala N^o12, con la finalidad de descubrir los problemas de bajo alcance y enlace debido a su mala posición, orientación y por falta de un mantenimiento adecuado de la antena omnidireccional de cuatro dipolos que

trabaja en la banda de VHF/FM. Por estas razones he procedido a elaborar este proyecto.

1.3- Justificación:

La importancia de realizar este proyecto radica en mejorar el enlace de la Transmisión y Recepción de señales en la banda de VHF/FM, ya que ha disminuido por deterioro de sus dipolos y por su inadecuada posición y orientación.

Como alumno de la escuela de TELEMÁTICA y de la especialidad de TELEFONÍA dentro de la Fuerza Aérea he visto conveniente desarrollar este proyecto de optimización y mantenimiento de la antena omnidireccional de cuatro dipolos que está relacionada con la especialidad, aplicando los conocimientos impartidos en la materia de Propagación y Antenas por lo tanto está acorde con los conocimientos adquiridos durante nuestro tiempo de permanencia en el Instituto.

El Ala de Investigación y Desarrollo No.12 facilitó la realización del proyecto de optimización y mantenimiento de sus antenas, con el objeto de lograr un mejor enlace entre las diferentes estaciones fijas y móviles de esta Base.

1.4- Ubicación:

La ubicación específica de la Antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/FM se encuentra en las terrazas de la sección de Comunicaciones del Ala de Investigación y Desarrollo N°12 que se encuentra acantonada en ciudad de Latacunga.

1.5- Objetivos Generales y Específicos:

1.5.1- OBJETIVO GENERAL:

- Realizar el mantenimiento y optimización de la antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/FM de la sección de comunicaciones del Ala No. 12.

1.5.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer la situación actual de la antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/FM del Ala No. 12.
- Recopilar información sobre el funcionamiento y operación de la antena de cuatro dipolos de VHF/FM.
- Reemplazar las líneas de Tx/Rx y los conectores de la antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/FM.

- Realizar un mantenimiento correctivo de la antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/FM que pertenece a la sección de comunicaciones en el Ala No. 12.
- Realizar las pruebas operativas con el fin de garantizar que el sistema funcione en óptimas condiciones.

1.6- Alcance:

A través de este proyecto se logrará que las comunicaciones del Ala No. 12 se optimicen en la Banda de VHF/FM, mejorando así la fidelidad de las comunicaciones entre las diferentes estaciones fijas y móviles de dicha Base.

CAPÍTULO II

TEORÍA DE LAS ANTENAS

2. 1- Introducción:

The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) define a una antena como aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas. Si bien sus formas son muy variadas, todas las antenas tienen en común ser una región de transición entre una zona donde existe una onda electromagnética guiada y una onda en el espacio libre, a la que puede además designar un carácter direccional. La representación de la onda guiada se realiza por voltajes y corrientes (hilos conductores y líneas de transmisión) o por campos (guías de onda) en el espacio libre; mediante campos.

La misión de la Antena es radiar la potencia que se le suministra con la característica de direccionalidad adecuada a la aplicación. En general cada aplicación impondrá unos requisitos sobre la zona del espacio en el que se desee concentrar la energía. Así mismo para poder extraer información tiene que ser capaz de captar en algún punto del espacio la onda radiada, absorber energía de esa onda y entregarla al receptor. Existen, pues, dos misiones básicas de una antena: transmitir y recibir, imponiendo cada aplicación condiciones particulares sobre la direccionalidad de la antena, niveles de potencia que debe soportar,

frecuencia de trabajo y otros parámetros que se definirá posteriormente. Esta diversidad de situaciones da un origen a un gran número de tipos de antenas.

2.2- Propagación de ondas:

Se conoce como propagación de ondas electromagnéticas al desplazamiento de las ondas a través de un medio.

2.2.1- Características de las Ondas:

Las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para desplazarse, atraviesan los materiales aislantes, aire, vacío, así como el espacio exterior a nuestra atmósfera llamado espacio libre o intersidereal. La velocidad a la que viajan estas ondas es igual a la velocidad de la Luz en el espacio libre que corresponde a 300.000Km/s.

En otros medios esta velocidad está afectada por la constante dieléctrica de cada uno de los materiales que atraviesa: así tenemos por ejemplo en la baquelita, con una constante de 3.5 viajará más lento que a través que el polietileno que tiene una constante dieléctrica de 2.3 y más rápido que a través que la porcelana cuya constante es de 6.5.

Toda onda electromagnética tiene dos campos: Campo Eléctrico y Campo Magnético, estos son campos variables de direcciones siempre perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación de la onda que a continuación se muestra en la figura 2.1:

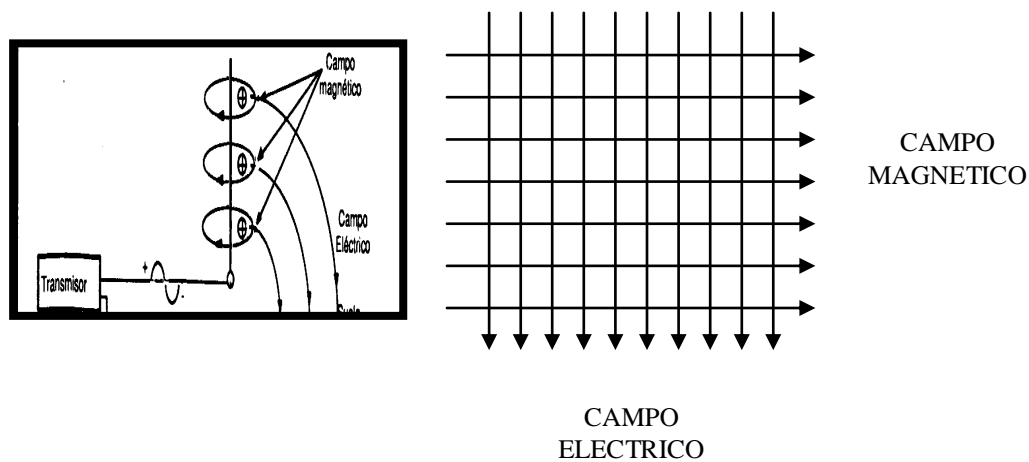


Figura 2.1. Componentes de una onda electromagnética.

2.2.2- Longitud de Onda:

La longitud de las ondas electromagnéticas en función de la velocidad de propagación en el vacío y de su frecuencia viene expresada en la siguiente formula:

$$\lambda = 300.000 \text{ Km/seg} / f \quad (2.1)$$

En donde:

λ , Longitud de onda expresada en metros.

F, frecuencia expresada en hertzios.

En la figura 2.2 veremos a λ para una mejor ilustración:

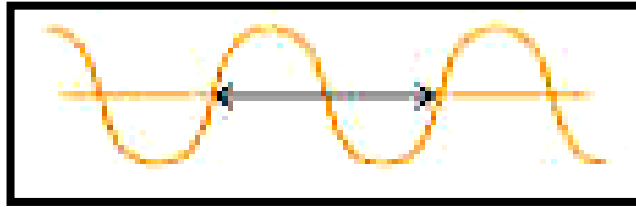


Figura 2.2. Longitud de onda.

Las longitudes de onda y sus respectivas frecuencias se clasifican según la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Nomenclatura de las bandas de frecuencia y de las longitudes de onda.

# BANDA	GAMA DE FRECUENCIAS	SUBDIVISIÓN MÉTRICA	ABREVIAT
4	3KHZ A 30 KHZ	ONDAS MIRIAMETRICAS	VLF
5	30KHZ A 300 KHZ	ONDAS KILOMETRICAS	LF
6	300KHZ A 3000 KHZ	ONDAS HECTOMETRICAS	MF
7	3MHZ A 30 MHZ	ONDASDECAMETRICAS	HF
8	30MHZ A 300 MHZ	ONDAS MÉTRICAS	VHF
9	300MHZ A 3000 MKHZ	ONDASDECIMETRICAS	UHF
10	3GHZ A 30 GHZ	ONDAS CENTIMETRICAS	SHF
11	30GHZ A 300 GHZ	ONDAS MILIMÉTRICAS	EHF
12	300GHZ A 3000 GHZ	ONDAS DECIMETRICAS	

2.2.3- Polarización:

La dirección de los campos descansa en cierto plano y dirección y esta dirección no cambia apreciablemente sobre una distancia razonable de recorrido. Se ha convenido en referirse a la polarización de una onda de radio ya sea como horizontal o vertical. Una onda polarizada verticalmente es una onda en la cual las líneas eléctricas de fuerza tienen una dirección vertical; es decir, son perpendiculares a la superficie de la tierra. Naturalmente, en una onda polarizada

verticalmente las líneas magnéticas son horizontales. Una onda polarizada horizontalmente es una onda en la cual las líneas eléctricas de fuerza tienen una dirección horizontal. En estas condiciones las líneas magnéticas de fuerza son verticales.

De esta manera, la polarización de la onda se designa como la dirección del campo eléctrico. El escogimiento del campo eléctrico como referencia se hace por que generalmente la intensidad de la onda se mide en términos de la intensidad de campo eléctrico voltios, milivoltios y micro voltios por metro. Esto es verdadero porque cuando se emplea una antena de un solo alambre para extraer energía de una onda de radio que pasa, se obtendrá una recepción máxima sí la antena esta orientada de modo que queda tendida en la misma dirección que el campo eléctrico. Así debe usarse una antena vertical para la recepción eficiente de las ondas polarizadas verticalmente y una antena horizontal para la recepción de ondas polarizadas horizontalmente cuya dirección de recorrido es paralela a la superficie de la tierra.

2.2.4- Intensidad:

En el espacio libre a medida que una onda electromagnética se aleja de la antena que la radia sufre una progresiva disminución en su intensidad, siendo esta inversamente proporcional a la distancia.

En la propagación terrestre y a través de la atmósfera hay una serie de condiciones que disminuyen o aumentan la intensidad recibida en un punto distante.

La intensidad de la onda electromagnética de radio se mide por la diferencia de potencial que existe entre dos puntos situados en la dirección del campo eléctrico y separado en un metro.

La unidad de medida es el voltio / metro, pero dado que es una unidad grande y normalmente se utilizan submúltiplos de estas mismas unidades.

2.2.5- Fenómenos de Propagación:

En la propagación de ondas de radio existe una serie de fenómenos, comunes a otras radiaciones electromagnéticas, como las luminosas. Estos fenómenos son: la reflexión, refracción y la difracción.

LA REFLEXION.- Cuando una onda choca con la superficie y es devuelta normalmente en parte se produce una reflexión, en el caso de que esta superficie sea buena conductora reflejará casi toda la energía que llegue a ella, disminuyendo su poder reflexivo a medida que sea más aislante, es decir el poder de reflexión de una superficie es directamente proporcional a su conductividad. En la figura 2.3, observaremos la difracción de ondas para un mejor entendimiento.

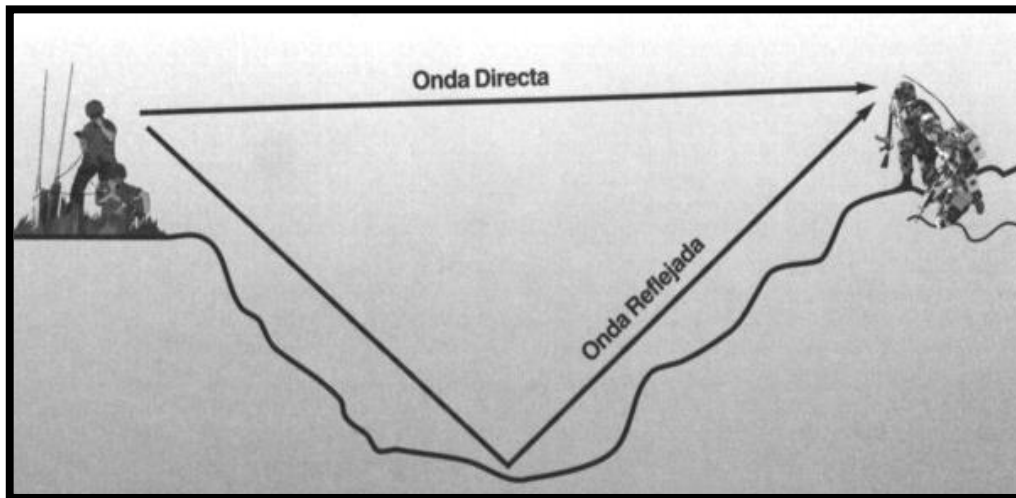


Figura 2.3. Reflexión de ondas.

LA REFRACCION.- Es el fenómeno que desvía la dirección de propagación de las ondas de radio cuando estas pasan de un medio a otro en el cual la velocidad de propagación es diferente, en la atmósfera se da esta circunstancia por varias causas como: la temperatura, humedad, etc. Producen una diferente conductividad en distintas capas. Algunas veces pueden confundirse la refracción con la reflexión, debido a la fuerte intensidad con que se reciben las ondas.

LA DIFRACCIÓN.- Sabemos que las ondas de radio tienen en muchos casos propiedades semejantes a las lumínicas. Todo rayo luminoso que encuentre un obstáculo en su trayectoria produce sombra y penumbra, Una onda de radio que encuentre un obstáculo deja al otro lado de él una zona de sombra o un área en la

cual no llega esta onda y una parte entre la sombra y la zona iluminada en donde la intensidad de campo es muy pequeña en comparación con el área de radio directo. En la figura 2.4, podemos apreciar la difracción de las ondas para una mejor ilustración.

