



**sutel** SUPERINTENDENCIA DE  
TELECOMUNICACIONES

# **MANUAL DEL RADIOAFICIONADO DE COSTA RICA**

Diciembre, 2017  
Versión 2.0

## Tabla de contenidos

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>CAPITULO 2: EL CÓDIGO DEL RADIOAFICIONADO.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>CAPITULO 3: HISTORIA DE LOS RADIOAFICIONADOS EN COSTA RICA. ....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>CAPITULO 4: REGULACIÓN DEL SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS Y AFINES EN COSTA RICA. ....</b>   | <b>9</b>  |
| 4.1. LEGISLACIÓN VIGENTE DE LA LICENCIA PARA EL SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS Y OPERACIÓN DE LA BANDA CIUDADANA EN COSTA RICA. ....  | 9         |
| 4.2. LEGISLACIÓN VIGENTE PARA EL PERMISO DE USO DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS EN COSTA RICA.....  | 9         |
| A. LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES (LGT), LEY N°8642.....   | 10        |
| B. REGLAMENTO GENERAL PARA LA REGULACIÓN DE LOS TRÁMITES DEL SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS Y AFINES (DECRETO N°40639-MICITT, PUBLICADO EN EL DIARIO LA GACETA SEGÚN ALCANCE N°246 DEL 13 DE OCTUBRE DE 2017) ..... | 11        |
| C. PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DECRETO N°35257-MINAET (PNAF) Y SUS REFORMAS. ....  | 12        |
| <b>CAPITULO 5: DEL CONTROL DE LOS AFICIONADOS - LIBRO DE GUARDIA. ....</b>  | <b>13</b> |
| <b>CAPITULO 6: SOBRE EL CANON DE RESERVA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA LOS RADIOAFICIONADOS. ....</b>  | <b>14</b> |
| <b>CAPITULO 7: OTROS TEMAS EVALUADOS EN LA PRUEBA TEÓRICA ESTABLECIDA EN LA REGLAMENTACIÓN VIGENTE. ....</b>  | <b>15</b> |
| 7.1. MANUAL DEL RADIOAFICIONADO DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ.....  | 15        |
| 7.1.1. PRINCIPIOS ELÉCTRICOS.....   | 15        |
| 7.1.1.1 CARACTERES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....  | 15        |
| 7.1.1.1.1 CORRIENTE .....   | 15        |
| 7.1.1.1.2 VOLTAJE .....   | 16        |
| 7.1.1.1.3 RESISTENCIA.....  | 16        |
| 7.1.1.1.4 LA LEY DE OHM .....   | 17        |
| 7.1.1.1.5 POTENCIA ELÉCTRICA .....  | 17        |
| 7.1.1.1.6 CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y SUS COMPONENTES .....  | 18        |
| 7.1.1.1.7 DIAGRAMAS DE LOS CIRCUITOS.....   | 20        |
| 7.1.1.1.8 PROPIEDADES DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS .....   | 21        |
| 7.1.2. EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LAS ONDAS.....  | 22        |
| 7.1.2.1 LA ONDA Y EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO .....   | 22        |
| 7.1.2.1.1 EMISIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....  | 22        |
| 7.1.2.1.2 EL PLANO DE LA ONDA Y LA POLARIZACIÓN .....   | 23        |
| 7.1.2.1.3 INTENSIDAD DE CAMPO.....  | 24        |
| 7.1.2.1.4 ATENUACIÓN .....  | 24        |
| 7.1.2.1.5 LONGITUD DE ONDA .....  | 24        |
| 7.1.2.1.6 INTERFERENCIA Y FASE.....   | 26        |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 7.1.2.2   | LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....   | 26 |
| 7.1.2.2.1 | CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....                          | 26 |
| 7.1.2.2.2 | RELACIÓN DE LAS ONDAS ESTACIONARIAS (ROE).....                              | 29 |
| 7.1.2.3   | ANTENAS.....  | 30 |
| 7.1.2.3.1 | CARACTERÍSTICAS DE LAS ANTENAS: LA RESONANCIA Y LONGITUD .....              | 30 |
| 7.1.2.3.2 | DISTRIBUCIÓN DE LA CORRIENTE Y EL VOLTAJE EN LA ANTENA: LA IMPEDANCIA ..... | 32 |
| 7.1.2.3.3 | ANCHO DE BANDA DE UNA ANTENA.....   | 33 |
| 7.1.2.3.4 | CARACTERÍSTICAS DE IRRADIACIÓN DE LAS ANTENAS.....                          | 33 |
| 7.1.2.4   | MODULACIÓN.....   | 38 |
| 7.1.3.    | LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS .....   | 40 |
| 7.1.3.1   | CLASES DE ONDAS.....  | 40 |
| 7.1.3.2   | LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS .....   | 41 |
| 7.1.3.3   | LA REFRACCIÓN Y ABSORCIÓN DE LAS ONDAS.....                                 | 42 |
| 7.1.3.4   | LA MÁXIMA FRECUENCIA UTILIZABLE (MUF) Y LA FRECUENCIA CRÍTICA .....         | 44 |
| 7.1.3.5   | EL ÁNGULO CRÍTICO Y LA ZONA DE SOMBRA O “SKIP ZONE” .....                   | 44 |
| 7.1.3.6   | LA INFLUENCIA SOLAR .....   | 45 |
| 7.1.3.6.1 | EL FLUJO SOLAR .....  | 45 |
| 7.1.3.6.2 | DISTURBIOS SOLARES .....  | 46 |
| 7.1.3.7   | ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA .....  | 46 |
| 7.1.4.    | LA ESTACIÓN DEL RADIOAFICIONADO .....                                       | 47 |
| 7.1.4.1   | LOS EQUIPOS DE LA ESTACIÓN DE RADIOAFICIONADOS .....                        | 47 |
| 7.1.4.2   | LA SEGURIDAD EN LA ESTACIÓN .....   | 48 |
| 7.1.5.    | TÉCNICAS DE OPERACIÓN DEL RADIOAFICIONADO .....                             | 50 |
| 7.1.5.1   | ACCIÓN DE ESCUCHAR .....  | 50 |
| 7.1.5.2   | LA OPERACIÓN EN FONÍA (SSB).....  | 50 |
| 7.1.5.3   | LA OPERACIÓN EN TELEGRAFÍA (CW).....  | 52 |
| 7.1.5.4   | LOS MODOS DIGITALES.....  | 55 |
| 7.1.5.5   | EL CÓDIGO FONÉTICO INTERNACIONAL .....                                      | 56 |
| 7.1.5.6   | EL CÓDIGO “Q” .....   | 57 |
| 7.1.5.7   | EL CÓDIGO MORSE .....   | 59 |
| 7.1.5.8   | EL REPORTE DE SEÑAL RST.....  | 60 |
| 7.1.5.9   | LA HORA UTC .....   | 61 |
| 7.1.5.10  | LA TARJETA QSL .....  | 61 |
| 7.1.5.11  | EL “GRID LOCATOR” .....   | 63 |
| 7.1.5.12  | LOS RADIOFAROS O RADIOBALIZAS DE RADIOAFICIONADOS .....                     | 64 |
| 7.1.5.13  | DX.....   | 64 |
| 7.1.5.14  | CONCURSOS, EVENTOS ESPECIALES, DIPLOMAS Y CERTIFICADOS .....                | 66 |
| 7.1.5.15  | LAS REDES (NETS) O CADENAS .....  | 67 |
| 7.1.5.16  | ¿TRABAJAR QRP? .....  | 69 |
| 7.1.5.17  | PROCEDIMIENTO EN EMERGENCIAS.....   | 69 |
| 7.1.6.    | OPERACIÓN EN VHF/UHF Y TRANSMISIÓN DE IMÁGENES Y MICROONDAS.....            | 71 |
| 7.1.6.1   | LAS ESTACIONES REPETIDORAS.....   | 71 |
| 7.1.6.2   | LA TÉCNICA DE COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE REPETIDORA .....                     | 72 |
| 7.1.6.3   | SATÉLITES.....  | 72 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 7.1.6.4    | EL “REBOTE LUNAR” .....   | 75 |
| 7.1.6.5    | TELEVISIÓN DE AFICIONADOS.....  | 75 |
| 7.1.7.     | NORMATIVA DE LOS RADIOAFICIONADOS .....   | 76 |
| 7.1.7.1    | LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT) .....  | 76 |
| 7.1.7.2    | LA UNIÓN INTERNACIONAL DE RADIOAFICIONADOS (IARU): .....  | 76 |
| 7.1.7.3    | EL IARP .....   | 78 |
| 7.1.7.4    | LA FRACAP .....   | 78 |
| 7.2.       | RECOMENDACIONES UIT SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTORNO EN LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.....                         | 79 |
| 7.2.1.     | INFLUENCIA DEL ENTORNO EN LA PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....   | 79 |
| 7.2.1.1.   | MODELOS DE PROPAGACIÓN .....  | 79 |
| 7.2.1.1.1. | PÉRDIDAS BÁSICAS DE PROPAGACIÓN EN ESPACIO LIBRE .....  | 80 |
| 7.2.1.1.2. | PÉRDIDAS POR EL MÉTODO OKUMURA HATA.....  | 80 |
| 7.2.1.1.3. | PÉRDIDAS POR EL MÉTODO COST231-HATA.....  | 82 |
| 7.2.1.2.   | DIFRACCIÓN POR OBSTÁCULOS CON CLARIDAD DE AL MENOS 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL .....                              | 83 |
| 7.2.1.1.4. | FRESNEL CON TRANSMISORES A LA MISMA ALTURA .....  | 83 |
| 7.2.1.1.5. | FRESNEL CON TRANSMISORES A DIFERENTE ALTURA. ....   | 84 |
| 7.2.1.1.6. | CORRECCIÓN DEL OBSTÁCULO PARA DISTANCIAS ENTRE TRANSMISORES MAYOR A 10KM .....  | 85 |
| 7.2.1.1.7. | PÉRDIDAS POR DIFRACCIÓN DE OBSTÁCULOS CUANDO NO SE POSEE CLARIDAD DE AL MENOS EL 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL..... | 85 |
| 7.2.1.3.   | ATENUACIÓN POR GASES (Lg).....  | 86 |
| 7.2.1.4.   | ATENUACIÓN POR LLUVIA (LR).....   | 89 |
| 7.2.1.5.   | INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO .....   | 92 |
| 7.2.1.1.8. | MÉTODO BÁSICO.....  | 92 |
| 7.2.1.1.9. | MÉTODO OKUMURA HATA .....   | 92 |
| 7.3.       | RECOMENDACIONES UIT SOBRE LA OPERACIÓN DEL SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS .....   | 93 |
| 7.4.       | ÉTICA Y PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS PARA EL RADIOAFICIONADO (IARU).....   | 93 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Amando Céspedes .....   | 3  |
| Figura 2. Oficio N° 20539-G.....  | 6  |
| Figura 3. La Gaceta N° 138. ....  | 7  |
| Figura 4. Resistencia de carbón. ....   | 16 |
| Figura 5. Código de colores de las resistencias.....  | 17 |
| Figura 6. Resistencia, resistencia variable o potenciómetros.....   | 18 |
| Figura 7. Condensador, Condensador variable.....  | 19 |
| Figura 8. Inductor fija, núcleo de ferrita e inductor variable.....   | 19 |
| Figura 9. Diodo, tubo electrónico y diodo rectificador.....   | 19 |
| Figura 10. Transistor NPN y Transistor PNP.....   | 20 |
| Figura 11. Ejemplo de diagrama de un circuito.....  | 20 |
| Figura 12. Ejemplo de diagrama de bloques.....  | 21 |
| Figura 13. Ejemplo de emisión de ondas.....   | 23 |
| Figura 14. Plano de la onda (wave front) y la polarización representados por las líneas del campo eléctrico (verticales) y magnético (horizontales) cruzadas perpendicularmente entre sí..... | 23 |
| Figura 15. Longitud de onda.....  | 25 |
| Figura 16. Fase de las ondas.....   | 26 |
| Figura 17. Impedancia característica.....   | 29 |
| Figura 18. Distribución de la corriente y del voltaje a lo largo de la antena.....  | 32 |
| Figura 19. Irradiación de la antena omnidireccional y de la antena direccional.....   | 34 |
| Figura 20. Diagramas de radiación en elevación y de acimut.....   | 34 |
| Figura 21. Acimut e inclinación de la antena.....   | 35 |
| Figura 22. Antena vertical.....   | 35 |
| Figura 23. Diagrama de radiación de la antena dipolo.....   | 36 |
| Figura 24. Dipolo mutibanda.....  | 36 |
| Figura 25. Dipolo “V” invertida.....  | 37 |
| Figura 26. Antena Yagi con elementos radiadores y reflectores.....  | 37 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 27. Otros tipos de antenas.....   | 38 |
| Figura 28. Antena parabólica.....  | 38 |
| Figura 29. Clases de ondas.....  | 41 |
| Figura 30. La atmósfera y sus capas.....   | 42 |
| Figura 31. Refracción de las ondas.....  | 43 |
| Figura 32. Efectos de la densidad de ionización y la frecuencia.....                           | 44 |
| Figura 33. Angulo crítico y zona de sombra o “skip zone”.....                                  | 45 |
| Figura 34. Diagrama de una estación de radioaficionado.....                                    | 48 |
| Figura 35. Código Morse.....   | 59 |
| Figura 36. Ejemplo tarjeta QSL.....  | 62 |
| Figura 37. Imagen de Costa Rica (EK, EJ) en el World Grid Square Locator Map Index             | 63 |
| Figura 38. Pérdidas en el espacio libre.....   | 80 |
| Figura 39. Diagrama de los radios de Fresnel.....  | 84 |
| Figura 40. Diagrama para Fresnel con transmisores a la misma altura.....                       | 84 |
| Figura 41. Diagrama para Fresnel con transmisores a diferente altura.....                      | 85 |
| Figura 42. Diagrama para pérdidas con obstáculos dentro de la zona de Fresnel (<60%).<br>..... | 86 |
| Figura 43. Gráfica para cálculo de atenuación específica.....                                  | 88 |
| Figura 44. Diagrama para atenuación por lluvia.....  | 89 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Aspectos mínimos solicitados en el libro de guardia. ....              | 13 |
| Tabla 2. Rangos de frecuencias.....   | 25 |
| Tabla 3. Rangos de radiofrecuencias.....  | 26 |
| Tabla 4. Código Q.....  | 57 |
| Tabla 5. Tabla para los valore de K y $\alpha$ en función de la frecuencia..... | 89 |