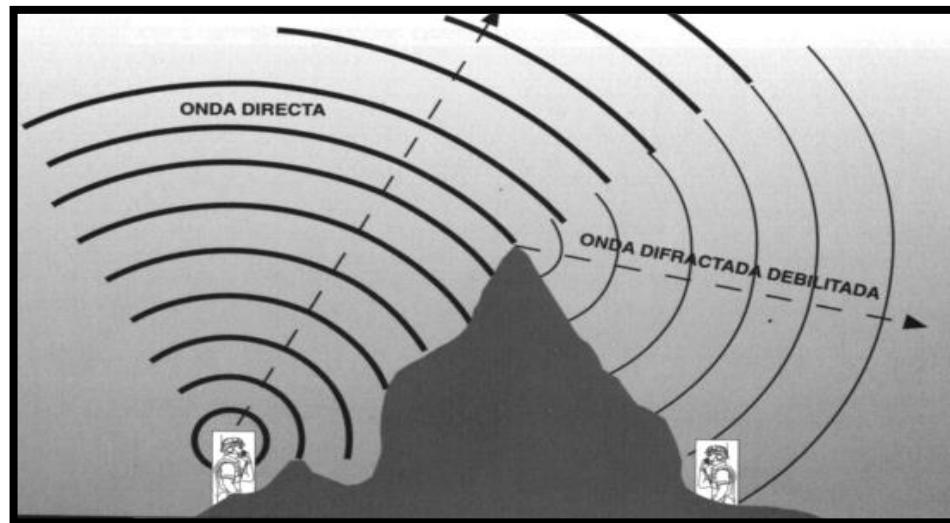


Figura 2.4. Difracción de ondas.

2.2.6. - Tipos de Propagación:

El camino que recorre una onda electromagnética desde que es radiada la antena de emisión es recibido por la de recepción no siempre es el mismo, depende de varios factores principalmente de su frecuencia o longitud de onda.

Según sea el medio de propagación se clasifican en:

- Ondas terrestres
- Ondas troposféricas, y
- Ondas ionosféricas.

Para una mejor ilustración observaremos la figura 2.6.

Onda Terrestre.- Se llama onda terrestre a las ondas de radio que se propagan a muy poca altura sobre la tierra, esto es cerca de su superficie. Estas ondas son afectadas por los accidentes geográficos y la onda que llega a la antena receptora es la resultante de la onda directa y la reflejada por el suelo. Depende de variables como la frecuencia, la naturaleza del suelo y la altura de las antenas. Por este sistema se propagan muchas de las ondas medias.

Onda Ionosférica.- Sin duda alguna, las frecuencias en el espectro de VHF-UHF-SHF constituyen un potencial enorme de anchura de banda en comparación con la banda de HF.

Estas bandas se caracterizan principalmente por disfrutar de unos sistemas de propagación muy especiales y que no son como las de HF sino muy diferentes.

En principio se creía que las comunicaciones en las frecuencias de VHF y superiores solo servían para comunicaciones locales con distancias relativamente cortas y en comunicaciones punto a punto en donde los factores que más influyen en el alcance son la elevación de las antenas, la potencia y la sensibilidad del receptor.

Las antenas son relativamente pequeñas y eficientes al compararlas con las de HF con lo que podemos lograr que la potencia entregada por el transmisor sea muchas veces mayor, dirigiendo la onda hacia donde nos interese y radiar con unos ángulos muy pequeños, ya que fácilmente logramos tener la antena elevada unas cuantas longitudes de onda del suelo y la conductividad de esta afecta muy poco.

En estas bandas afecta muy poco los ruidos cósmicos y atmosféricos (solo algo en los 6 metros), por lo que la sensibilidad del receptor viene dada por su nivel de ruido propio; en cambio es afectada en gran manera por las condiciones meteorológicas, a veces en periodos muy malos de propagación y en ocasiones en grandes aperturas facilitando la comunicación a largas distancias.

Se puede contar con fenómenos de propagación con los que se puede comunicar a larga distancia dentro de nuestros límites de potencia, estos son:

refracción troposférica, difusión troposférica, refracción ionosférica, dispersión ionosférica, reflexión por aurora, transecuatorial, reflexión por meteoritos, reflexión lunar y comunicaciones a través de satélites. Esto demuestra las grandes posibilidades de estas frecuencias. En la figura 2.5 veremos las capas ionosféricas.

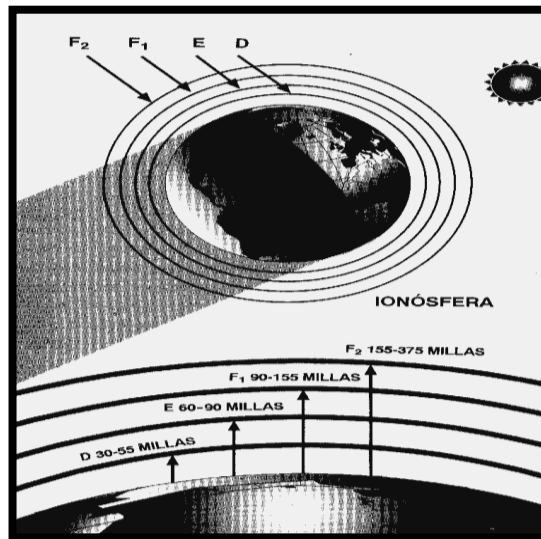


Figura 2.5. Capas de la ionósfera.

Onda Troposférica.- Cuando las ondas de radio salen de nuestra antena hacia el espacio, se ven influidas por la propagación que en cierta manera afecta el alcance que podemos obtener.

La mayoría de comunicaciones que hacemos en VHF y UHF son afectados por la propagación Troposférica, o sea por las condiciones de propagación de la

parte de la atmósfera continua de la superficie de la tierra y que se extiende hasta 10 Km de amplitud (tropósfera).

Debido a las variables de presión, temperatura y vapor de agua contenidos en esta capa, el alcance que podríamos esperar de nuestras transmisiones queda bastante reducido, influyendo la altura de las antenas y los equipos empleados.

En el caso de que la atmósfera fuese homogénea, el alcance sería el horizonte visible entre antenas, pero para un caso estándar de atmósfera, las ondas de radio en la parte de VHF y UHF se curvan teniendo tendencia a viajar paralelas a la superficie de la tierra, lo que motiva que el horizonte visual que teníamos como alcance se vea incrementado en del 15% al 30% del mismo y tengamos como horizonte de radio los $\frac{4}{3}$ del horizonte óptico.

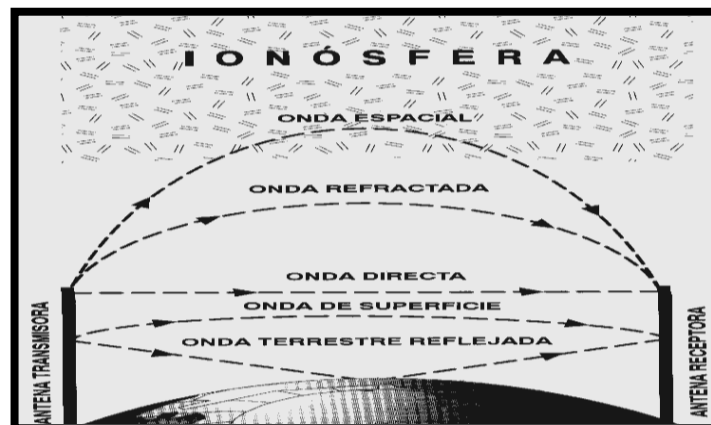


Figura 2.6. Tipos de propagación de ondas.

2.3. - Líneas de transmisión:

2.3.1. Generalidades:

La línea de transmisión es el medio artificial por el cual se transporta la energía de un punto a otro. En nuestro caso entendemos por línea de transmisión la que pueda transportar energía de radiofrecuencia entre el transmisor y la antena, la antena o el receptor o entre dos equipos (transmisor y receptor).

Las líneas de transmisión además de emplearse en los ejemplos anteriores, tiene otras aplicaciones como: filtros de onda, inversores de fase, circuitos tanque resonantes, transformadores de impedancias y correctores de fase.

Toda línea de transmisión tiene unas características especiales por las cuales las distinguimos de las otras, siendo su rendimiento mejor o peor según sea la aplicación que le demos o la onda de radiofrecuencia que transporte.

Atendiendo a su constitución física las líneas de transmisiones clasifican en: unifilares, bifilares, multifilares, de cinta, tubulares, coaxiales y guía ondas, como veremos en la figura 2.7.

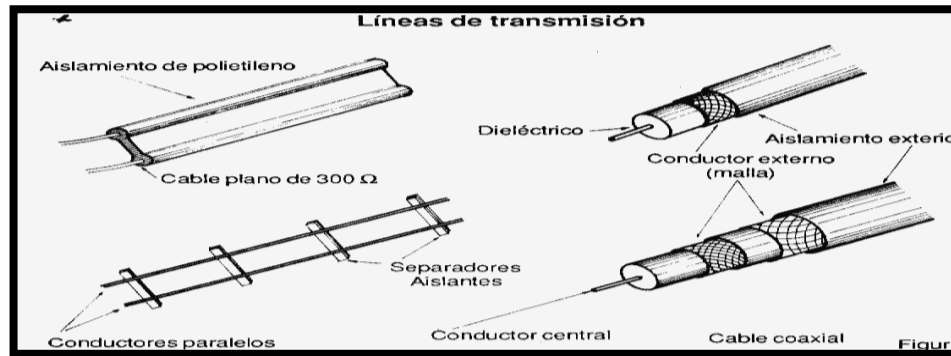


Figura 2.7. Tipos de líneas de transmisión.

Según su utilización se clasifican en dos grandes grupos: aperiódicas o sea no son resonantes y periódicas (sintonizadas).

Las líneas de transmisión no deben radiar energía, sino que la deben transportar con el máximo rendimiento posible.

2.3.2. Impedancia de una Línea:

Una de las características más importantes de las líneas de transmisión es su impedancia, que esta determinada físicamente por los conductores así como el dieléctrico que los separa.

El valor de la impedancia característica de una línea de transmisión Z_0 se halla en función de la autoinducción y de la capacidad de la misma. Se expresa por la fórmula:

$$Z_0 = \sqrt{L/C} \quad (2.2)$$

Z_0 es la impedancia característica que corresponde a la unidad de longitud, por lo que podemos afirmar que toda línea de transmisión tiene un determinado valor de impedancia característica.

2.3.3. Factor de Velocidad:

Se llama factor de velocidad a la relación entre la velocidad con que una onda de radio viaja por una línea de transmisión y la velocidad con que se propagaría en el caso de una línea teórica cuyo dieléctrico sea factor de velocidad uno.

En líneas físicas este factor siempre será menor que uno, ya que la constante dieléctrica también lo es. Cuando menor sea el factor de velocidad más tardará la onda en recorrer la línea.

Este factor en el caso de las líneas coaxiales con dieléctrico gaseoso es aproximadamente 1, en los sólidos el dieléctrico va de 0.65 a 0.80; normalmente los fabricantes lo especifican para cada tipo de cable, lo que permite expresar una línea que tenga una longitud física determinada en longitudes de onda.

Si este resultado lo multiplicamos por el factor de velocidad del cable que vayamos a utilizar tendremos la longitud física del cable correspondiente a la longitud de onda.

2.3.4. Ondas Estacionarias:

Al circular una onda de radio por la línea de transmisión cuya impedancia varia de repente, una parte de la energía será reflejada hacia el generador y se producirá ondas estacionarias. Por lo tanto, sobre la línea de transmisión tendremos dos ondas, una que circula del generador hacia el extremo de la línea y otra desde la discontinuidad al generador de tal modo que se crearan a lo largo de la línea unos puntos en que la tensión varia de cero al doble de su valor; la corriente hará lo mismo en los puntos intermedios.

Para analizar el efecto de las ondas estacionarias consideremos una línea acoplada por un extremo al generador de radio frecuencia y cuyo otro extremo este en cortocircuito. En este punto tendremos un máximo de intensidad y un cero de tensión. El valor instantáneo de la corriente reflejada será diferente a lo largo de la línea; en ciertos puntos será de tal forma que la fase de la corriente reflejada y la de salida se anularan entre sí, mientras que en otros puntos se sumaran.

La distancia entre estos puntos varía según el factor de velocidad de la línea y de la frecuencia de la onda, de tal manera que si en el extremo cortocircuitado las intensidades están en fase, a una distancia múltiple de medias longitudes de onda lo volverán a estar.

En el caso de que el extremo de la línea opuesta al generador este abierto, la corriente y la tensión circulan en concordancia de fase a lo largo de ella, hasta que lleguen al extremo abierto. En este punto la corriente tiene que desaparecer, ya que no hay movimiento y tendrá que volver sobre su camino retornando hacia el generador; en el extremo abierto de la línea existirá un máximo de tensión.

Si en el extremo abierto la corriente esta en fase, volverá a estarlo en un punto distante de aquel un cuarto de onda y en todos los múltiplos impares. La onda reflejada tiene la misma velocidad de propagación sobre la línea de transmisión que la onda incidente.

2.3.5. Terminación de las líneas:

Hemos visto los casos en que la línea de transmisión termina en corto circuito o esta abierta.

Cuando la línea termina con una resistencia pura, parte de la potencia de radiofrecuencia será absorbida por la resistencia; la potencia reflejada será inferior a la incidente y, por lo tanto, en ningún punto de línea la tensión y la intensidad de la onda reflejada podrá anular la tensión e intensidad de la onda incidente.

En el caso de estar terminada la línea en una reactancia pura, la forma de la onda estacionaria será inmediata entre la que se forma en una línea terminada en cortocircuito y la terminada en circuito abierto; la separación entre los nodos de corriente y tensión seguirá siendo de 90° .

La línea puede terminar en una capacidad grande y una inductancia pequeña; en este caso la forma de la onda estacionaria se aproximara a la de cortocircuito. En el caso de terminar en una inductancia elevada y una capacidad pequeña se la forma de onda de una terminación abierta.

2.3.6. Relación de Ondas Estacionarias (SWR):

La relación entre los valores máximo y mínimo de tensión o corriente medidos o lo largo de la línea de transmisión determina la relación de ondas estacionarias.

Cuando la potencia es absorbida completamente por la carga en el extremo de la línea, la relación de ondas estacionarias es uno. Si la línea esta terminada por la resistencia pura, tendremos que la relación de ondas estacionarias será la relación entre la impedancia de carga y la impedancia de salida.

$$\text{SWR} = Z_r / Z_o \quad (2.3)$$

Cuando mayor sea el cociente de reflexión, mayor será la ROE (Relación de ondas estacionarias) normalmente referida a la tensión o a la corriente.

2.3.7. Pérdidas en la Línea de Transmisión:

Las pérdidas en las líneas de transmisión suelen ser debidas a los aislantes y a los conductores.

Las primeras debidas al dieléctrico, son directamente proporcionales a la frecuencia; a mayor frecuencia más pérdidas.

Las segundas aumentan en función de la raíz cuadrada de la frecuencia y a causa del efecto pelicular de los conductores, que tendrán más resistencia efectiva cuanto más alta sea la frecuencia de la onda que circule por ellos.

Las frecuencias elevadas influyen más en las pérdidas debidas al dieléctrico y a medida que disminuye la frecuencia de la onda de trabajo, son las pérdidas óhmicas las que más influyen.

En las línea de transmisión que hoy se fabrican, con excepción de la atenuación gradual de la potencia a lo largo de ellas, las pérdidas mencionadas son insignificantes si se usan las líneas para lo que han sido diseñadas.

Cuando la línea de transmisión tiene pérdidas elevadas, la onda incidente se debilita a medida que circula hacia la terminación y la onda estacionaria sufre el mismo efecto, pudiéndose decir que el efecto producido al alargar una línea disipativa consiste en reducir la relación de ondas estacionarias en el extremo del generador.

2.3.8. Eficacia de una Línea de Transmisión:

La eficacia de una línea de transmisión viene determinada la frecuencia entre la potencia medida al principio de ella y la entregada al final; esta diferencia es la potencia disipada por la línea y se expresa en dB por unidad de longitud y de frecuencia.

En caso de que existan ondas estacionarias en la línea, la potencia disipada se vera incrementada por estas.

Aunque la atenuación de una línea sea baja no debe trabajarse con una ROE alta, ya que esta afectada a la disipación de la línea y la tensión entre los conductores aumenta proporcionalmente, lo que obliga a aumentar la separación entre ellos o a usar mejores aislantes para una misma frecuencia de trabajo.

2.3.9. Líneas Resonantes:

La línea resonante o sintonizada es una línea sensible a la frecuencia de la corriente que circula por ella, siendo la impedancia de entrada función de su longitud y de la frecuencia, la longitud es el múltiplo de media onda de la frecuencia de trabajo y la impedancia de entrada es igual a la de carga.

A lo largo de la línea resonante circulan gran cantidad de ondas estacionarias, ya sea por una deficiente adaptación de impedancia con la carga o por que deliberadamente se ha diseñado el conjunto para que trabaje en estas condiciones aunque ocasionen un aumento de disipación, reducción de la eficacia y aumento de las dimensiones físicas.

2.3.10. Líneas no Resonantes:

Es una línea en que la SWR es baja, la impedancia no varia con la longitud, siendo muy próxima a la de la carga. En estas condiciones se dice que se trata de una línea de transmisión no resonante que permite trabajar con cualquier frecuencia y longitud; la distribución de la tensión e intensidad a lo largo de ellas es uniforme.

2.3.11. Líneas Bifilares:

Esta línea de transmisión consta de dos conductores paralelos colocados uno cerca del otro, para evitar radiaciones e inducciones; los conductores se mantienen separados mediante un material aislante: cristal, polietileno u otros, de bajas pérdidas convenientemente colocado, de manera que el dieléctrico sea el aire en un punto muy elevado.

La línea bifilar es de bajas pérdidas y barata, aunque su instalación es complicada ya que hay que mantenerla trenzada para conservar su paralelismo y simetría, así como tenerla alejada de los objetos metálicos y paredes.

Siendo aconsejable que a lo largo de ella se hagan varias transposiciones para igualar el efecto de capacidad de los conductores con el suelo. La impedancia característica de este tipo de línea viene dada por la fórmula:

$$Z_0 = 276 \log D/d \quad (2.4)$$

En donde D es la distancia entre los conductores y d es el diámetro de estos. La impedancia más usual de estas líneas está comprendida entre 400 y 600

Ω , pudiendo diseñarse para otras impedancias, utilizando los mismos conductores pero variando la distancia entre ellos.

2.3.12. Radiación de las Líneas:

Una línea de transmisión recorrida por una corriente alterna produce a su alrededor un campo eléctrico y otro magnético. Cuando se trata de bajas frecuencias, el campo creado en un semiciclo vuelve al conductor durante el semiciclo contrario y se anula, a las ondas de radio no les da tiempo de volver al conductor antes del otro semiciclo, radiando al espacio parte de la energía electromagnética.

En el caso de las líneas bifilares, los campos creados en los conductores tienen la misma intensidad, pero de sentido opuesto, anulándose el campo alrededor de los dos conductores.

En la práctica puede suceder que una pequeña parte se radie, ya que los dos conductores se encuentran algo separados, siendo esta radiación función de la separación.

En el caso de tratarse de una línea plana y equilibrada en la que la relación entre la separación de conductores y la longitud de onda es menor de 0,01 se puede considerar nulo el campo radiado.

La radiación es una pérdida más de la línea de transmisión y aumenta considerablemente en el caso de líneas resonantes o con muchas ondas estacionarias.

2.3.13. Cables Trenzados:

Podemos improvisar una línea de alrededor de 75Ω de impedancia partiendo del hilo empleado en las instalaciones eléctricas comunes. Para ello sirven dos hilos de cobre de 2mm cubiertos con plástico, retorcidos el uno sobre el otro.

Esta línea además de barata no es fácilmente influible por la humedad, puede pasar relativamente cerca de objetos metálicos y su atenuación no llega a 3db cada 30 metros para frecuencias inferiores a 30 MHz; el factor de velocidad varia entre 0,6 y 0,7 dependiendo del aislante. En la figura 2.8 tenemos un ejemplo de cable par trenzado.



Figura 2.8.Par trenzado.

2.3.14. Cables Coaxiales:

La disposición de esta línea consiste en un conductor ubicado en el centro de la circunferencia que forma el otro conductor o sea que el primer conductor queda envuelto por el otro de una forma equidistante. Para mantener este espaciado equidistante se utilizan diversos materiales dieléctricos.

Todos los cables coaxiales de dieléctrico sólido se utilizan por su fácil instalación; el conductor exterior va envuelto en una capa de plástica para su protección (normalmente vinilo).

El conductor central está formado por varios hilos de menor diámetro trenzados entre sí para darle mayor flexibilidad formando un conductor multifilar; entre este y el exterior está el dieléctrico que debe tener las características de inalterabilidad, resistencia y una buena constante dieléctrica.

El más común de los materiales usados para este fin es el polietileno, se trata de un material estable e inerte, de color gris claro translúcido que funde a 100° C y al solidificarse vuelve a su aspecto anterior. En la figura 2.9. tenemos un ejemplo de cable coaxial.

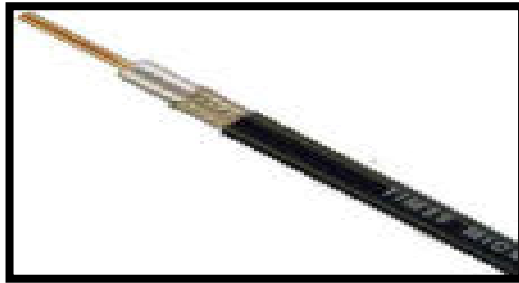


Figura 2.9. Cable coaxial.

2.3.15. Guía Ondas:

Cuando la frecuencia de la onda electromagnética que circula por una línea de transmisión aumenta, las pérdidas se hacen mayores. Al trabajar con las frecuencias de microondas las pérdidas ocasionadas en las líneas convencionales las hacen inutilizables y la transmisión hay que hacerla a través de tubos, dimensionados transversalmente según las longitudes de onda que se tenga que transmitir.

Generalmente la sección de estos tubos llamados GUIAONDAS, tiene forma rectangular; por el interior de ellos la onda se propaga en forma de campos eléctrico y magnético llamados modos.

La energía es transferida hacia fuera y hacia dentro del GUIAONDAS a través de ranuras practicadas en sus paredes. También se pueden hacer mediante

un bucle que corte las líneas magnéticas o una antena o sonda colocada paralela a las líneas eléctricas.

En el caso de utilizar ranura, el acoplamiento es eléctrico cuando estas líneas pasan al espacio externo, siendo el tamaño, forma y orientación de la ranura lo que caracteriza la naturaleza y el grado de acoplamiento. Para una mejor ilustración tenemos la figura 2.10.

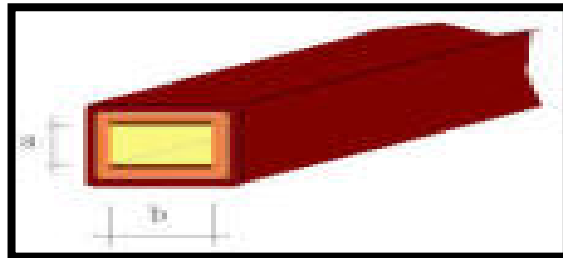


Figura 2.10. Guía ondas.

2.3.16. Fibra Óptica:

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio flexibles, del espesor de un pelo. Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de

procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas). En la figura 2.11 se muestra las fibras ópticas.



Figura 2,11. Fibras ópticas.

2.4. Las Antenas:

2.4.1. Características de las Antenas:

Las características de las Antenas son las mismas tanto si se usan para transmitir como para recibir, por lo cual se puede decir que toda buena antena en transmisión también será una buena antena en recepción.

A continuación se detallan las características principales de una antena:

2.4.1.1. Radiador Isotrópico:

Se llama radiador isotrópico a una antena imaginaria que radiase igual energía exactamente en todas las direcciones; esta antena estaría en el centro de

una esfera en la que todos los puntos de su superficie recibirían la misma cantidad de energía.

El radiador isotrópico solo existe teóricamente, ya que en un punto situado en el centro de la esfera no puede ser una antena, puesto que esta exige unas dimensiones físicas de acuerdo con la frecuencia de trabajo y por lo tanto tendrá una mayor radiación hacia unos puntos que hacia otros.

La ganancia de una antena es la relación o cociente entre la potencia entregada a la antena y la que tendríamos que entregar al radiador isotrópico para obtener la misma intensidad de campo en un punto común a los dos lóbulos (situado en la dirección del lóbulo principal de la antena). La ganancia de una antena se expresa en dB.

2.4.1.2. Resonancia de una Antena:

Para que una antena de un buen rendimiento, tiene que resonar a la frecuencia de trabajo y tener cancelada la componente reactiva. Cuando esto se realiza, para una misma potencia entregada circulará mayor corriente. La resonancia de una antena se logra a lo largo de ella se establecen vientres y nodos de intensidad y en función del número de semiondas que pueda contener.

Para el caso de una antena aislada de tierra, la medida de resonancia será igual a media longitud de onda y sus múltiplos pares, ya que en los extremos de la antena solo pueden existir nodos de intensidad.

Tratándose de una antena vertical conectada a tierra por un extremo, la longitud más corta en que se obtiene la resonancia es un cuarto de onda; la distribución de las ondas estacionarias en este tipo de antena no admite más que un nodo de corriente en su extremo y un nodo de tensión a la altura de la toma de tierra.

Por lo tanto de una antena vertical con toma de tierra resonará cuando tenga una longitud de un cuarto de onda o un múltiplo impar de ella.

La longitud eléctrica de una onda de radiofrecuencia esta relacionada con la velocidad de propagación de las ondas en el espacio y con su respectiva frecuencia:

$$L = 300000/F; L, \text{ en metros y } F \text{ en Hz.} \quad (2.5)$$

La longitud física de una antena siempre será mayor que su longitud eléctrica a causa de objetos próximos, de la relación longitud / diámetro y del efecto de los aisladores en las puntas de la antena; en la práctica se puede calcular la longitud física por la fórmula anterior.

2.4.1.3. Impedancia de una Antena:

Impedancia es la relación que existe en un punto de la antena entre la tensión y la intensidad; si alimentamos a la antena con la frecuencia que corresponde a su resonancia, la impedancia coincide con la resistencia de radiación. En el punto de alimentación tendremos un máximo de corriente creado por la potencia entregada la cual será disipada por la antena.

Conociendo la potencia suministrada a la antena y la corriente de la misma en el punto de alimentación, la fórmula de Joule:

$$R = W / I \quad (2.5)$$

En donde:

W, Es la potencia y

I, Es la corriente

Permite hallar el valor de la resistencia o la impedancia de la antena, este dato es válido cuando la antena está alimentada en punto de máxima intensidad, de tal manera que cuando nos alejamos de él, la impedancia crece cuando a varios miles, de ohmios en los extremos de la antena en donde tenemos los mínimos de intensidad.

Cuando la antena es alimentada cerca de un máximo de intensidad, la impedancia es baja, diciéndose entonces que está alimentada en corriente. Hay casos en los que la antena está alimentada en un punto de mínima corriente a un máximo de tensión; entonces su impedancia es alta y se dice que está alimentada en tensión. La relación longitud / diámetro de la antena tiene en su impedancia.

2.4.1.4. Anchura de Banda:

La gama de frecuencias en que puede funcionar una antena sin sobrepasar el límite prefijado de ondas estacionarias en la línea de alimentación, es denominada anchura de banda.

La impedancia del punto de alimentación de una antena construida con elementos gruesos, varía menos que en una de elementos delgados, lo que indica que una antena con un factor de calidad (Q) bajo permite mayor anchura de banda que una con (Q) alto, la cual solo podrá ser utilizada en un margen muy estrecho de frecuencias.

La ganancia y la impedancia limitan normalmente el margen de funcionamiento en la región de frecuencias de HF, mientras que el cambio de características limita el margen de las frecuencias de VHF.

2.4.2. Tipos de las Antenas:

2.4.2.1. La Antena Dipolo:

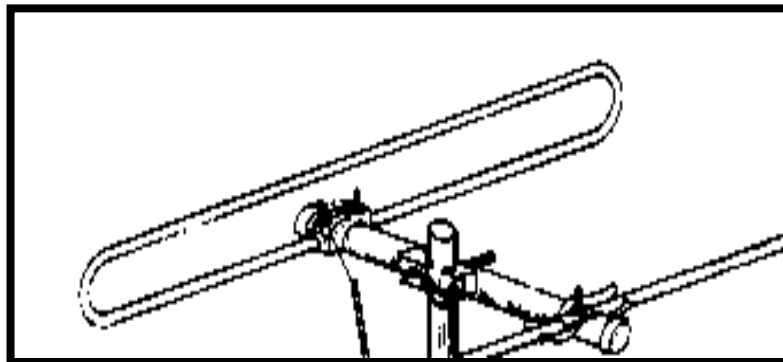
La antena dipolo o antena de media onda es una de las más simples de construir. Esta formada por un solo hilo de longitud aproximada a media longitud de onda; a partir de esta antena se han creado otras antenas más complejas.