## **CAPITULO 1: Introducción.**

Según lo dispuesto en el artículo 73 inciso d) de la Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos N°7593, es potestad del Consejo de la SUTEL realizar el procedimiento y rendir los dictámenes técnicos al Poder Ejecutivo para los diferentes trámites de permisos de uso de espectro radioeléctrico para los radioaficionados.

Asimismo, según se indica en los artículos 26 de la LGT y 45 y 46 del Reglamento a la Ley General de Telecomunicaciones (RLGT), Decreto N°34765-MINAET y sus reformas, para el uso de bandas de frecuencias a que se refieren los incisos b), c) y d) del artículo 9 de la LGT, se requerirá un permiso, el cual será otorgado por el Poder Ejecutivo previa recomendación de SUTEL, es competencia del Poder Ejecutivo recibir las solicitudes de los aspirantes a obtener un permiso para operar la banda ciudadana o radioaficionado en sus diferentes categorías y establecer una serie de procedimientos relacionados con el otorgamiento, administración y control en cuanto al servicio de radioaficionados.

Adicionalmente, es importante indicar que el Reglamento General para la Regulación de los Trámites del Servicio de Radioaficionados y Afines (Decreto N°40639-MICITT, publicado en el diario La Gaceta según Alcance N°246 del 13 de octubre de 2017), en adelante RGRR, es el encargado de regular el servicio de radioaficionado y la operación de la banda ciudadana, así como el procedimiento para el otorgamiento de la respectiva licencia y el permiso de uso del espectro radioeléctrico, indicado en el párrafo anterior.

Por lo anterior, esta Superintendencia elaboró el presente Manual del Radioaficionado, con el fin de complementar la referencia necesaria para la elaboración de los exámenes teórico establecidos, mediante los cuales se pretende optimizar el conocimiento para la operación de estos sistemas. Lo anterior, conociendo que los beneficios para la sociedad, así como el rol que cumple el desarrollo de las actividades de radioaficionados en situaciones de emergencia.

El presente documento es un compendio de información, elaborado por la SUTEL, en coordinación con el Ministerio de Gobierno de la República de Panamá (oficio 423-SUTEL-SC-2012 de fecha 02 de mayo de 2012) y Radio Club de Costa Rica, sobre la historia del servicio de radioaficionados en Costa Rica, el procedimiento a seguir para la obtención de un permiso de radioaficionado en cualquiera de sus categorías, las recomendaciones básicas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) sobre el uso eficiente y control de los sistemas de radiocomunicación y normas operativas básicas para el servicio de radioaficionados, incluyendo un resumen de las principales recomendaciones de la UIT sobre las consideraciones de la influencia del entorno en la propagación de ondas electromagnéticas y la demás referencia bibliográfica que completa el material evaluado en las pruebas.

## CAPITULO 2: El código del radioaficionado<sup>1</sup>.

El ser radioaficionado implica un compromiso con la sociedad, por lo que su conducta se debe apegar a principios básicos de comportamiento que permitan la óptima utilización de los recursos escasos que se ponen a su disposición a través del permiso que se les otorga, por lo anterior, todo radioaficionado deberá cumplir con el siguiente código de conducta.

El radioaficionado es:

- **CONSIDERADO...** Nunca opera intencionalmente de manera tal que aminore el placer de los demás.
- **LEAL...** Ofrece lealtad, ánimo y apoyo a otros aficionados, clubes locales, la Sociedad Miembro de IARU en su país, por medio de la cual éste es representado nacional e internacionalmente.
- **PROGRESISTA...** Mantiene su estación al día. Ésta está construida y es eficiente. Su práctica operativa es intachable.
- **AMIGABLE...** Opera lenta y pacientemente cuando se lo solicitan; ofrece consejos amistosos y asesoría al principiante; amable asistencia, cooperación y consideración a los demás. Éstas son las características del espíritu del radioaficionado.
- **EQUILIBRADO...** La radioafición es un *hobby*, jamás interfiere con los deberes familiares, laborales, académicos o comunitarios.
- **PATRIOTICO...** Su estación y destrezas están siempre prestas a servir al país y a la comunidad.