La resistencia de radiación de una antena dipolo es de 73Ω siempre que la radiación de su longitud física y de diámetro de conductor con que este realizada sea muy grande.

Se puede considerar que su resistencia puede variar entre 50 y 73Ω para casos prácticos, dependiendo de varias circunstancias como es su construcción física (aisladores, conductor) y su instalación (situación respecto al suelo).

La resistencia de radiación o impedancia depende de una muy pequeña parte del conductor empleado; si utilizamos un conductor de gran diámetro, la capacidad de la antena aumenta, mientras que a la vez disminuye la inductancia.

La mayor relación inductancia / capacidad hace que la antena tenga una Q más alto y su ancho de banda quede limitado a un poco kilohertzios y viceversa. En la figura 2.12. podemos apreciar un dipolo.



Figuran 2.12. Dipolo

2.4.2.1.1. Dipolo Elemental Magnético:

Al introducir un material magnético en el interior de una espira se produce un aumento de la intensidad del campo magnético y de flujo a través de ésta y por la ley de Faraday tenemos un correspondiente aumento de la fuerza electromotriz

inducida en la espira, que es realmente la tensión que medimos en los bornes de la carga que pongamos en la espira.

2.4.2.1.2. Dipolo Elemental Eléctrico:

Este elemento de corriente o dipolo elemental tiene importancia por sí mismo, ya que un gran número de antenas en baja frecuencia poseen estas características y además, por superposición de elementos de corriente, pueden ser analizadas distribuciones de mayor longitud y no uniformes. El diagrama de radiación de campo es similar en apariencia al de potencia, pero la función representada sería en este caso $\sin\theta$. En la figura 2.13 observaremos un dipolo eléctrico.

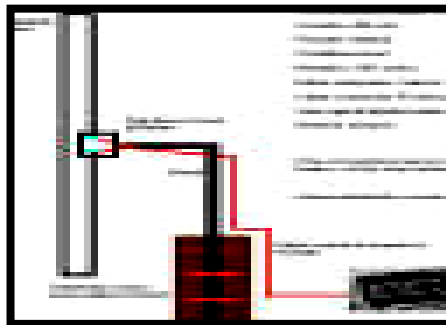


Figura 2.13. Dipolo eléctrico.

2.4.2.2. Antena Dipolo Plegada:

Esta antena esta construida con dos conductores paralelos, como si se tratara de una línea abierta, con los extremos cortocircuitados; la bajada se conecta a uno de los conductores.

La longitud entre extremos es la misma que para el dipolo unifilar, siendo la impedancia una de las principales características del dipolo plegado (unos 240Ω), lo que permite su conexión a una línea de conexión de 300Ω .

En el caso de un dipolo plegado, la corriente se divide entre los dos conductores, y la resistencia queda multiplicada por cuatro.

Si se trata de más conductores en el dipolo, la intensidad se divide por el número de ellos la resistencia queda multiplicada por el número de conductores elevado al cuadrado.

2.4.2.3. Antena Dipolo Multibanda:

Todos los dipolos descritos anteriormente solo funcionan correctamente para un margen de frecuencia muy pequeño, de tal manera que solo se los puede utilizar para una banda, necesitando uno para cada una de las bandas que se desea transmitir.

La propiedad de resonancia del dipolo nos permite alimentar con la misma bajada a varios dipolos resonantes a diferentes frecuencias.

Es conveniente instalar un sistema de balun de relación 1 a 1 para pasar de la simetría de la antena a la línea coaxial; de esta manera puede instalarse entre dos puntos o postes, entre los cuales se colocará los diferentes dipolos ordenados de mayor a menor longitud, con sus centros unidos a la bajada del coaxial.

Al trabajar con esta antena existe el problema de radiación de armónicos detalle que puede solucionarse utilizando un acoplador de antena (coaxial a coaxial) instalado cerca del transmisor para obtener la mejor relación de onda estacionaria.

2.4.2.4. Antena Dipolo Vertical:

Si colocamos un dipolo en posición vertical, radiará ondas polarizadas en este sentido y formara un lóbulo de radiación en el plano horizontal, casi omnidireccional.

La línea de alimentación del dipolo, así instalado, tendrá que llegar perpendicular a el por lo menos en un tramo de media longitud de onda para evitar influencias mutuas.

A partir de dipolos verticales se puede formar redes colineales de radiación vertical, que darán una ganancia aproximada de 1dB por elemento

superpuesto; la alimentación y acoplamiento son similares a los de las redes colineales en posición horizontal.

Para tener polarización vertical también se puede emplear cualquier antena con radiación horizontal girándola 90° y obtener así la característica de directividad y ganancia propia de ellas en el plano vertical, pudiendo emplearse antenas Yagi, rómbicas, etc., para la polarización vertical colocando sus elementos verticalmente.

2.5. Parámetros de la antena omnidireccional de cuatro dipolos de VHF/FM:

2.5.1. Atenuación:

La atenuación de una Antena básicamente se expresa en decibeles, la atenuación es la disminución en amplitud de una señal entre dos puntos cualesquiera de una conexión entre el equipo amplificador y la antena que será la encargada de realizar la doble función de envío y recepción de cualquier señal.

La atenuación es lo opuesto a la amplificación, y puede definirse para voltaje, corriente y potencia. En general, la atenuación en voltaje para la entrada y salida es de:

$$\text{Atenuación (dB)} = 20 \log (E_{\text{ent}}/E_{\text{sal}}) \quad (2.6)$$

En donde:

E_{ent} , voltaje de entrada

E_{sal} , voltaje de salida

Cuando existe un atenuador de corte, una guía de onda tiene una frecuencia de operación mínima bajo la cual no es útil como una línea de transmisión porque causa una atenuación grande de la señal.

La frecuencia de atenuación mínima usable de una guía de onda depende de sus dimensiones de la sección transversal.

Cuando una sección de la guía de onda de una antena ya sea direccional o omnidireccional se inserta deliberadamente en un circuito y su frecuencia de atenuación en corte es mayor que la frecuencia de operación de dicho circuito, la guía de onda se convierte directamente en un atenuador. Este dispositivo, usado en frecuencias altas y ultra altas, se llama atenuador de corte.

La cantidad de atenuación depende de las diferencias entre las frecuencias de operación (f_o) y la frecuencia de atenuación en corte (f_c) de la

guía de ondas de los distintos tipos de antenas. Mientras mayor sea la sección de disipación de la guía de ondas de las antenas, mayor será la atenuación.

2.5.2 Potencia:

Cuando una antena de transmisión tiene ganancia de potencia, el efecto en la dirección favorecida es equivalente a un incremento en la potencia del transmisor, para obtener una duplicación de la potencia efectiva radiada en una cierta dirección, por ejemplo, puede hacerse una de dos cosas: puede duplicarse realmente la potencia de salida del transmisor o puede incrementarse la ganancia de potencia de la antena en esa dirección, en tres decibeles.

La potencia efectiva radiada toma en cuenta tanto la ganancia de la antena como la potencia de salida del transmisor. También le afectan las pérdidas en la línea de transmisión y en los dispositivos de acoplamiento de impedancias.

Mientras mayor sea la ganancia directa de la antena mayor será la potencia efectiva radiada.

La potencia efectiva radiada se determina, por lo general, utilizando un dipolo de $\frac{1}{2}$ onda como antena de referencia. Sin embargo, también puede determinarse

con respecto a un radiador isotrópico. La potencia efectiva radiada es un criterio importante en la determinación de la eficacia de una estación transmisora.

La potencia efectiva radiada (PER) puede ser igual a muchas veces la potencia de salida del transmisor. La especificación de (PER) se usa más a menudo en las frecuencias muy altas que en las frecuencias altas e inferiores a estas.

2.5.3. Impedancia:

El valor de la impedancia de una antena es la resistencia que esta presente en su punto de conexión a la señal de corriente alterna que le llega del transmisor por la línea de transmisión.

La impedancia debe ser igual a la impedancia de la línea de transmisión para que haya una máxima transferencia de energía.

La impedancia se mide en ohmios y el valor adoptado para las antenas de los equipos de radio es de 50Ω . Cuando la impedancia de una antena es de un valor diferente se utiliza bobinas o transformadores con el fin de acoplar las impedancias.

Cualquier antena exhibe una impedancia definida en su punto de alimentación a una frecuencia particular. Esta impedancia suele cambiar conforme cambia la frecuencia. La impedancia en el punto de alimentación de la antena consta de resistencias de radiación y de reactancia en otras palabras inductiva o capacitiva.

Se dice que una antena esta en resonancia, a una frecuencia en particular, cuando la reactancia es cero. Por lo tanto, la impedancia es igual a la resistencia de radiación en ohmios la frecuencia a la cual se presenta resonancia se llama la frecuencia de resonancia de la antena. Algunas antenas solo presentan una sola frecuencia de resonancia mientras que otras tienen muchas.

La resistencia de radiación a la frecuencia de resonancia de la antena depende de varios factores, incluyendo la altura respecto del suelo o terreno y el orden armónico y si la antena esta sintonizada capacitiva o inductivamente. La resistencia de radiación puede ser tan baja como la fracción de un ohmio o tan alta como varios miles de ohmios.

Cuando la frecuencia de operación se hace mayor que la frecuencia de resonancia de una antena, en el punto de alimentación aparece reactancia inductiva.

Cuando la frecuencia de operación es menor que la del punto resonante, aparece reactancia capacitiva del tipo opuesto al tiempo presente debe conectarse en serie con la antena.

2.5.4.Frecuencia

Una antena esta en resonancia siempre que tenga valor cero la reactancia en el punto de alimentación (el punto en que se una a la antena la línea de alimentación). Esto puede ocurrir solo a una frecuencia, o puede tener lugar a varias frecuencias.

Para una antena vertical de un cuarto de onda, en operación contra un plano de tierra perfecto. La antena vertical de un cuarto de onda despliegue condiciones resonantes a todas las armónicas de su frecuencia fundamental por lo tanto, si una antena vertical de un cuarto de onda es resonante a una frecuencia particular f , también será resonante a $2f$, $3f$, $4f$, y así sucesivamente sin embargo, la impedancia no es necesariamente la misma a las armónicas que a la frecuencia fundamental. A las frecuencias que corresponden a las armónicas impares de la fundamental.

Una antena que opera en resonancia, en donde la resistencia de radiación es casi la misma que la impedancia característica o sea Z_0 de la línea de alimentación, funciona con buena eficiencia siempre que sea eficiente el sistema de tierra.

2.5.5.Ganancia:

Como consecuencia de la mayor concentración de la radiación en ciertas direcciones, se produce intensidades de campo en un punto dado para las cuales sería necesario una mayor potencia del transmisor si la antena distribuyera la radiación de forma ideal en todas las direcciones.

La relación entre la intensidad de campo electromagnético creado por una antena en un punto en la dirección de su mayor eficacia y la intensidad de campo

que en el mismo punto produciría la antena ideal antes citada, determina la ganancia de la antena en dicha dirección referente.

Esta ganancia en una dirección se consigue a expensas de reducir la radiación en otras direcciones en las que no serán útiles.

En las antenas omnidireccionales, la ganancia está comprendida entre 0 y 4 dB (según modelos), con relación a la antena patrón utilizado para estas medidas, que es un dipolo de $\frac{1}{2}$ longitud de onda.

Otras normas de medida de la ganancia de las antenas omnidireccionales establecen que esta debe indicarse con relación a la antena ideal de radiación

esférica o isotrópica que si bien no puede emplearse en la practica para hacer las mediciones por no existir ni poderse construir, daría lugar a que las antenas omnidireccionales comerciales anuncian ganancias comprendidas entre 2 y 6 dB, en lugar de otros tipos de antenas.

Otra forma de ver cual es la potencia que tiene una antena omnidireccional es analizando la ganancia de potencia es la razón de potencia efectiva radiada a la potencia real de R_f aplicada al punto de alimentación, la ganancia de potencia puede expresarse también en desibeles.

La ganancia de potencia se mide siempre en la dirección favorecida de una antena, la cual es la dirección en azimut en la que la que la antena tiene funcionamiento optimo.

Hay que tener en cuenta el patrón de radiación por lo que se dice una antena tiene ganancia no en el sentido que amplifica la señal recibida del transmisor, sino que la concentran hacia una sola dirección lo que se hace ver como si la señal fuera emitida con una potencia mayor. Este es el caso de las antenas direccionales que dirigen sus ondas hacia un solo sector llegando la señal con mas fuerza que si fuera emitida por una antena omnidireccional. Se dice además que a mayor cantidad de desibeles mejor calidad de la antena.

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

Como hemos venido mencionando una antena no es un amplificador de modo que no puede radiar más potencia que la que alimenta al transmisor hacia el espacio, una antena de BC no puede legalmente radiar más de 4 o 5 vatios.

Sin embargo, una antena con ganancia puede proporcionar casi 4 dB de ganancia (2.5 veces la potencia con respecto a una de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda concentrando la energía radiada en un ángulo menor y más útil, esto se logra alargando el radiador, o sea el tubo principal de la antena, hasta longitudes de $\frac{5}{8}$ o $\frac{1}{2}$ longitud de onda).

La antena de $\frac{5}{8}$ de longitud de onda provee la más alta ganancia. A medida que su longitud incrementa mas allá de $\frac{5}{8}$ de longitud de onda; la energía en el lóbulo del ángulo más bajo cae drásticamente y la mayor parte de la potencia se radia alrededor de 80° . La antena vertical de un medio de longitud de onda tiene una ganancia de aproximadamente de 1.8dB con respecto a un plano de tierra de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda, no requiere radiales en la mayoría de instalaciones por algunos diseños utilizan radiales cortos como una parte del sistema de

acoplamiento de impedancias y para desacoplar el blindaje coaxial del campo de la antena.

2.5.6. Diagrama de Radiación:

Un diagrama de radiación es una representación gráfica de las propiedades de radiación de la antena, en función de las distintas direcciones del espacio, a una distancia fija. Normalmente se empleará un sistema de coordenadas esféricas. Con la antena situada en el origen y manteniendo constante la distancia se expresará el campo eléctrico en función de las variables angulares. Como el campo es una magnitud vectorial, habrá que determinar en cada punto de la esfera de radio constante el valor de dos componentes ortogonales.

Como el campo magnético se deriva directamente del eléctrico, la representación podrá realizarse a partir de cualquiera de los dos, siendo norma habitual que los diagramas se refieran al campo eléctrico.

La densidad de potencias es proporcional al cuadrado del módulo del campo eléctrico, por lo que la representación gráfica de un diagrama de potencia contiene la misma información que un diagrama de radiación de campo. En determinadas circunstancias puede ser necesaria la representación gráfica de las fases de E , además de la amplitud de las dos componentes. Dicha representación se denomina

el diagrama de fase de la antena. Al observar la gran distancia una antena, se vería su radiación como si proviniera de un punto, es decir, los frentes de onda serían esféricos. A este punto, centro de curvatura de las superficies de fase constante, se le denomina el centro de fase de la antena, como se ve en la figura 2.14.

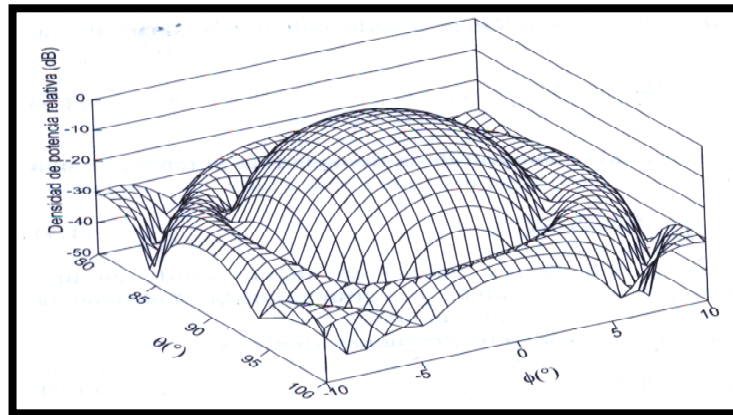


Figura 2.14. Diagrama de radiación tridimensional.

El diagrama de radiación se puede representar en forma tridimensional utilizando técnicas gráficas diversas, como las curvas de nivel o el dibujo de perspectiva

La figura 2.14 muestra el diagrama de potencia de un reflector parabólico asimétrico. Los niveles están expresados en decibelios respecto al máximo de radiación.

Si bien la información de la radiación es tridimensional, puede ser de interés, y en muchos casos suficiente, representar un corte del diagrama. Los cortes pueden hacerse de infinitas formas. Los más habituales son los que siguen los meridianos en una hipotética esfera (cortes para constante) o los paralelos (cortes con constante). La información de todos los cortes del diagrama es excesiva, por lo que se recurre a representar dicha información sólo en los planos principales.

Para antenas linealmente polarizadas se define el plano E como el que forman la dirección de máxima radiación y el campo eléctrico en dicha dirección. Análogamente, el plano H es el formado por la dirección de máxima radiación y el campo magnético en dicha dirección.

Ambos planos son perpendiculares y su intersección determina una línea que define la dirección de máxima radiación de la antena.

Los cortes bidimensionales del diagrama de radiación se pueden presentar en coordenadas polares o cartesianas. En el primer caso el ángulo en el diagrama polar representa la dirección del espacio, mientras que el radio representa la intensidad del campo eléctrico o la densidad de potencia radiada. En coordenadas cartesianas se representa el ángulo en abscisas y el campo o la densidad de potencias en ordenadas.

La representación en coordenadas cartesianas permite observar los detalles en antenas muy directivas, mientras que el diagrama polar suministra una información más clara de la distribución de la potencia en las diferentes direcciones del espacio. La figura 2.15 muestra ejemplo de ambas representaciones.

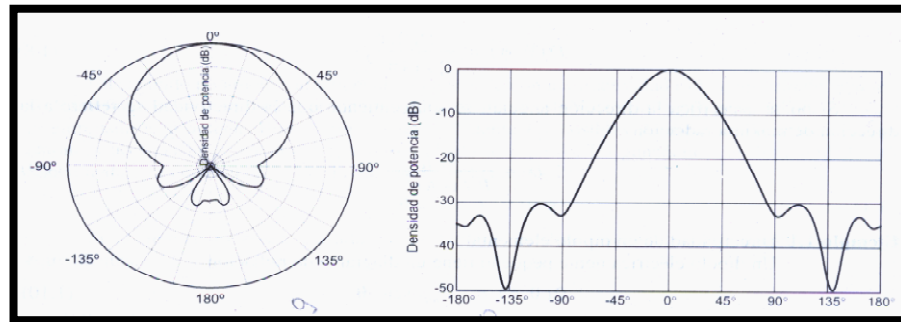


Figura 2.15. Diagramas de radiación en coordenadas polares y cartesianas.

El campo se puede representar de forma absoluta o relativa, normalizando el valor máximo a la unidad. También es bastante la representación del diagrama con la escala en decibelios. El máximo del diagrama de radiación es cero decibelios y en las restantes direcciones del espacio los valores en dB son negativos. Es importante tener en cuenta que los diagramas de campo y de potencia son idénticos cuando la escala está en decibeles.

En un diagrama de radiación típico, como los mostrados en las figuras anteriores, se aprecia una zona en la que la radiación es máxima, a la que se

denomina haz principal o lóbulo principal. Las zonas que rodean a los máximos de menor amplitud se denominan lóbulos secundarios. A continuación se definen una serie de parámetros importantes del diagrama.

El ancho de haz de 3dB es la separación angular de las direcciones en las que el diagrama de radiación de potencia toma el valor mitad del máximo. En el diagrama de campo es la excursión angular entre las direcciones en las que el valor del campo ha caído a 0,707 en valor máximo. El ancho de haz entre cero es la separación angular de las direcciones del espacio en las que el lóbulo principal toma un valor mínimo.

La relación del lóbulo principal a secundario es el cociente, expresado en dB entre el valor del diagrama en la dirección de máxima radiación y en la dirección del máximo del lóbulo secundario. Normalmente, dicha relación se refiere al lóbulo secundario de mayor amplitud, que suele ser adyacente al lóbulo principal.

La relación delante – atrás es el cociente, también en dB, entre el valor del diagrama en la dirección del máximo y el valor en la dirección diametralmente opuesta.

Si un diagrama de radiación presenta simetría de revolución en torno a un eje se dice que la antena es omnidireccional. Toda la información contenida en el diagrama tridimensional puede representarse en único corte que contenga al eje.

Se denomina antena isótropa a una antena ideal que radie la misma intensidad de radiación en todas las direcciones del espacio. Aunque no existe ninguna antena de estas características, es de gran utilidad para definir los parámetros de la siguiente sección.

2.5.7. Ancho de Banda:

El ancho de banda asignado para las antenas omnidireccionales de VHF oscila en el siguiente rango de frecuencia; de los 30MHZ A 300 MHZ.

Ancho de Banda.- Todas las antenas, debido a su geometría finita, están limitadas a operar satisfactoriamente en una banda o margen de frecuencias. Este intervalo de frecuencias, en el que un parámetro de antena determinado no sobrepasa unos límites prefijados, se conoce como el ancho de banda de la antena.

Puede ser definido respecto a múltiples parámetros: diagrama de radiación, directividad, impedancia, etc., en contra posición a la definición habitual en circuitos, que se hace sobre la impedancia.

El ancho de banda de la antena lo impondrá el sistema del que forme parte y afectara al parámetro más sensible o crítico en la aplicación. Para su especificación los parámetros pueden dividirse en dos grupos, según se relacionen con el diagrama o con la impedancia. En el primero de ellos tenemos la directividad, la pureza de polarización, el ancho de haz, el nivel de lóbulo principal a secundario y la dirección de máxima radiación. En el segundo, la impedancia de la antena, en coeficiente de reflexión y la relación de onda estacionaria.

2.5.8.Ecuación de Transmisión:

Es un sistema de comunicaciones ha de establecerse el balance de potencias entre el transmisor y el receptor, ya que en mínimo nivel de señal detecta en este último fija la potencia mínima que ha de suministrar el primero.

Si la antena transmisora radiara isotrópicamente una potencia P .. Estaríamos enviando señal por igual en todas las direcciones del espacio. Si consideramos inicialmente que el medio donde se propaga la onda no posee pérdidas, no se producirá absorción de energía en él y la potencia que atraviesa cualquier

superficie esférica centrada en la antena será constante. La densidad de potencia será inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r a la antena y vendrá dada por:

$$\rho = \frac{P_r}{4\pi r^2} \quad (2.7)$$

Una implicación importante de esta ley es que al doblar la distancia la densidad de potencia se reduce a la cuarta parte o en 6 dB. Si estamos muy alejados de la antena, la pérdida por kilómetro puede resultar muy reducida, a diferencia de las líneas de transmisión donde es una magnitud constante por kilómetro. Este es un fenómeno bien conocido; tanto en antenas como en fuentes sonoras, el decaimiento de la señal por unidad de longitud es rápido en la vecindad del foco y lento en la lejanía.

Como la densidad de potencias es proporcional al cuadrado de la intensidad de campo, tenemos también que los campos radiados por antenas decrecerán inversamente con la distancia.

Para dos antenas separadas una distancia r , conectadas a sus correspondientes transmisor y receptor, como se indica en la figura 1.5, la ecuación

de transmisión de ondas establece la relación entre la potencia recibida y la radiada, como en la figura 2.16.

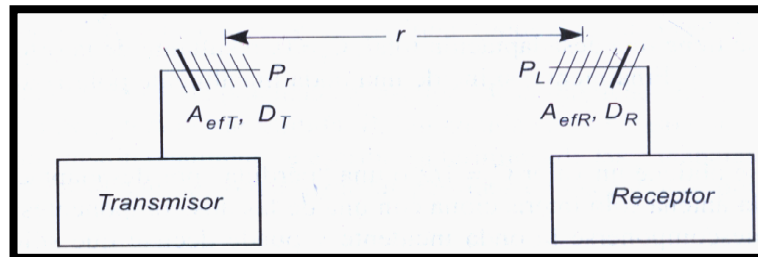


Figura 2.16. Balance de potencia entre dos antenas.

La relación entre la potencia recibida y la radiada se denomina pérdida de transmisión entre las antenas, y se acostumbra a indicar en decibelios.

2.5.9. Intensidad de Radiación:

Una de las características fundamentales de una antena es su capacidad para radiar con una cierta direccionalidad, es decir, para concentrar la energía radiada en ciertas direcciones del espacio. Será por tanto, conveniente cuantificar este comportamiento con algún parámetro que nos permita establecer una comparación entre distintas antenas. Previamente debemos definir el marco de referencia donde está situada la antena que queremos caracterizar; para ello emplearemos un sistema de coordenadas que nos permita definir cómodamente una dirección del espacio. El sistema de coordenadas utilizado habitualmente en

antenas es el esférico, ya que mediante la especificación de dos parámetros, los ángulos θ y ϕ y queda definida unívocamente una dirección del espacio. En este sistema de coordenadas se definen los vectores unitarios que forman una base ortogonal, de forma que cualquier vector puede expresarse como una combinación lineal de los tres vectores unitarios, figura 2.17.

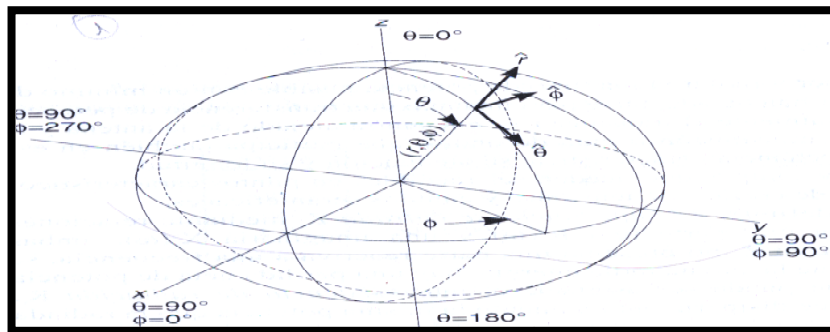


Figura 2.17. Radiador esférico.

La onda electromagnética radiada se compone de un campo eléctrico y uno magnético H (A/m); ambos son magnitudes vectoriales y están ligados por las ecuaciones de Maxwell.

2.6. Equipos para la calibración de la antena omnidireccional de 4 dipolos de VHF/FM.

Gracias al increíble desarrollo tecnológico se nos ha hecho posible efectuar mediciones científicas con precisión. Los instrumentos que puede utilizarse en la

calibración son numerosos y algunos pueden ser complicados y caros, como puede ser el analizador de espectros y diversos generadores de señales patrones.

2.6.1. Vatímetro de Radio Frecuencia:

El vatímetro es capaz de medir la potencia de un instrumento de radio frecuencia. Los vatímetros pueden ser simples o direccionales; los simples solo son capaces de medir la potencia directa de un equipo a base de disipar dicha potencia en una carga adecuada. Los direccionales en cambio pueden intercalarse en la línea de transmisión y permite medir tanto la potencia directa como la reflejada.

Los vatímetros direccionales son instrumentos de gran precisión y generalmente sus sensores son unas piezas que se puede cambiar con el fin de cambiar el margen de potencias o de frecuencias a medir. Suelen ser instrumentos bastante costosos aunque es la única forma efectiva de saber la potencia real de un equipo así como el funcionamiento de una antena, ya que proporcionan medidas reales de la potencia reflejada.

Los vatímetros direccionales se desempeñan mejor en la función de medir las potencias directa y reflejada independientemente. Cuando mayor sea la relación de potencia directa / reflejada mejor será la adaptación a la antena. Las de potencia directa a reflejada deben ser por lo menos de 10/1 o sencillamente 10, en las

instalaciones típicas, y cifras mucho mejores que estas pueden conseguir fácilmente en sistemas de antena correctamente ajustados. Cualquier problema en la antena o la línea de transmisión de conexión aparecerá como un aumento de la potencia reflejada. Figura 2.18.



Figura 2.18. Vatímetro de RF.