---

<sup>1</sup> Tomado de <http://www.iaru-r2.org>, Ética y procedimientos operativos para el radioaficionado, Tercera Edición.

## CAPITULO 3: Historia de los radioaficionados en Costa Rica<sup>2</sup>.

<sup>3</sup>A través de los años, muchos costarricenses han puesto a Costa Rica ante los ojos del mundo, pero quizás ninguno de la forma en que lo hizo el radioaficionado Amando Céspedes Marín.



**Figura 1.** Amando Céspedes

Amando Céspedes nació en la ciudad de San José el 1 de agosto de 1881. Poco después de su nacimiento, su familia se trasladó a Puerto Limón, en donde el joven aprendió rápidamente el inglés de los extranjeros que arribaban al puerto. Aprovechando su conocimiento de la lengua anglosajona, raro en esos días, el señor Céspedes ganaba dinero en su tiempo libre enseñándole el inglés a los habitantes de la región, principalmente los trabajadores costarricenses, españoles y jamaquinos que frecuentaban el puerto.

El 2 de noviembre de 1923, basado en algunos diagramas que encontró en revistas norteamericanas, don Amando puso en operación un receptor regenerativo de tubos, con el cual escuchaba las señales de estaciones como KSD, WGY, WSAI, WTAM, KFKX, KGO y CYB. Su fascinación fue tal que envió QSLs (Query Station Location) a las estaciones que escuchaba, y en algunos meses recibió su primera confirmación de una estación mexicana. Con el pasar del tiempo fueron mejorando sus inventos y sus receptores, y otros costarricenses empezaron a interesarse por escuchar este tipo de comunicaciones. Era usual que diferentes personas le pidieran a don Amando un radioreceptor, y al cabo de varios años más de 800 receptores "*Amando Céspedes Marín*" fueron vendidos.

En mayo de 1923 la pasión por escuchar disminuyó, dando paso a la pasión por transmitir. En ese mes, el señor Céspedes logró construir un par de transmisores de onda media, utilizando un artículo que apareció en el Miami Herald acerca de cómo construir una estación similar a la del físico estadounidense Thomas Alva Edison. Utilizándolos se comunicó con un amigo a unos 3 Km de distancia. Pocos días después don Amando engañó a algunos amigos locales, haciéndoles creer que estaban escuchando una estación estadounidense (¿la primera interferencia intencional en Costa Rica?). En enero de 1927 nació la estación TI4NRH con un transmisor en AM, con una potencia de cinco watts. El transmisor no dio buenos resultados, por lo cual don Amando decidió pasarse a onda corta con la esperanza de ser escuchado más lejos.

---

<sup>2</sup> Con colaboración de Eliécer Roldán Barrantes, Carlos Diez Menk, Darío Alfaro Chaves y Víctor Manuel Lizano Araya

<sup>3</sup> Tomado de <http://www.qsl.net/ti0rc/historia.htm>

La estación NRH (Nueva Radio de Heredia) se escuchó internacionalmente por primera vez el 4 de mayo de 1928 en 39 metros. El transmisor utilizado fue de 6 tubos y daba una potencia de 7.5 watts, a través de una antena básica montada sobre unos tramos de bambú. Similar a Alexander Graham Bell, don Amando transmitió su primer mensaje no a su asistente de laboratorio, sino a su esposa, quien lo escuchó preguntándole cuántos huevos habían puesto las gallinas, a una distancia de unos 10 metros.

A las pocas semanas, arribó una carta de Gatún (Panamá), en donde Henry P. Karr, un norteamericano residente en la zona del canal confirmó haber escuchado la transmisión de don Amando. Algunas semanas después arribó un reporte desde Guayaquil (Ecuador), y en las semanas siguientes confirmaciones del Caribe y América del Sur y Central. En la edición de octubre de 1928 de Radio News, Charles Schroeder mencionó el haber escuchado a una estación costarricense que no pudo identificar. Para esta época la TI4NRH había variado su frecuencia de 39 a 30 metros. Estaciones de todo Estados Unidos empezaron a buscar a la famosa NRH, y don Amando fue inundado de reportes de señal. Schroeder logró identificar a la estación y le envió su QSL respectiva. Tan agradecido estuvo don Amando que de vuelta le envió una silla construida con maderas nacionales, con todo e instrucciones de ensamblaje.

No podría faltar, por supuesto, la historia de los ingenieros norteamericanos que visitaron la estación de don Amando. Para 1928, TI4NRH era la quinta estación de onda corta existente en el mundo. Las otras 4 estaciones utilizaban potencias de 30000 y 50000 watts, y nadie podía creer que una estación con 7.5 watts de potencia pudiera llegar tan lejos. La Compañía Westinghouse decidió satisfacer su curiosidad, y envió a 2 ingenieros de la estación KDKA a confirmar la potencia de TI4NRH. Cual habrá sido su sorpresa cuando en Pennsylvania KDKA recibió una llamada vía radio de TI4NRH, en donde ambos ingenieros reportaban no 7.5, sino 5 watts de potencia: don Amando había sobrestimado su potencia al no tomar en cuenta ciertos aspectos referentes a la generación de electricidad. TI4NRH estaba transmitiendo con 5 watts de poder, y un voltaje en placas de 500 voltios. El ingeniero de KDKA, Mr. Evans, nombró a TI4NRH el hermano menor de KDKA, y don Amando le devolvió el favor llamando a KDKA el hermano mayor de su estación.

Conforme fueron pasando los años las QSLs aumentaron, hasta el punto en donde TI4NRH recibía miles diariamente. Aprovechando sus conocimientos de imprenta don Amando elaboró las QSLs de su estación, y en 1939 había enviado más de 110000 reportes. Desde 1929 el Gobierno de la República declaró las transmisiones de TI4NRH un servicio diplomático, y don Amando fue exento de costos postales.

El 3 de julio de 1933, durante una visita a Caracas, el Radio Club Venezolano declaró a don Amando Céspedes miembro honorario de su sociedad.

La fama de TI4NRH creció hasta tal punto que empezaron a llegar solicitudes de estaciones extranjeras que querían que la potencia de la estación aumentara, para poder escucharla de mejor forma. Don Amando empezó a solicitar ayuda a sus amigos radioescuchas para aumentar potencia, y en 1938 logró colocar un transmisor de 500 W.

Los 10 años de TI4NRH fueron celebrados en todo el planeta, y los radioaficionados estadounidenses hicieron un regalo muy especial a don Amando: una torre metálica para la estación. La torre fue exenta de impuestos por el presidente Cortés, y su instalación fue celebrada con un discurso por parte del Presidente de la República y toques de la Banda Militar.

Sus esfuerzos fueron reconocidos mundialmente al nominársele para el Premio Nobel de la Paz en 1970. El 17 de marzo de 1976, don Amando viajó a la costa para observar un eclipse, contrajo un resfrío y murió tres días después en su casa en Heredia.

Después de don Amando, la actividad de radioaficionado se consolidó en Costa Rica lo que provocó el advenimiento de gran cantidad de radioaficionados, quienes a lo largo del siglo XX pusieron a Costa Rica entre los países más reconocidos en este campo.

Las ansias de conocimientos de las nuevas tecnologías (la electrónica y la radiocomunicación), hizo posible que entusiastas de la electrónica y la radiotecnía, las estudiaran primero en forma autodidacta, como lo hizo don Amando Céspedes Marín (Benemérito de la Patria) y los que le sucedieron, pero quedaron en el anonimato. Otro factor que incidió para que fuesen muchos los autodidactas fue la falta de colegios e instituciones vocacionales. Algunos aprovecharon los cursos por correspondencia de electrónica y radio que impartían escuelas extranjeras especializadas en la modalidad de instruir a distancia por correo. Su contribución dio muchos frutos y prestigio a nuestro país.

Tenemos por ejemplo a Carlos Manuel Reyes Zamora, quien realizó los primeros experimentos a nivel nacional con televisión de barrido rápido. El Ingeniero Reyes Zamora, nacido en Alajuela, una vez terminada la segunda guerra mundial, a inicio de los años cincuenta, y dada su experiencia como radioaficionado, se inclinó por la experimentación, en el desconocido mundo de la televisión, una moda fresca en el país del norte, para luego proyectar sus conocimientos y experiencias, en la tecnología costarricense con objetivos claros, como la creación de una televisora en nuestro país. Mucho se ha escrito y dicho, sobre este gran costarricense que, desde su juventud, le apasionó, todos los fenómenos relacionados con la radiocomunicación, manteniéndose activo en ese campo, hasta el final de su existencia.

<sup>4</sup> Carlos Manuel Reyes, termina su vida ejemplar, en un Asilo de Ancianos, por cierto, muy querido por todos; fallece el 4 de mayo del 2000, en Alajuela y lo triste fue que, en sus honras fúnebres, la gran ausente fue su hija: la televisión costarricense.

<sup>5</sup> En esta misma década, surgió Don Virgilio Lizano Saborío (TI2VL), quién fundó dos radioemisoras. La primera la llamó Radio Liberación, en un inicio en la frecuencia de 1200 kHz, pero poco después le dieron la frecuencia 1125 kHz. Estuvo en el aire por dos años porque la vendió al dueño del famoso negocio El Pipiolo, en Plaza Víquez. La siguiente radioemisora se llamó Radio Victoria, que fue vendida en el año 1953 a Emiliano Piedra.

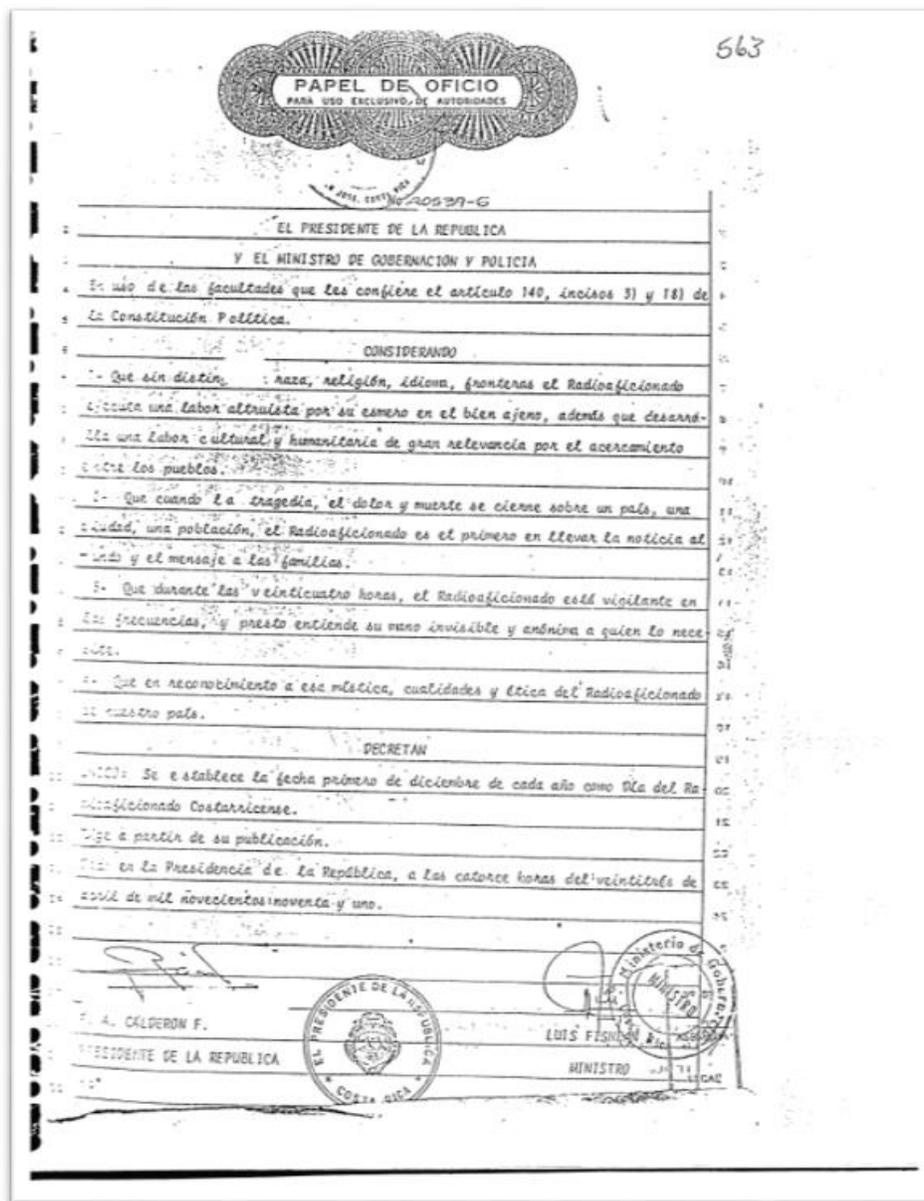
---

<sup>4</sup> Tomado, resumido y adaptado del comentario de Tony García Pérez (TI2TGP)

<sup>5</sup> Tomado de la entrevista que le hizo su hijo Víctor Manuel Lizano Araya (TI4VL)

Es bueno mencionar que don Virgilio construía los transformadores, aparatos y plantas, tanto para radioafición como estaciones radiodifusoras que luego vendía, tales como, la estación que le vendió a la familia Sotela. También le vendió otra estación, construida por él mismo, a don Rafael Machado de Alajuela.

El 22 de julio de 1991, publicado en la gaceta N°138, el Sr. Ex presidente Rafael Ángel Calderón Fournier, justificó las razones para firmar el decreto, que estableció el 1 de diciembre de cada año como el “Día del Radioaficionado Costarricense”.



563

**PAPEL DE OFICIO**  
PARA USO EXCLUSIVO DE AUTORIDADES

20539-G

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA  
Y EL MINISTRO DE GOBERNACION Y POLICIA

En uso de las facultades que les confiere el artículo 140, incisos 3) y 18) de la Constitución Política.

CONSIDERANDO

1.- Que sin distinción de raza, religión, idioma, fronteras el Radioaficionado ejecuta una labor altruista por su comero en el bien ajeno, además que desarrolla una labor cultural y humanitaria de gran relevancia por el acercamiento entre los pueblos.

2.- Que cuando la tragedia, el dolor y muerte se cierne sobre un país, una ciudad, una población, el Radioaficionado es el primero en llevar la noticia al mundo y el mensaje a las familias.

3.- Que durante las veinticuatro horas, el Radioaficionado está vigilante en las frecuencias, y presto entiende su vano invisible y anhina a quien lo necesita.

4.- Que en reconocimiento a esas místicas, cualidades y ética del Radioaficionado de nuestro país.

DECRETAN

Que se establece la fecha primero de diciembre de cada año como Día del Radioaficionado Costarricense.

Que a partir de su publicación.

Que en la Presidencia de la República, a las catorce horas del veintidós de julio de mil novecientos noventa y uno.

A. CALDERON F.  
PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

LUIS F. FOURNIER  
MINISTRO

Figura 2. Oficio N° 20539-G.

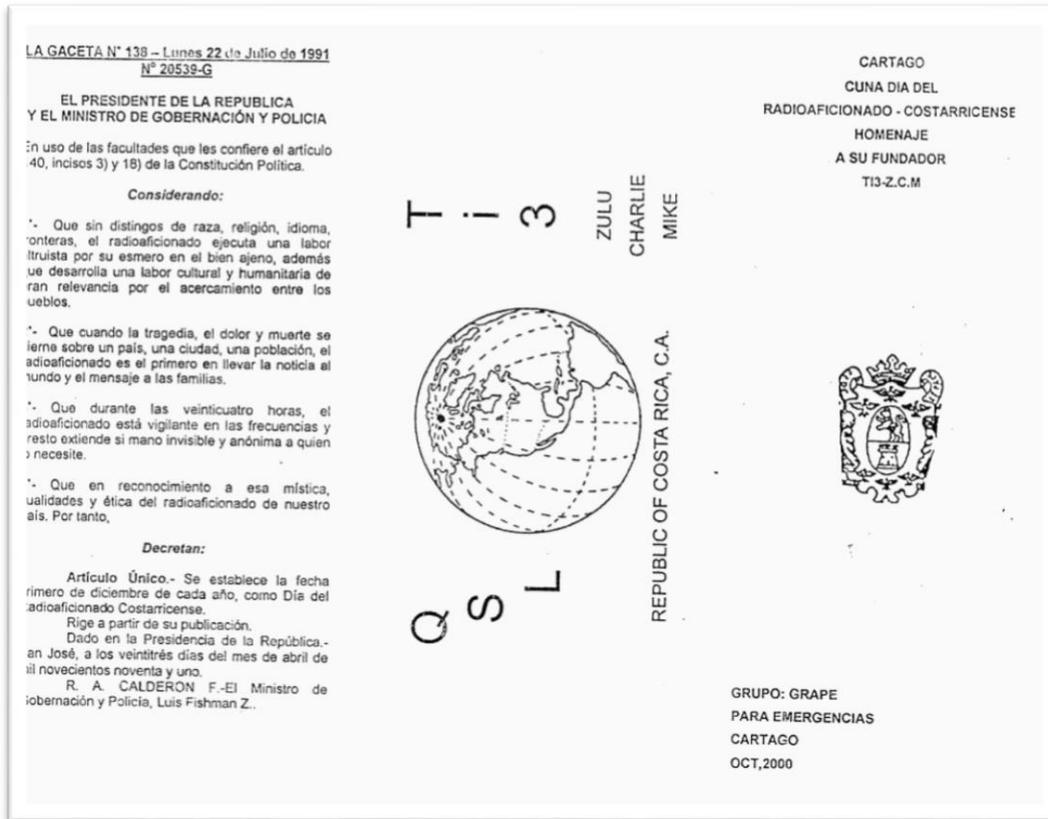


Figura 3. La Gaceta N° 138.

En 1996 sale publicado el Manual básico para radioaficionados por la Editorial Tecnológica de Costa Rica, cuyo autor fue el radioaficionado Ing. Manuel Enrique Murillo Rivas "QdeDG" (TI2MMR). Murió joven, cosa lamentable porque el manual Básico para radioaficionados nunca fue actualizado y la radioafición perdió un escritor. Es muy poco lo que hay que hablar de Manrique porque la muerte lo sorprendió en la flor de vida, pero reconocemos que con su obra aportó mucho a la radioafición nacional.