2.6.2.Frecuencímetro Digital:

EL frecuencímetro es un instrumento que se utiliza para conocer con exactitud cual es la frecuencia de la señal que se esta trasmitiendo. Los frecuencímetros modernos son del tipo digital y se acoplan directamente a la salida del equipo, por medio de un atenuador, o tienen una pequeña antena en su entrada para captar las señales del equipo, ver figura 2.19.



Figura 2.19. Frecuencímetro.

2.6.3.Osciloscopio:

El osciloscopio es básicamente un dispositivo de visualización gráfica que muestra señales eléctricas variables en el tiempo. El eje vertical, a partir de ahora denominado Y, representa el voltaje; mientras que el eje horizontal, denominado X, representa el tiempo.

¿Qué podemos hacer con un osciloscopio?.

- Determinar directamente el periodo y el voltaje de una señal.
- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- Determinar que parte de la señal es DC y cual AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir la fase entre dos señales.

- Determinar que parte de la señal es ruido y como varia este en el tiempo.

En la figura 2.20, tenemos un gráfico de un osciloscopio.



Figura 2.20. Osciloscopio.

CAPÍTULO III

3.- OPTIMIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ANTENA OMNIDIRECCIONAL DE CUATRO DIPOLOS DE VHF/ FM:

3.1. - Requerimientos Técnicos Generales de las antenas VHF/FM:

Una antena podría denominarse como un **** ingenio **** que transforma una corriente eléctrica alternada en ondas electromagnéticas o viceversa. También podría definirse como un sistema de conductores que radia o intercepta ondas electromagnéticas.

Las antenas omnidireccionales son aquellas que irradian un campo en todo su contorno en la forma de una figura geométrica llamada "TORO" (similar a un picarón) pero sin agujero central.

3.1.1. - Acoplamiento de Antenas (Formación de 4, 8 u 12 dipolos plegados soldados).- Llega el momento en que el aumento de elementos directores se hace complicado por problemas mecánicos (longitud de antena) y eléctricos (soporte muy grueso en relación con la longitud de onda y los elementos).

Cuando esto ocurre se ponen dos o más antenas en paralelo para lograr mayores ganancias, partiendo del hecho que al doblar la antena aumenta la ganancia en casi 3 dB, del mismo modo que si tenemos una antena que da 10 dB de ganancia, al colocar dos antenas convenientemente acopladas, obtendremos 13 dB. Si se instalan 2 antenas más (en total 4) de 10 dB cada una obtendremos una ganancia total de $10 + 3 + 3 = 16\text{dB}$ pudiendo nuevamente doblar el número de antenas para lograr $16 + 3 = 19\text{ dB}$.

Para acoplar dos o más antenas a una sola bajada hay que tener presente la fase, la impedancia y su separación. Al referirnos a la fase recordemos que todas las antenas del conjunto reciben una onda de fase y la corriente circula por todas ellas en el mismo sentido; por lo tanto habrá que conectarlas de tal manera que las corrientes se sumen. En el caso de conexiones simétricas todos los conductores centrales de los coaxiales irán al mismo lado de los dipolos, ya que en caso contrario las corrientes se restarían y en vez de aumentar la ganancia nos quedaríamos sin recepción o transmisión.

Al acoplar o conectar varias antenas conviene recordar la fórmula de la asociación de resistencias en paralelo, los principios y fórmulas de los adaptadores de cuarto de onda y lóbulos de radiación de las antenas.

El caso más sencillo de acoplamiento es el de 2 antenas superpuestas en el que se obtienen 3 dB más de ganancia respecto a una sola. Esta ganancia se consigue con la reducción del lóbulo vertical, en cuanto al lóbulo horizontal, no sufre variación respecto al de una sola antena.

La separación de las antenas es un factor a tener en cuenta y, normalmente, cuanto más larga es una antena más separación requiere.

Consiste en varios elementos radiantes constituidos por dipolos plegados, soldados, los cuales son cuidadosamente enfasados para asegurar un bajo ROE y ganancia constante en toda su banda de operación.

El material utilizado es aleación de aluminio que combina buena rigidez con bajo peso, buena resistencia a la corrosión y excelente conductibilidad. El harnes está constituidos por cables de primera marca, formando un sistema transformador de impedancias e interconexión desde la entrada de la antena hasta sus irradiantes.

Se utiliza resina de alto impacto y excelentes propiedades dieléctricas para asegurar conexiones firmes y libres de humedad bajo cualquier condición climática adversa.

Características:

Estas antenas se proveen con distinta cantidad de dipolos y en diferentes frecuencia con sus ganancias específicas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.1. VHF 136-174 MHz.

N°	Gan. Omnid.	Gan. Direc.
2 DIP	3 dB	6 dB
4 DIP	6 dB	9 dB
8 DIP	9 dB	12 dB

Tabla.3.2. características técnicas de la antena omnidireccional

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ANTENA DB 59 OMNIDIRECCIONAL DE CUATRO DIPOLOS	
Rango de Frecuencia	152 a 163 MHz.
Potencia de Entrada	300 Wats máxima.
Impedancia	50 Ω nominal.
Protección contra descargas	Irradiante a masa.
Terminación estándar	con conector PL259 hembra
Ancho de Banda	10 MHz.
Velocidad máxima de vientos	160 Km./h
Polarización	Vertical
La misma antena puede cambiarse entre direccional y omnidireccional.	

3.1.2. - Descripción de la Antena Omnidireccional De Cuatro Dipólos Plegados VHF/FM.- La suma de cuatro dipolos soldados DB59 es una antena omnidireccional, de banda ancha, con polarización vertical en la banda de 152 a 163 MHz, especialmente indicada para la transmisión estereofónica en frecuencia modulada. La misma se entrega medida en forma individual, en lo que se refiere a SWR, dentro de la frecuencia de operación. No necesita de ningún ajuste en el lugar de instalación.

En caso de ser montada en forma lateral a la torre y para obtener una SWR. <1.2:1, aconsejamos el ajuste, una vez hecho el montaje en el mástil soporte (torre).

3.1.3. - Descripción Eléctrica.- La suma de cuatro dipolos en fase es una antena omnidireccional, basada en la técnica de suma espacial de los campos de cuatro dipolos. La optimización se realizó a fin de obtener un gran ancho de banda, así como muy baja SWR. y ganancia constante a través de toda la banda de operación, siendo la separación de dipolos en:

$$MT. = 282 / \text{frec. Operación (MHz.)} \quad (2.8)$$

Los elementos irradiantes, son dipolos plegados de banda ancha, alimentados con un balun y líneas de puesta en fase cuidadosamente medidas (en forma individual), cada uno de los dipolos.

La puesta en fase de cada dipolo y adaptación de impedancia se realiza con un arnés de conexión, con cable coaxial del tipo RG8 para el modelo DB59 terminados con conector PL 259 hembra.

3.1.4. - Construcción.- La conexión del balun y la línea de transmisión a los elementos radiadores, está realizada con una "UNION MOLECULAR INTERMETALICA LAMINADA" UMIL. Esta unión garantiza, la ausencia total de corrosión en los lugares donde deben unirse la línea de transmisión y el balun (cobre), con la aleación de aluminio del elemento excitado. El resultado de esta técnica evita totalmente la reducción de la performance de radiación del sistema con el tiempo, así como los problemas de intermodulación que se generan por la corrosión de contactos (juntas semiconductoras) y variaciones del nivel de señal transmitida.

La estanqueidad de los dipolos, se asegura mediante el encapsulado en resinas sintéticas sumamente resistentes y con protección contra la acción de los rayos UV. Estas resinas han sido probadas ampliamente por más de 20 años en otros productos de nuestra fabricación que funcionan expuestos a la intemperie, sin que se experimente degradación alguna. Entre las pruebas que se le realizan al dipolo, figura la de someterlo a inmersión en agua a 0,50 m de profundidad durante 10', a fin de comprobar su total estanqueidad. El material utilizado en la construcción es aleación de aluminio, soldado en atmósfera inerte (Argón). Los elementos de sujeción, son de acero galvanizado por inmersión en caliente y de acero inoxidable.

❖ **CARACTERISTICAS ELECTRICAS**

- Rango de frecuencia 152 a 163 MHz
- Impedancia nominal 50 Ω
- Relación de ondas estacionarias < 1.2:1
- Ancho del lóbulo vertical (-3 DB) 16°
- Ganancia (Sobre media onda)
- Diagrama omnidireccional 6 dBd
- Diagrama unidireccional 9 dBd
- Máxima potencia de entrada
- Modelo DB59
- Protección contra descarga a tierra
- Terminación estándar conector PL 259 hembra

❖ **CARACTERISTICAS MECANICAS**

- Botalón 25.40 x 1.5 mm.
- Diámetro de elementos 12.7 x 1.5 mm.
- Máxima área expuesta 0.4 (m x m)
- Máxima velocidad de viento 150 Km. x hora
- Dimensiones con embalaje 1700 x 600 x 200 mm.
- Peso sin embalaje 9.0 Kg
- Peso con embalaje (en cartón) 10.5 Kg

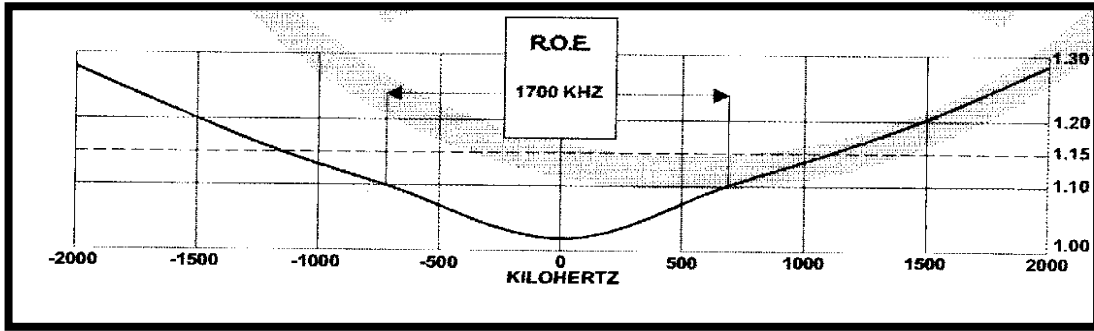


Figura 3.1.ROE en antena DB59.

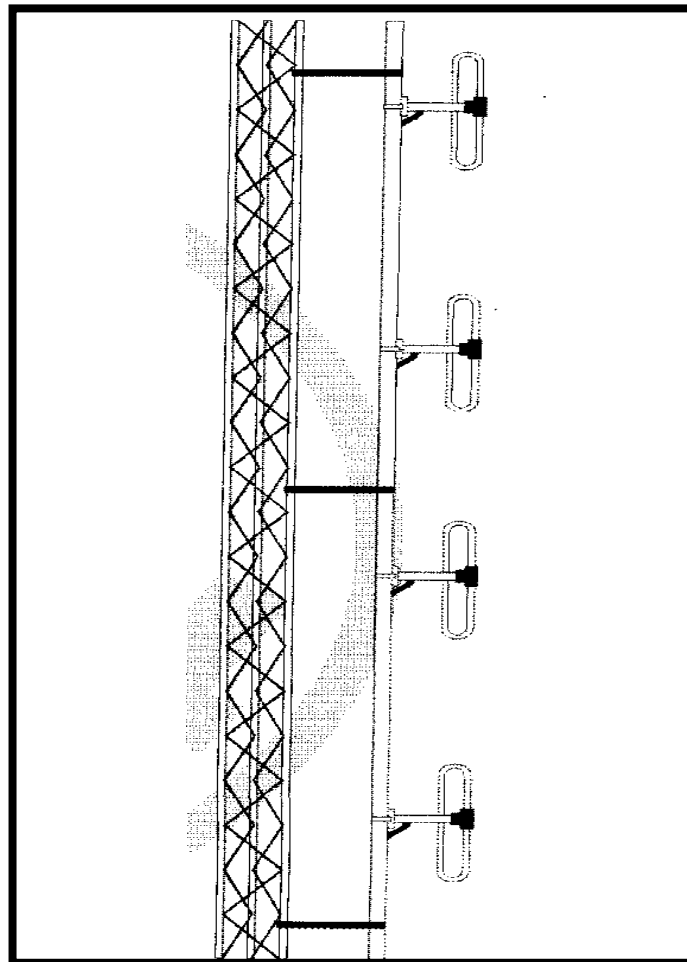


Figura 3.2. Antena omnidireccional de cuatro dipólos VHF/FM

3.2- Materiales y elementos para la optimización y mantenimiento de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM:

Para realizar el mantenimiento y la optimización de la antena propiamente dicha se han utilizado los siguientes materiales, herramientas y equipos que se detallaran a continuación:

- Vatímetro de Radiofrecuencia.
- Brújula.
- Cinta auto fundente.
- Silicona.
- Lija de agua.
- Llaves de boca de diferentes dimensiones.
- Cepillo de acero.
- Contactliner.
- Abrazaderas.

3.3- Optimización y mantenimiento de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM:

3.3.1. - Antena Omnidireccional de cuatro dipólos.- En la optimización y el mantenimiento de la antena podemos afirmar que es muy importante realizar una respectiva limpieza de sus dipolos con lija de agua y cepillo de acero, para que la antena trabaje con una efectividad del 90% en TX/RX de ondas electromagnéticas que es el porcentaje de funcionamiento actual. Además podemos anotar que es muy importante la orientación que se la realiza con un mapa orográfico del Ecuador y una carta topográfica de la provincia de Cotopaxi, para direccionar los dos dipólos superiores a la repetidora principal que nos comunica a nivel nacional, debido a la gran altura que se encuentra esta repetidora que se encuentra ubicada en el Atacaso como veremos en los anexos en la distribución de las repetidoras. Los dipolos inferiores que trabajan en la Red de Repetidoras Locales deben estar direccionados al cerro Guango. En la figura 3.3 podemos apreciar una orientación de los dipólos con una brújula:

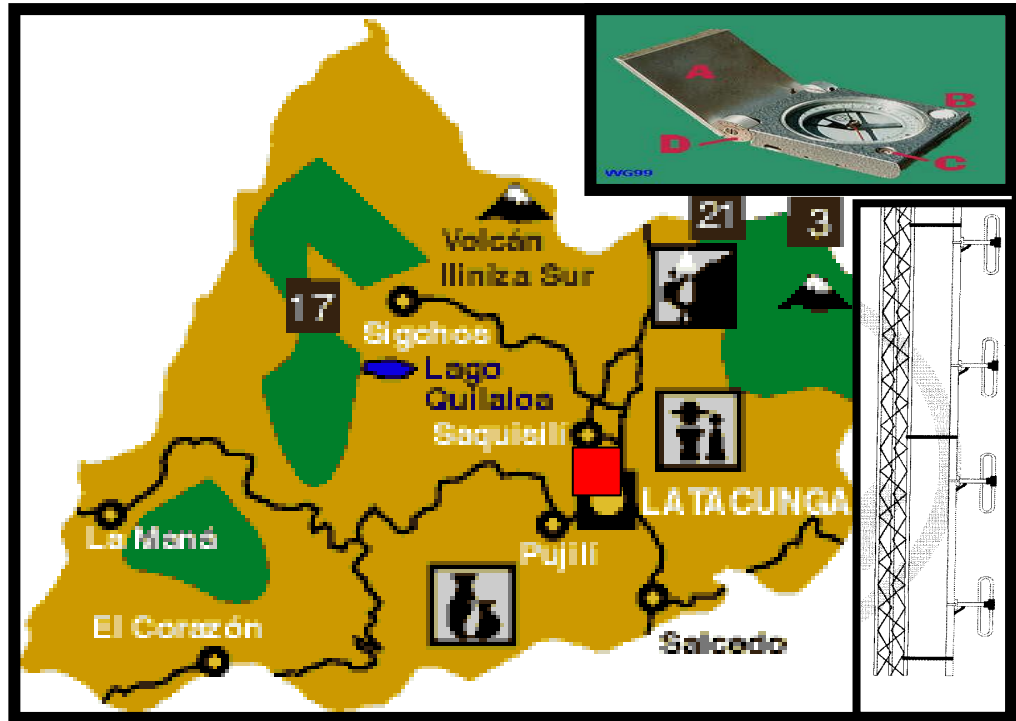


Figura 3.3. Direccionamiento de la antena de cuatro dipólos.

3.3.2. - Transceptor Midland VHF. - En este equipo de Tx/Rx se realizó una calibración de potencia de salida que inicialmente se encontraba en 80 wats, después de haber revisado y realizado la debida calibración, quedo con una potencia mínima de salida de 40 wats.

3.3.3. - Líneas de Transmisión. - La línea de transmisión es muy importante debido a que es el enlace entre el equipo y la antena. El cable RG 8A/U utilizado para la optimización de dicha antena tiene las siguientes características:

Es sabido que las estaciones de radio básicamente están compuestas por un equipo transmisor-receptor (transceiver) una antena y para acoplar ambos equipos se usa una línea de transmisión cuya finalidad es hacerlo de forma más eficiente, donde parámetros muy complejos están involucrados.

3.3.3.1. - Conceptos Básicos de Líneas de Trasmisión

3.3.3.1.1. - Relación de Ondas Estacionarias.- Cuando una línea de transmisión lleva potencia a una carga que no la disipa completamente decimos que la línea tiene una componente reactiva, que tiene entre sus características devolver potencia hacia la fuente emisora (equipo de radio). Esta potencia devuelta se llama componente reflejada que fluye en sentido contrario a la componente directa (la que va del transmisor de radio a la antena) y como hay dos ondas que fluyen en sentido contrario éstas se suman vectorialmente para producir ondas estacionarias en la línea de transmisión. La relación entre los valores máximos y mínimos de tensión de R.F. en la línea se denomina ROE (relación ondas estacionarias) y resulta una medida de relación de desajuste de la impedancia entre la línea y la carga o viceversa (en inglés se denomina S.W.R)

3.3.3.1.2. - Impedancia de la Línea: La línea de transmisión coaxial tiene una impedancia característica la que debe ser adaptada a la impedancia de la antena para evitar esta relación de ondas estacionarias y por ende un desmejoramiento en el sistema transmisor.

3.3.3.1.3. - Líneas Balanceadas de Trasmisión.- Se denomina a las que están formadas por dos conductores paralelos en proximidad física y generalmente van espaciados por medio de separadores (para mantener paralelismo) mediante aisladores de porcelanas, poli estireno, madera impregnada, etc y que trabajan abiertas (al aire). Las fabricadas en forma comercial tienen por lo general impedancias características elevadas de orden de 300 - 450 - 600 Ω .

3.3.3.1.4. - Líneas Coaxiales o Desbalanceadas.- Llamam líneas desbalanceadas a las concéntricas que poseen dos conductores (interno y externo) con un espaciado constante entre conductores y muy usada hoy en las instalaciones modernas por su fácil instalación entre equipo y antena (El conductor interno generalmente es de alambre que va recubierto con un aislante y envuelto en una malla metálica)

3.3.3.1.5. - Atenuación por Línea de Trasmisión.- Dada su construcción física las líneas de trasmisión son una combinación de constantes capacitivas, resistivas e inductivas y como tienen elementos conductores tienen también agregada una cierta resistencia. La suma de estos componentes hace que las líneas tengan pérdidas que varían logarítmicamente con el largo de la línea, y cuya pérdida se expresa en decibeles por unidad de largo (Nota: decibel es una unidad logarítmica). La atenuación aumenta a medida que se eleva la frecuencia de funcionamiento aunque no en proporción directa a ese cambio.

3.3.3.1.6. - Balunes (Balanced To Unbalanced).- En los cables coaxiales la corriente fluye por el conductor interno y es balanceada por una corriente igual que fluye en dirección opuesta por la superficie del conductor (malla).

Al acoplar esta línea desbalanceada (coaxial) a una antena dipolo (de carga balanceada en dos polos iguales) se produce un efecto de desbalance cuyo resultado es que una corriente neta fluye de regreso a tierra por la parte externa del conductor.

La cantidad de corriente I que fluye por la parte externa está determinada por la impedancia Z_o de la malla externa a tierra. Si esta impedancia se logra hacer grande, la corriente I será reducida considerablemente. El dispositivo que se usa en esos casos es un adaptador de impedancias balanceadas a desbalanceadas para cancelar la corriente I que fluye por la parte externa, y que es llamado BALUN (abreviación de la palabra inglesa " BALANCED TO UNBALANCED") .

Estos balunes pueden hacerse de las más variadas formas y materiales pero lo que analizaremos será el balún 1:1 que adapta el sistema pero sin transformar la impedancia de la línea (balún relación 1:1)

Tabla.3.3. Aproximado de atenuación por largo de cable y perdida por ROE.

CABLE RG-8U
f. 3,5 MHz 0.25 dB cada 30 metros largo de cable
f. 7.0 MHz 0.45 dB cada 30 metros largo de cable
f. 14 MHz 0.65 dB cada 30 metros largo de cable
f. 21 MHz 0.80 dB cada 30 metros largo de cable
f. 28 MHz 0.97 dB cada 30 metros largo de cable

Tabla.3.3. Perdidas por ROE.

PERDIDAS POR ROE.
ROE 1 : 1,2 implica 0.05 dB aproximados
ROE. 1 : 1,5 implica 0.10 dB aproximados
ORE. 1 : 1,8 implica 0.15 dB aproximados
ROE 1 : 2,0 implica 0.23 dB aproximados.

Las características del cable RG8U que se utilizó son las siguientes:

Atenuación 50Ω

Factor de velocidad 0.659 m/s

Atenuación de 2dB por cada 30m.

3.3.4. - Conectores. – Los conectores PL 259 que se encontraban conectando a la antena con la línea de TX, estuvieron en mal estado, debido a las inclemencias del clima y al efecto de la corrosión, además el conector que bajaba de la antena se encontraba en cortocircuito lo que obligó a cambiar todos sus conectores, ver la figura 3.4 para una mejor comprensión se detallan los pasos para instalar.

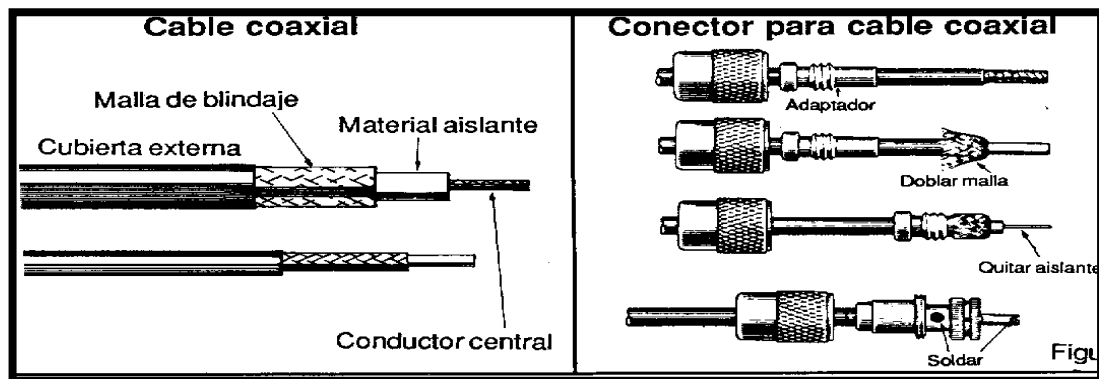


Figura 3.4. Conectores PL 259

3.3.4. -Torres. – Las torres metálicas son muy importantes para un perfecto funcionamiento de una antena, ya que debido a su altura permiten facilitar la

línea de vista con las repetidoras, además una torre bien plantada presta seguridad y confiabilidad para sujetar cualquier tipo de antena, como se muestra en la figura 3.5.

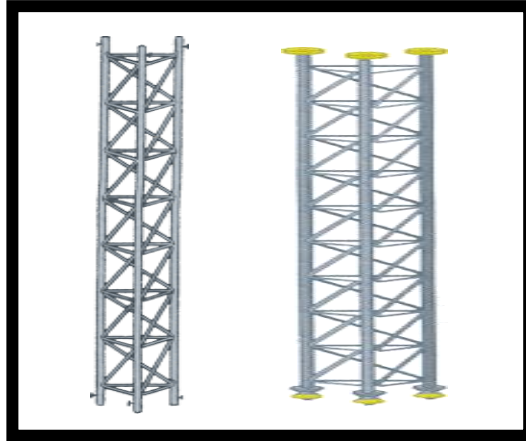


Figura 3.5. Torres metálicas.

3.4 Pruebas de funcionalidad de la antena omnidireccional de cuatro dipólos de VHF/FM.

Después de haber realizado el mantenimiento respectivo se procedió a efectuar las pruebas de funcionamiento con el uso de un vatímetro. Antes de cambiar los conectores y el cable la ROE (Relación de ondas estacionarias) fue invariable de 1: 10. Al reemplazar de los elementos el vatímetro marco una ROE de 1.2 que es el valor aceptable para el correcto funcionamiento de la antena. A continuación en la figura 3.6 se detallará como calibrar una antena de VHF/FM.

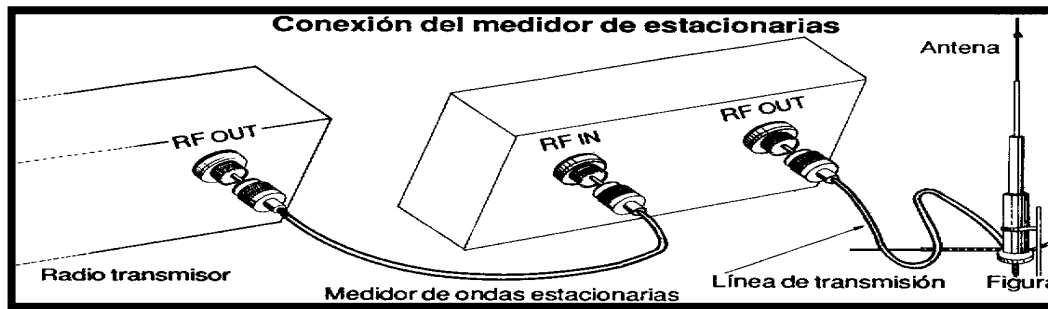


Figura 3.6. Calibración de antena VHF/FM cuatro dipólos.

3.5 Análisis de resultados.

Después de la medición de las ondas estacionarias realizamos las pruebas con el equipo Midland enlazándonos con otras estaciones de la red VHF/FM de la Fuerza Aérea, para verificar la recepción de las señales, su resultado fue optimo Tx/Rx 5 por 5. En la figura 3.7 se podrá observar el uso del Transceptor en pruebas.

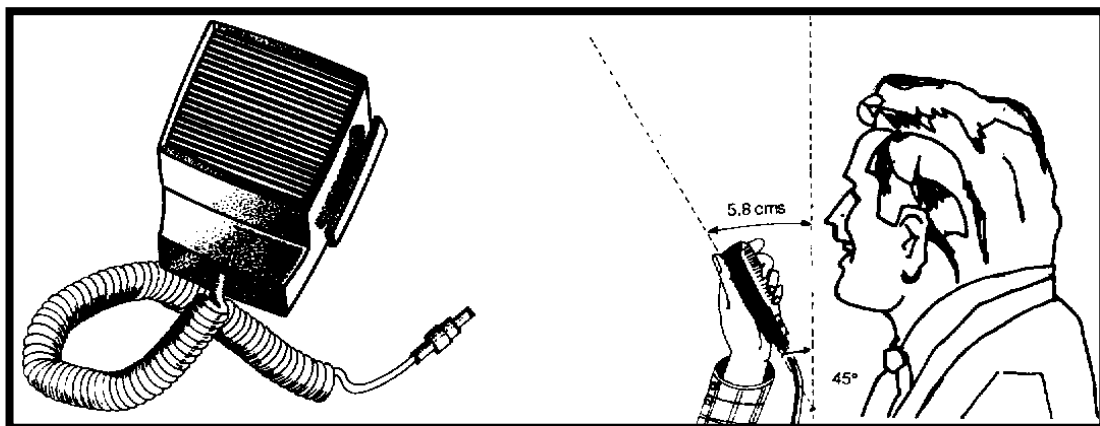


Figura 3.7. Pruebas finales de verificación.