Hay más sobre la historia de los radioaficionados en Costa Rica y sobre los grandes aportes que éstos impulsaron, sólo que a algunos no les gusta sobresalir y muchos documentos se encuentran en archivos guardados por los familiares de los que han muerto. Esperamos que algún día salgan a la luz.

Los radioaficionados costarricenses siempre han sido reconocidos como una parte importante de la sociedad, y su actividad fue declarada por el Poder Ejecutivo hace varias décadas como de interés nacional. El Radio Club de Costa Rica, representante a nivel mundial de los radioaficionados ticos, fue declarado "Institución de Utilidad Pública" para los intereses del Estado.

En el año 2008, mediante la Ley N°8660 Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones, publicada en el Alcance N° 31 al diario oficial La Gaceta del 13 de agosto de 2008, se definieron las competencias y atribuciones que corresponden al ministerio rector del Sector, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT). Asimismo, se creó la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), que es el órgano encargado de regular, aplicar, vigilar y controlar el ordenamiento jurídico de las telecomunicaciones.

Con base en lo anterior, actualmente existen dos entidades encargadas en conjunto de regir y regular las telecomunicaciones en nuestro país, incluido el servicio de los radioaficionados, los cuales son:

- Viceministerio de Telecomunicaciones del MICITT.
- Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL).

## CAPITULO 4: REGULACIÓN DEL SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS Y AFINES EN COSTA RICA.

Basados en lo establecido en el RGRR, en Costa Rica existen dos requerimientos para poder operar en las bandas aficionadas, las cuales se detallan a continuación:

- Obtener una licencia para el servicio de radioaficionados (en cualquiera de sus categorías) y/o para la operación de la banda ciudadana. Las categorías de la licencia de radioaficionado pueden ser: Novicio (Clase C), Intermedio (Clase B) y Superior (Clase A).
- Obtener un permiso de uso del espectro radioeléctrico para el servicio de radioaficionado y/o la operación de la banda ciudadana. (título habilitante). Estos permisos habilitan el uso del espectro según la categoría de la licencia solicitada, basado en lo que se establece en el PNAF, descrito más adelante.

Es importante aclarar que, la licencia es un documento vitalicio de identificación que se le otorga al operador de banda ciudadana y/o un radioaficionado, que ha aprobado el examen correspondiente de su categoría, indicando su condición y la categoría a la que pertenece en el caso de los radioaficionados, para su identificación y reconocimiento nacional e internacional. Cabe destacar que, la licencia para el servicio de radioaficionado, **NO** corresponde a un título habilitante para hacer uso de las bandas del espectro radioeléctrico, es decir, para poder operar en las bandas respectivas, deberán contar con el permiso de uso del espectro radioeléctrico, establecido en la reglamentación vigente.

Seguidamente se describe la reglamentación aplicable para casa uno de los requerimientos mencionados:

### 4.1. Legislación vigente de la licencia para el servicio de radioaficionados y operación de la banda ciudadana en Costa Rica.

La legislación vigente para obtener una licencia de radioaficionado, en cualquiera de sus categorías, es la indicada en el *“Título Segundo: Licencias”* del RGRR, el cual establece, entre otras cosas, el procedimiento a seguir por cada interesado.

Para mayor claridad y entendimiento, se recomienda consultar el documento completo indicado, el cual estará disponible en el sitio WEB de SUTEL ([www.sutel.go.cr](http://www.sutel.go.cr)).

### 4.2. Legislación vigente para el permiso de uso de espectro radioeléctrico en el servicio de radioaficionados en Costa Rica.

Para los interesados en obtener un título habilitante de permiso, el cual habilita la utilización del espectro radioeléctrico en el país, a los diferentes radioaficionados u operadores de la banda ciudadana, deben seguir el procedimiento establecido en el *“Título Tercero: De los permisos de uso del espectro radioeléctrico para el servicio de*

*radioaficionado y la operación de la banda ciudadana*” del RGRR, así como tomar en cuenta y cumplir con la siguiente reglamentación en materia de telecomunicaciones.

**a. Ley General de Telecomunicaciones (LGT), Ley N° 8642**

<sup>6</sup> El espectro radioeléctrico es un bien de dominio público. Su planificación, administración y control se lleva a cabo según lo establecido en la Constitución Política (bien demanial), los tratados internacionales, la Ley General de Telecomunicaciones, el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y los demás reglamentos que al efecto se emitan. Asimismo, en la Ley N° 8642 Ley General de Telecomunicaciones (LGT), se establece que el espectro radioeléctrico es un recurso escaso y que es deber de la SUTEL la optimización del uso de este recurso y asegurar un mayor beneficio para los usuarios.

Según el marco jurídico que rige las telecomunicaciones en nuestro país, específicamente lo indicado en la LGT (artículos 11, 23 y 26), existen tres tipos de Títulos Habilitantes (potestad para prestar servicios de telecomunicaciones en la República de Costa Rica, luego de presentar la correspondiente solicitud, la cual está sujeta al trámite y los procedimientos establecidos en la Ley y sus reglamentos), los cuales se transcriben a continuación:

- **Concesiones:** Para el uso y la explotación de las frecuencias del espectro radioeléctrico que se requieran para la operación y explotación de redes de telecomunicaciones. Dicha concesión habilitará a su titular para la operación y explotación de la red. Cuando se trate de redes públicas de telecomunicaciones, la concesión habilitará a su titular para la prestación de todo tipo de servicio de telecomunicaciones disponibles al público. La concesión se otorgará para un área de cobertura determinada, regional o nacional, de tal manera que se garantice la utilización eficiente del espectro radioeléctrico.
- **Autorizaciones:** Se establecen para personas físicas y jurídicas que:
  - Operen y exploten redes públicas de telecomunicaciones que no requieran uso del espectro radioeléctrico.
  - Presten servicios de telecomunicaciones disponibles al público por medio de redes públicas de telecomunicaciones que no se encuentren bajo su operación o explotación. El titular de la red pública que se utilice para este fin, deberá tener la concesión o autorización correspondiente.
  - Operen redes privadas de telecomunicaciones que no requieran uso del espectro radioeléctrico.
- **Permisos:** Para el uso de las bandas de frecuencias a que se refieren los incisos b), c) y d) del artículo 9 de esta Ley, se requerirá un permiso, el cual será otorgado por el Poder Ejecutivo previa recomendación de la SUTEL y el cumplimiento de los requisitos que se definan reglamentariamente. La vigencia de los permisos será de

---

<sup>6</sup> Tomado de la Ley General de Telecomunicaciones, artículo 7.

cinco años, renovable por períodos iguales a solicitud del interesado. Los permisos para fines científicos o experimentales se otorgarán por una sola vez, por un plazo máximo de cinco años. Para los efectos de esta Ley, son causales de extinción, caducidad y revocación de los permisos, las señaladas en el artículo 25 de esta Ley, en lo que sean aplicables.

Para el caso específico que nos ocupa, según lo dispuesto en el artículo 9, inciso b) de esta misma Ley, al servicio de radioaficionados le corresponde la clasificación como "Uso no comercial", a través de la figura de título habilitante fundamentada mediante el artículo 26 de la misma Ley (permiso).

Cabe resaltar que, es deber de cada concesionario y permisionario del espectro, conocer y seguir a cabalidad lo indicado en la legislación vigente en materia de telecomunicaciones en nuestro país, para lo cual deberá considerar el servicio que está habilitado a utilizar, así como el hecho que el Estado dispone del espectro radioeléctrico para múltiples usos (y atribuciones), los cuáles deben de coexistir de manera óptima, sin provocar interferencias y asegurando la eficiencia en la utilización del recurso escaso.

Asimismo, en complemento de la Ley descrita, se referencia la demás legislación vigente aplicable en Costa Rica con respecto al permiso de radioaficionados, en cuanto a requisitos para la obtención de los permisos en cualquiera de sus categorías y en la banda ciudadana, normas operativas, prohibiciones, solicitudes especiales para concursos, bandas de frecuencia, características técnicas de los equipos y demás consideraciones para la correcta operación de las estaciones.

**b. Reglamento General para la Regulación de los Trámites del Servicio de Radioaficionados y Afines (Decreto N°40639-MICITT, publicado en el diario La Gaceta según Alcance N°246 del 13 de octubre de 2017)**

El RGRR, además de regular lo concerniente a la licencia indicada en el presente documento, complementa la regulación para los permisos del servicio de radioaficionado y la operación de la banda ciudadana, estableciendo procedimientos para los diferentes trámites, de acuerdo con lo regulado en los artículos 9 inciso b) y 26 de la LGT.

Adicionalmente, este reglamento establece el procedimiento para:

- Obtención de indicativos especiales.
- Operación desde la Isla del Coco.
- Permisos de uso del espectro radioeléctrico para extranjeros.
- Permiso de uso del espectro radioeléctrico para el servicio de radioaficionado de cortesía.
- Permiso de uso de espectro para las asociaciones de radioaficionados.
- Permiso de instalación de estaciones repetidoras en el servicio de radioaficionados.
- Control de transmisiones por medio del Libro de guardia.