CAPÍTULO IV

4. Documentación.

➤ Normas de seguridad.

1. - Utilizar guantes para evitar cortaduras.
2. - Utilizar un cinturón de seguridad en el momento de desmontar la antena de la torre.
3. - Utilizar gafas protectoras en el momento de lijar los dipólos.
4. - Apagar los equipos por precaución.

4.1.- Manual de mantenimiento.

Para realizar el mantenimiento general de la antena omnidireccional de cuatro dipólos que se realizaran los siguientes pasos:

1. Desconectar los conectores PL 259 tanto del equipo como de la antena.
2. Aflojar las abrazaderas y desmontar la antena.
3. Ya en el Laboratorio aflojar las tuercas de los dipólos y desconectar los conectores de los dipólos.

4. Pasar lija fina por los dipólos hasta sacar el oxido y queden brillantes.
5. Limpiar con contact cleaner y cepillo de acero los conectores de los dipólos.
6. Cambiar el cable recolector de la señal de los cuatro dipólos.
7. Cambiar todos los conectores PL 259.
8. Cambiar la línea de TX si amerita.
9. Calibrar el equipo de Tx/Rx .
10. Ajustar los dipólos a la base y conectarlos con el cable recolector de la señal.
11. Montar la antena.
12. Conectar los PL 259 utilizando silicona y cinta auto fundente.
13. Revisar los templadores para evitar que la torre pueda desplomarse.
14. Realizar la medición de las Ondas Estacionarias.
15. Realizar las pruebas finales con el equipo.

4.2 Conclusiones.

- Para que exista buena TX y RX en el equipo VHF/FM es muy importante la elevación de la antena porque debe existir línea de vista con las repetidoras o equipos en tierra.

- El cable que va de la antena al TX no debe ser de muy larga distancia para evitar pérdidas o atenuaciones de la señal.
- El mal estado de la línea de TX y los conectores dan como resultado el deficiente funcionamiento de la antena.

4.3 Recomendaciones.

- Los conectores que se encuentren a la interperie deben estar sellados con silicona y cinta auto fundente para evitar la penetración del agua ya que daña al cable y pierde sus propiedades de conducción.
- Para obtener buena Tx/Rx en la antena debe estar elevado a una altura considerable y tener el direccionamiento correcto hacia las repetidoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Manual de Radioaficionado Moderno Serie mundo electrónico. Varios autores, bajo coordinación de José Mompin.
- Curso practico de radio AM/FM- antenas, banda ciudadana y radio afición de Compañía Editorial Electrónica Cedit.
- Comunicaciones de radio en la era digital de HARRYS COORPORATION:
- Electrónica diccionario enciclopédico tomos I, II.
- Paginas electrónicas:
 - www.OZU.com
 - www.google.com
 - www.yahoo.com
 - www.radioaficionados.com
 - www.antenasFM.com

HOJA DE DATOS PERSONALES

APELLIDOS: TANAI ORTEGA.
NOMBRES: FABIAN MARCELO.
FECHA DE NACIMIENTO: 13 DE ABRIL DE 1980.
LUGAR DE NACIMIENTO: SAN BLAS – QUITO- PICHINCHA.
ESTADO CIVIL: SOLTERO.
NOMBRE DEL PADRE: SEGUNDO MOISÉS TANAI ORTEGA.
NOMBRE DE LA MADRE: MARIA TERESA ORTEGA.

ESTUDIOS REALIZADOS:

INSTRUCCIÓN PRIMARIA: ESCUELA FISCAL MIXTA
“ TUPAC YUPANQUI”

INSTRUCCIÓN SECUNDARIA: COLEGIO NACIONAL
“ ELOY ALFARO”

INSTRUCCIÓN SUPERIOR: “ INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR
AERONÁUTICO”

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR:

Cbos. Fabián Marcelo Tanai Ortega

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE TELEMÁTICA

**Ing. Eduardo Castillo
Mayo. Tec. Avc.**

Latacunga, 25 de Abril del 2003

A N E X O S

ANEXO A

- **Manual de ajuste de una Antena Omnidireccional de cuatro dipólos.**

La operación de ajuste de la antena y la línea de transmisión, midiendo la relación de ondas estacionarias de este conjunto, se debe hacer siempre antes de instalar definitivamente la antena ya que de no hacerlo se puede dañar el equipo de radio transmisión.

Para hacerlo necesitamos un instrumento llamado medidor de ondas estacionarias. Para medir esta relación de ondas estacionarias, la antena debe estar en un sitio abierto y despejado, lejos de objetos metálicos. Se debe tener mucho cuidado con la antena para que no vaya a tocar líneas de transmisión de alto voltaje que normalmente se encuentran cerca de los techos de las casas y edificios. Un solo toque a una línea de este tipo puede ser mortal.

Este trabajo se debe realizar entre dos o tres personas. Una de ellas opera el transmisor y mide las ondas estacionarias. Otra sostiene la antena y la otra va ajustándole elemento de la antena, ya sea su longitud o algún elemento especial como el acoplador Gamma o similar hasta lograr una relación de ondas estacionarias aceptable.

Al variar la longitud de la antena, variando la posición del último elemento, se reduce o aumenta la relación de ondas estacionarias. A su vez, todas las antenas tienen un acoplador de impedancia conectado entre el cuerpo de la antena y la salida. Este acoplador de impedancia puede tener una forma de espira. Teniendo ya el medidor, ejecutamos el siguiente procedimiento: El medidor de ondas estacionarias tiene un conector de entrada (Input) que se conecta a la salida del transmisor, y un conector de salida (Output), que se conecta a la línea de transmisión y a la antena.

El ajuste de la antena varía según el canal o frecuencia de transmisión de la señal. Esto se debe a que para cada frecuencia habrá una diferente impedancia del sistema. Recuerde que la impedancia de un circuito RLC con corriente alterna, depende de la frecuencia de la señal.

Coloque el selector de canales en el canal que más se vaya a utilizar durante la operación normal del equipo. Por ejemplo, si vamos a emplear el radiotransmisor de Banda Ciudadana, para usar una base o estación de una asociación con el fin de comunicarnos con líneas telefónicas o retransmitir mensajes, ajustamos la antena para ese canal.

Si vamos a utilizar varios canales, se debe ajustar la antena para un canal intermedio, por ejemplo, si el radio tiene 40 canales, ajustamos la antena en el canal 20. Encienda ahora el transmisor, coloque el suiche el medidor de estaciones en la posición de transmisión, marcada generalmente como Forward (Adelante), y presione el botón de transmisión que está en el micrófono. La aguja del medidor se debe dirigir completamente hacia la derecha. Ajuste el control de sensibilidad hasta que la aguja quede en el límite derecho de la escala. Suelte el botón del micrófono.

Después pase el suiche del medidor hacia la posición de medida marcada generalmente como Reverse. Ahora la aguja se debe mover muy poco y en ese momento ya nos esta mostrando la lectura de la onda estacionaria. Si la medida esta entre 1.2 y 1.8, podríamos considerar que la antena esta sintonizada y que su operación será exitosa. Si la medida de la SWR es mayor a 2 hay que ajustar la antena para tratar de bajar su relación.

Si la aguja se va completamente hacia la derecha, desde el principio, debe haber un problema grave como un cortocircuito en la línea de transmisión o en la antena. Apague inmediatamente el equipo y revise nuevamente las conexiones de todo el conjunto, línea de transmisión – antena. Busque con un multímetro posibles cortos o a la línea abierta en este sistema. Como se muestra en la figura siguiente.

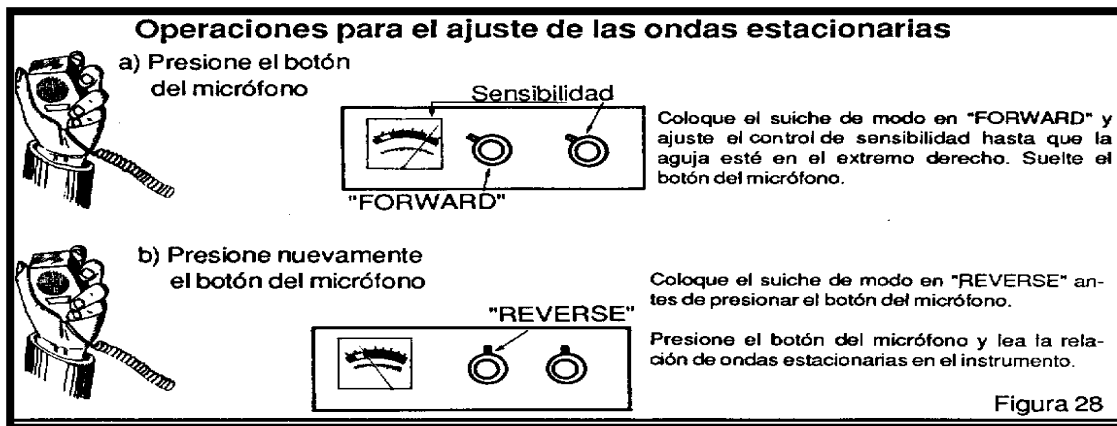


Figura a.1. Ajuste de Ondas Estacionarias

ANEXO B

- Fotografías:



ANEXO D

GLOSARIO

- **Amplitud.-** Magnitud pico a pico de una onda de radio.
- **Ancho de banda.-** Rango de frecuencia ocupado por una señal asignada.
- **Angulo de despegue.-** Angulo entre el eje del lóbulo principal de un patrón de antena y el plano horizontal de la antena de transmisión.
- **Angulo incidente.-** Angulo por el cual las ondas espaciales ingresan a la ionosfera.
- **Antena de ganancia directiva.-** Relación de intensidad de radiación en una dirección determinada a la intensidad de radiación promedio.
- **Antena dipolo.-** Antena versátil que usualmente es alimentada por un alambre en el centro de su longitud. Su orientación proporciona polarización horizontal o vertical.
- **Antena direccional.-** Antena que tiene mayor ganancia en una o mas direcciones.
- **Antena omnidireccional.-** Antena cuyo patrón de radiación no es direccional en acimut.
- **Banda ancha.-** Termino que indica la ocupación relativa del espectro de una señal de banda angosta. Una señal de banda ancha típicamente tiene un ancho de banda que excede el doble de las mas alta frecuencia de modulación.

- **Canal.-** Trayectoria unidireccional o bidireccional para transmitir o recibir señales de radio.
- **Capa D.-** Primera capa en la ionosfera que alcanza la máxima ionización cuando el sol esta en el cenit y se disipa rápidamente con la puesta del sol.
- **Capa E.-** Nivel medio de la ionosfera que alcanza la máxima ionización al mediodía. Comienza a disiparse hacia la puesta del sol y alcanza la máxima actividad a medianoche, en esta capa se producen formaciones irregulares de nubes con gases iónicos.
- **Capa F.-** Región superior y mas fuertemente ionizada de la ionosfera, importante para comunicaciones de larga distancia, ya que esta capa permanece ionizada después de la puesta del sol.
- **FM.-** Frecuencia modulada, forma de modulación de ondas en donde la frecuencia de una portadora varia en proporción a una señal modulada de audio.
- **Frecuencia.-** Numero de ciclos de una señal cumplidos por segundo, medidos en hertzios .
- **Ganancia.-** Relación de valor de un parámetro de salida, como potencia con su nivel de entrada. Normalmente expresada en desibeles.
- **Ganancia de potencia de antena.-** Relación de la potencia radiada en una dirección, dada la potencia de entrada de la antena.
- **Impedancia.-** Oposición al flujo de corriente de combinación compleja de resistencia y reactancia. Reactancia es la oposición al flujo de la corriente CA por un capacitor o inductor. Un acoplador ideal de antena funcionara de

esta manera cancelando la componente reactiva de la impedancia de la antena.

- **Lóbulo principal.-** Es un patrón de radiación de la antena, el lóbulo que contiene la dirección de máxima intensidad de radiación.
- **Longitud de onda.-** distancia entre el punto máximo de la onda al punto correspondiente en la onda adyacente.
- **LOS.- línea de Vista-** Termino que se refiere a la propagación de la señal de radio en línea recta desde el transmisor a un receptor, sin refracción; generalmente se extiende al horizonte visible.
- **Onda corta.-** Frecuencia de radio sobre los 3Mhz.
- **Onda directa.-** Onda que viaja en línea recta, debilitándose mientras aumenta la distancia.
- **Onda espacial.-** Onda de radio que es reflejada por la ionosfera.
- **Onda reflejada a tierra.-** La porción de la onda propagada que se refleja desde la superficie de la tierra entre el transmisor y receptor.
- **Onda terrestre.-** Onda de radio que se propaga sobre la tierra y ordinariamente es afectada por la presencia del suelo.
- **Onda de superficie.-** Onda que viaja a lo largo de la superficie de la tierra y puede llegar a mas allá del horizonte.
- **Patron de radiación.-** Característica determinada por el diseño de una antena e influenciada fuertemente por su ubicación con respecto al suelo. Los patrones de radiación dependen de la frecuencia.
- **Polarización.-** Orientación de una onda relativa a un plano de referencia.

- **Portadora.-** Señal de radiofrecuencia que puede ser modulada con señales de información.
- **Propagación.-** Movimiento de energía de radiofrecuencia a través de la atmósfera.
- **Refracción.-** Curvatura de una onda de radio al pasar oblicuamente de un medio a otro.
- **Transceptor.-** Equipo que usa circuitos comunes con el fin de proveer las capacidades de transmisión y recepción.
- **Atenuación.-** Debilitamiento, disminución progresiva de la señal.
- **Ionósfera.-** Región de partículas cargadas con electricidad o gases en la atmósfera de la tierra que se extiende de 50 a 600 kilómetros sobre la superficie de la tierra.
- **Polarización.-** Orientación de una onda relativa a un plano de referencia.

ANEXO E

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ANTENA OMNIDIRECCIONAL DE CUATRO DIPÓLOS DE VHF/FM.

- Antena Fija Plano Tierra VHF/FM
- Modelo: DB-59
- Frecuencia: 153.400 a 151.850 MHz
- Tono: 114D, TX y 116D, RX
- Ganancia: 1,73 dB
- Material: Acero Inoxidable y Aluminio
- Medida de la Antena: 8 m
- Peso: 11.2 Lib.