Para mayor claridad y entendimiento, se recomienda consultar el documento completo indicado, el cual estará disponible en el sitio WEB de SUTEL ([www.sutel.go.cr](http://www.sutel.go.cr)).

**c. Plan Nacional de Atribución de Frecuencias Decreto N°35257-MINAET (PNAF) y sus reformas.**

El PNAF, tal y como lo establece en su artículo 1, es un instrumento que permite la regulación nacional de manera óptima, racional, económica y eficiente del espectro radioeléctrico nacional, para satisfacer oportuna y adecuadamente las necesidades de frecuencias, tanto para el desarrollo de las actuales redes de telecomunicaciones, como para responder eficientemente a la demanda de segmentos de frecuencias para las redes que hagan uso del espectro radioeléctrico; para tal efecto se proveerán la utilización de tecnologías que optimicen el uso del espectro. Todo lo anterior, de conformidad al marco legal y reglamentario vigente y de los acuerdos y convenios internacionales ratificados por Costa Rica.

Asimismo, según el artículo 3 de este plan, es competencia del Poder Ejecutivo ejecutar el PNAF, evacuar las consultas que sobre éste surjan, y realizar la interpretación técnica de sus disposiciones, así como su periódica revisión y actualización. El PNAF deberá ser concordante con el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, la demanda de los nuevos segmentos de frecuencias para redes de telecomunicaciones para la aplicación de nuevas tecnologías, y los acuerdos internacionales que estén en vigor o sean ratificados por Costa Rica en el futuro, en virtud de las funciones y facultades que le asigna la Ley N°8642, la Ley N°8660 y la demás normativa vinculante.

En cuanto a materia específica del servicio aficionado, debe remitirse al Adendum V y VI del Plan en estudio, donde el Adendum V indica las frecuencias que pueden ser utilizadas según la categoría de radioaficionado, así como las características técnicas para la operación de repetidoras en este servicio; y el Adendum VI especifica las frecuencias y condiciones para el uso del servicio de banda ciudadana.

Para mayor claridad y entendimiento, se recomienda consultar el documento completo indicado, específicamente el Adendum V y VI, el cual estará disponible en el sitio WEB de SUTEL ([www.sutel.go.cr](http://www.sutel.go.cr)).

## CAPITULO 5: Del control de los aficionados - Libro de Guardia.

Tal y como se indica en el artículo 30 del RGRR, los radioaficionados deben poseer y tener al día un libro de guardia con hojas numeradas donde anotarán, aquellos comunicados realizados en frecuencias inferiores a 30 MHz, el cual podrá ser físico o electrónico con el formato mostrado en la tabla 1, incluyendo como mínimo los datos ahí indicados.

**Tabla 1.** Aspectos mínimos solicitados en el libro de guardia.

| Fecha |    |      | Estación<br>corresponsal | Hora inicial |     | Tipo de<br>emisión | Banda de<br>frecuencias | RST               |                      |
|-------|----|------|--------------------------|--------------|-----|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|
| DD    | MM | AAAA |                          | Local        | UTC |                    |                         | Señal<br>recibida | Señal<br>transmitida |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |
|       |    |      |                          |              |     |                    |                         |                   |                      |

- Fecha: El día, mes y año en el cual se realiza el comunicado
- Hora (Inicial): La hora UTC del inicio del comunicado.
- Estación corresponsal: La estación de radioaficionado con la cual hacemos el comunicado.
- Banda de frecuencias: Segmento de frecuencias asignado para el servicio de radioaficionados en el cual se está operando.
- Tipo de emisión: El tipo de emisión utilizado en el comunicado (CW, SSB, PSK, etc.)
- RST de la señal recibida y transmitida: El intercambio de reporte de las señales recibidas y dadas en el formato RST.

Las anotaciones en el Libro de Guardia deben ser en letra clara y fácilmente entendible, asimismo cada radioaficionado puede agregar los datos adicionales que estime conveniente a su operación.

Finalmente, cabe señalar, que la distribución mostrada en la tabla anterior es solamente un ejemplo y puede ser modificada por el radioaficionado (agregar parámetros), siempre y cuando contenga los parámetros mínimos solicitados en el artículo 30 del RGRR.

## **CAPITULO 6: Sobre el canon de reserva del espectro radioeléctrico para los radioaficionados.**

De conformidad con el artículo 63 de LGT, los operadores de redes y los proveedores de servicios de telecomunicaciones deberán cancelar, anualmente, un canon de reserva del espectro radioeléctrico. Serán sujetos pasivos de esta tasa los operadores de redes o proveedores de servicios de telecomunicaciones, a los cuales se haya asignado bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, independientemente de que hagan uso de dichas bandas o no.

El objeto del canon es para la planificación, la administración y el control del uso del espectro radioeléctrico y no para el cumplimiento de los objetivos de la política fiscal. La recaudación de esta contribución no tendrá un destino ajeno a la financiación de las actividades que le corresponde desarrollar a la SUTEL, conforme a los artículos 7 y 8 de esta Ley.

En octubre de cada año, el Poder Ejecutivo debe ajustar el canon de reserva del espectro, vía decreto ejecutivo, realizando de previo el procedimiento participativo de consulta señalado por esta Ley.

El monto por pagar por parte del contribuyente de este canon será determinado por éste mediante una declaración jurada, correspondiente a un período fiscal año calendario. El plazo para presentar la declaración y pago vence dos meses y quince días posteriores al cierre del respectivo periodo fiscal. Es decir, a manera de ejemplo, que el pago del canon de espectro correspondiente al periodo 2016 debe realizarse a más tardar el 15 de marzo del 2017.

En cumplimiento de estas disposiciones, la SUTEL mediante la resolución establecida para el procedimiento de cálculo del canon de reserva del espectro radioeléctrico, el cual dispone la metodología y condiciones para determinar el aporte de cada concesionario y permisionario vigentes por el uso del espectro radioeléctrico.

## **CAPITULO 7: Otros temas evaluados en la prueba teórica establecida en la reglamentación vigente.**

Sumado a los aspectos de la legislación vigente sobre el servicio de los radioaficionados, detallados en capítulos anteriores, se considerará el siguiente material para la realización de las pruebas teóricas y prácticas para la obtención de un permiso para licencia de radioaficionado.

### **7.1. Manual del Radioaficionado de la República de Panamá**

Según lo indicado en el oficio N°00423-SUTEL-SC-2012 de fecha 2 de mayo de 2012, mediante acuerdo 008-025-2012 el Consejo de la Superintendencia de Telecomunicaciones, aprobó según lo indicado por la Dirección General de Calidad en el oficio N°01439-SUTEL-DGC-2012, el uso del documento Manual de Radioaficionado de la República de Panamá, como fuente bibliográfica oficial en Costa Rica para la realización de los exámenes correspondientes, que se establecen en los artículos 52 y 56 del Reglamento a la Ley General de Telecomunicaciones. Lo anterior, previa obtención de la respectiva autorización por parte del Ministerio de Gobierno de la República Panamá a través de nota N°323-DAL-12 de fecha 6 de marzo de 2012, remitida mediante nota N°155/DNMC el 9 de marzo de 2012, para la utilización del Manual indicado como referencia en Costa Rica.

Se consideró el material contenido en los capítulos del 2 al 8 del Manual de Radioaficionado de la República de Panamá, como aptos para ser utilizados en la elaboración de las pruebas correspondientes. No obstante, se realizaron modificaciones en cuanto a forma y expresiones no utilizadas en nuestro país, con el fin de adecuar el contenido del material para su utilización y entendimiento en Costa Rica. Seguidamente se presenta el material mencionado:

#### **7.1.1. PRINCIPIOS ELÉCTRICOS<sup>7</sup>**

##### **7.1.1.1 Caracteres de la energía eléctrica**

###### **7.1.1.1.1 Corriente**

Se concibe la corriente eléctrica como un flujo ordenado de electrones que atraviesa un conductor entre dos puntos que tienen diferente potencial eléctrico.

La dirección de este flujo de electrones es siempre del material con exceso de electrones y que por lo tanto tiene una carga negativa (-), hacia el material con menos electrones y que por lo tanto tiene una carga positiva (+). El circuito es el camino completo que recorren los electrones de un punto al otro punto incluyendo la fuente del flujo.

El amperio (A) es la medida de intensidad de la corriente que circula por el conductor en un momento determinado y se representa con el símbolo (I).

---

<sup>7</sup> Tomado del capítulo 2 del Manual del Radioaficionado Panamá

Un culombio (Q) corresponde a  $6.25 \times 10^{18}$  (6.250.000.000.000.000.000) electrones. Cuando la corriente de un amperio atraviesa un conductor, significa que por el conductor pasa en cada segundo un culombio, (caso similar a los litros de agua por minuto que pueden fluir por una tubería).

La corriente es directa (DC) cuando el flujo de electrones que atraviesa un conductor entre dos extremos tiene un solo sentido. Tal es el caso de la corriente que produce una batería. Si el flujo de electrones invierte su dirección de forma alternada entre los dos extremos, la corriente es alterna (AC). Tal es el caso de la corriente producida por la rotación de un generador eléctrico, en el cual la corriente es inducida por el movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor en donde el flujo de electrones resultante invertirá su dirección alternadamente cada vez que los puntos con diferente potencial eléctrico se invierten debido a la rotación del rotor del generador.

#### 7.1.1.1.2 Voltaje

La fuerza que hace mover los electrones por el circuito se conoce como fuerza electromotriz (FEM) o voltaje (V). El voltaje consiste en la diferencia de potencial que, como una “presión” eléctrica, hace fluir la corriente de forma similar a la presión que hace salir el agua de una llave. El flujo de electrones se produce por la tendencia natural de los electrones de moverse del material que tiene exceso de electrones hacia el material que tiene deficiencia de electrones. El voltaje se representa con el símbolo “V” y su unidad de medida es el voltio (V).

Un voltio es la medida de fuerza electromotriz que se requiere para impulsar la corriente de un amperio a través de una resistencia de un ohmio.

#### 7.1.1.1.3 Resistencia

Los materiales se oponen de manera natural al paso de la corriente eléctrica que los atraviesa. Este fenómeno se conoce como resistencia y se representa con el símbolo “R”. La unidad de medida de la resistencia es el ohmio ( $\Omega$ ). La resistencia de un conductor será de un ohmio ( $1\Omega$ ) si permite que fluya la corriente de un amperio cuando se aplica una fuerza electromotriz de un voltio. Mientras más alta la resistencia en un conductor eléctrico menor será el flujo de corriente.

No hay que confundir el fenómeno de la resistencia eléctrica propiamente, con el dispositivo del mismo nombre cuya función es controlar la cantidad de corriente que puede fluir por un circuito. Estos dispositivos son de varias clases, siendo una de las más comunes la resistencia de carbón, fabricada de grafito comprimido cubierta de una pintura aislante e identificada con barras de colores que corresponden al código que indica el valor en ohmios de la resistencia.



**Figura 4.** Resistencia de carbón.

En la siguiente figura se muestra la nomenclatura para poder determinar el valor resistivo por medio del código de colores de las resistencias:

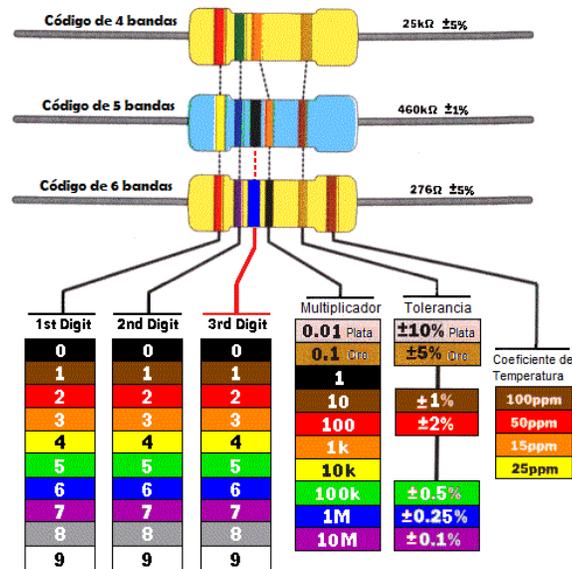


Figura 5. Código de colores de las resistencias.

Debido a que la resistencia puede cortar la energía eléctrica al fluir por un conductor, ésta se puede transformar en otras clases de energía como calor o energía electromagnética.

Por otro lado, existen materiales que sin embargo oponen muy poca resistencia a la corriente. Estos materiales se denominan materiales conductores y la resistencia que ofrecen también está relacionada con el grosor, longitud y temperatura del material conductor. Ejemplos de materiales conductores son: plata, cobre, oro y aluminio. También hay materiales que tienen una resistencia muy elevada, o casi total, a la corriente. Estos materiales se denominan materiales aislantes. Algunos ejemplos de materiales aislantes son: caucho, vidrio y mica.

#### 7.1.1.1.4 La Ley de Ohm

Existe una relación entre la corriente, el voltaje y la resistencia, la cual se describe mediante la Ley de Ohm. Su enunciado es el siguiente:

La corriente (I) en un circuito es directamente proporcional al voltaje (V) e inversamente proporcional a la resistencia (R).

$$I = \frac{V}{R}$$

#### 7.1.1.1.5 Potencia eléctrica

Al mover la carga eléctrica por el conductor se está realizando un trabajo. Este trabajo equivale a la potencia eléctrica, cuya unidad de medida es el Watt y se expresa con el símbolo "W".

La potencia eléctrica, en watts, es la medida de trabajo que la fuerza electromotriz requiere realizar para hacer fluir los electrones por el conductor en un tiempo determinado. Por

ejemplo, si una cantidad de electrones se mueve de un punto a otro en el tiempo de un minuto, se requerirá aplicar mayor potencia eléctrica para mover esa misma cantidad de electrones en el tiempo de un segundo.

Un vatio de potencia equivale al trabajo realizado en un segundo por una fuerza electromotriz de un voltio moviendo una carga de un culombio.

Su valor se obtiene por medio de las formulas siguientes cuyo resultado se expresa en vatios:

$$W = V * I$$

### 7.1.1.1.6 Circuitos eléctricos y sus componentes

#### A. Resistencias

Hemos expresado que las resistencias son dispositivos que se utilizan en los circuitos eléctricos para limitar el flujo de corriente en el circuito. Las resistencias pueden ser fijas o variables y su tamaño dependerá del material con que estén fabricadas. Los valores de las resistencias varían desde un ohmio a muchos megahomnios. A las resistencias variables también se les denominan potenciómetros.



**Figura 6.** Resistencia, resistencia variable o potenciómetros.

Los circuitos pueden emplear resistencias conectadas en serie o en paralelo o en ambas formas a la vez, y conociendo los valores de cada una de las resistencias implicadas en el circuito, se puede calcular el valor resultante. El resultado total de las resistencias puestas en serie se calcula sumando el valor de cada una de las resistencias individuales:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

En el caso de resistencias en paralelo el valor resultante será menor que la resistencia más pequeña del circuito y se calcula:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}}$$

#### B. Capacitores o condensadores

La función principal de un capacitor consiste en actuar como un acumulador durante un breve período de tiempo, lo cual implica que el capacitor se carga de electricidad.

Si dos placas de metal, separadas por una capa de aire o por un material aislante, se conectan entre sí por intermedio de una batería, cada una de las dos placas se cargará, una de ellas con carga positiva y otra con carga negativa, permaneciendo cargadas las placas aunque se desconecte la batería formando un condensador que puede cargarse y descargarse a voluntad con la apertura o el cierre de un interruptor.

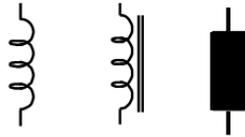


**Figura 7.** Condensador, Condensador variable.

Por el material aislante que los componen, los capacitores pueden ser de aire, mica, cerámica, papel, plástico, electrolíticos, aluminio o tantalio.

### C. Inductores o bobinas

Los inductores consisten en bobinas de alambre de cobre formadas por un número definido de espiras o vueltas, cuyo diámetro determina el valor del inductor o la bobina. La función primordial de los inductores o bobinas es producir la inducción electromagnética.

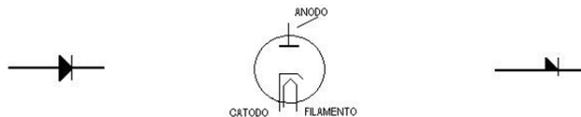


**Figura 8.** Inductor fija, núcleo de ferrita e inductor variable.

### D. Diodos y tubos electrónicos o válvulas

Los diodos son dispositivos utilizados para controlar el paso de la corriente en un sentido solamente (actúan como válvulas), utilizándose usualmente para rectificar una corriente alterna permitiendo el paso de solo la mitad de un ciclo, convirtiendo la corriente alterna en corriente continua. Los diodos utilizados para este propósito reciben el nombre de rectificadores.

Los tubos electrónicos (conocidos también como válvulas electrónicas) son dispositivos de emisión térmica de electrones o emisión termoiónica. El tubo electrónico más simple contiene un electrodo primario llamado ánodo y un filamento llamado cátodo, revestido de tungsteno que al tornarse incandescente emite electrones. El tríodo es un tubo electrónico que tiene tres electrodos.

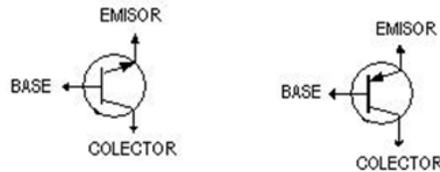


**Figura 9.** Diodo, tubo electrónico y diodo rectificador.

### E. Transistores

El transistor es un dispositivo que realiza funciones similares a las de los diodos o de los tubos electrónicos. Sin embargo, el transistor actúa basándose en un principio diferente, ya que éste opera por la acción de las diversas capas de material semiconductor de que está compuesto.

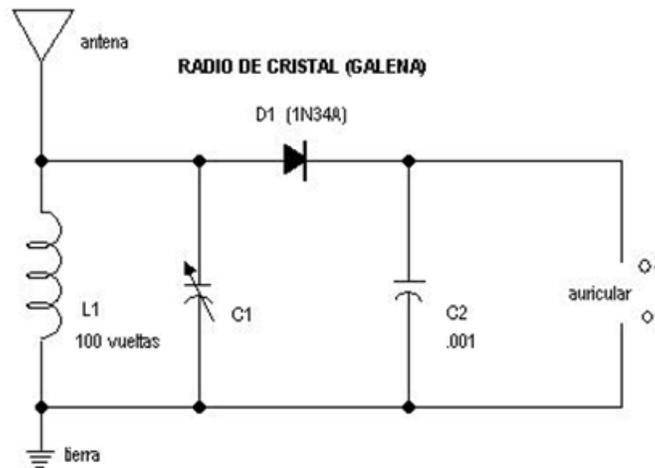
Por razón de las diferentes capas de material semiconductor que integran a los transistores, éstos se pueden clasificar en transistores tipo NPN debido a que la capa central, llamada base, es de un material semiconductor tipo P (de carga positiva), mientras que las otras dos capas, llamadas colector y emisor, son de un material tipo N (de carga negativa). En cambio, en los transistores tipo PNP la base es de un material tipo N, mientras que el colector y el emisor son de material tipo P.



**Figura 10.** Transistor NPN y Transistor PNP.

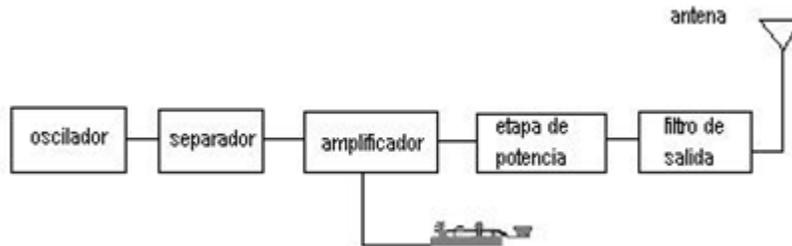
### 7.1.1.1.7 Diagramas de los circuitos

Un diagrama de un circuito es una forma de representar gráficamente los diversos tipos de elementos que componen un circuito eléctrico en el que se indica, además, como están éstos conectados. En el diagrama del circuito se utilizan símbolos esquemáticos que son símbolos especiales o figuras que se utilizan para representar los componentes en el diagrama. Pueden enumerarse los elementos en el diagrama para su identificación y también puede indicarse su respectivo valor.



**Figura 11.** Ejemplo de diagrama de un circuito.

Otra forma en que usualmente se representan los circuitos, de manera más sencilla, es mediante la sustitución de los diversos componentes por bloques, eliminando las conexiones. Estos diagramas se denominan diagramas de bloque.



**Figura 12.** Ejemplo de diagrama de bloques.

### 7.1.1.1.8 Propiedades de los circuitos electrónicos

#### A. Capacitancia

La capacitancia corresponde a la habilidad que tiene un dispositivo capacitor para acumular una carga eléctrica, la cual es función de la distancia que separa las placas en el capacitor, el tamaño de las placas y el dieléctrico que las separa. La capacitancia se representa con el símbolo “C” y su unidad de medida es el faradio (f).

En su uso práctico un faradio es una medida muy grande, por eso comúnmente se utilizan medidas más pequeñas como el microfaradio ( $\mu\text{f}$ ) que equivale a  $1 \times 10^{-6}$  faradios o el picofaradio (pf) que equivale a  $1 \times 10^{-12}$  faradios. Si se aplica el voltaje de un voltio a las placas de un capacitor y se produce en el capacitor una carga de un coulombio, la capacitancia será de un faradio.

La capacitancia que existe en un circuito eléctrico se opone al cambio de voltaje en el circuito. Esta propiedad se denomina reactancia capacitiva ( $X_C$ ).

#### B. Inductancia

Se denomina inductancia al fenómeno resultante de la generación de una fuerza electromotriz debido a la expansión y al colapso del campo magnético en un conductor, el cual a su vez causa una resistencia al flujo de la corriente. La inductancia se representa con el símbolo “L” y su unidad de medida es el henry o henrio (h).

La inductancia que existe en un circuito eléctrico se opone al cambio de corriente en el circuito. Esta propiedad se denomina reactancia inductiva ( $X_L$ ).

#### C. Impedancia

Hay circuitos que poseen propiedades de reactancia tanto inductiva como capacitiva, además de la resistencia natural que tiene el material conductor del circuito.

Cuando la carga de consumo de un circuito se debe en parte a la resistencia y en parte a la reactancia (capacitiva o inductiva), se dice que el circuito tiene impedancia, la cual se representa con el símbolo “Z”.

#### *D. Circuitos resonantes*

En su esencia, el funcionamiento de los equipos de comunicaciones está basado en los efectos que sufre la corriente alterna al pasar por dos tipos básicos de componentes. Los que producen capacitancia (capacitores o condensadores) y los que producen inductancia (inductores o bobinas).

Cuando por medio de los capacitores y de los inductores hacemos oscilar la corriente de electrones en un circuito de un sentido a otro sentido contrario, obtendremos un circuito oscilante o resonante. Un circuito oscilante o resonante es como un péndulo o un trapecio que se mece a una velocidad casi constante. Las oscilaciones tienen una frecuencia natural, que son determinadas por la capacitancia y la inductancia del circuito. Este período natural de oscilación se llama frecuencia de resonancia y se representa con el símbolo (fr).

### **7.1.2. EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LAS ONDAS<sup>8</sup>**

#### **7.1.2.1 La onda y el campo electromagnético**

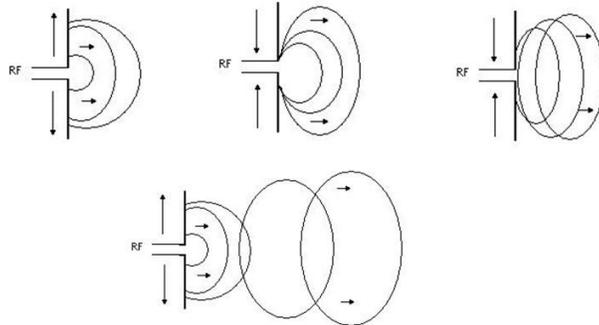
##### **7.1.2.1.1 Emisión de las ondas electromagnéticas**

Siendo la radiocomunicación el resultado de una eficaz emisión y recepción de ondas electromagnéticas, es preciso entender, aunque sea de forma breve, como se irradian estas ondas y como se trasladan desde nuestra antena hasta la antena del receptor. Ya hemos dicho que la energía aportada a un circuito puede transformarse en otras formas distintas de energía, como la electromagnética. Siempre que fluye una corriente eléctrica por un conductor se produce un campo electromagnético que rodea al conductor, cuya orientación será simétrica a la dirección del flujo de la corriente, y su intensidad y duración será proporcional a la de la corriente que fluye por el conductor.

Al suspenderse el flujo eléctrico en el conductor, el respectivo campo electromagnético a su vez colapsa hacia el conductor. Si debido a la acción de capacitores e inductores, que hacen oscilante o resonante el circuito, invertimos en éste sucesivamente la dirección del flujo de electrones, con una velocidad suficientemente alta para exceder el tiempo que le toma colapsar el respectivo campo electromagnético que rodea al conductor; cada vez que se invierta el sentido del flujo de electrones se producirá otro campo electromagnético proporcional en intensidad al que existía antes, pero cuya orientación electromagnética será totalmente opuesta, lo que impedirá que el primero colapse totalmente hacia el conductor y, en cambio, será impulsado hacia el espacio en forma de onda electromagnética.

---

<sup>8</sup> Tomado del capítulo 3 del Manual del Radioaficionado Panamá



**Figura 13.** Ejemplo de emisión de ondas.

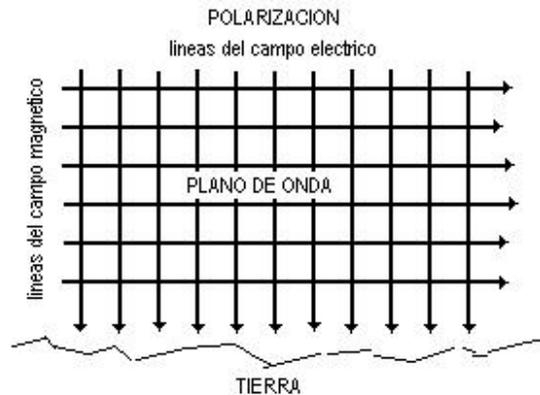
Una antena es el ejemplo clásico de un circuito oscilante, que convierte la energía radioeléctrica que le entrega el transmisor en ondas electromagnéticas que son irradiadas hacia el espacio.

#### 7.1.2.1.2 El plano de la onda y la polarización

La onda electromagnética irradiada está compuesta por dos campos de energía: el campo eléctrico y el campo magnético. La energía de la onda se divide equitativamente entre estos dos campos, los cuales se expanden por el espacio perpendicularmente entre sí a 300.000.000 ( $3 \times 10^8$ ) metros por segundo, o sea a la velocidad de la luz.

La onda se expande en el inmenso vacío del espacio como una esfera, en todas direcciones, y llega el momento en que se puede representar como una superficie plana (justamente como se representaría sobre el papel un mapa de la superficie de la tierra). Este plano que representa la onda cuando se encuentra lo suficientemente alejada de su punto de origen se denomina plano de la onda.

El plano de onda, indica el sentido de la polarización de la onda conforme sea la dirección de las líneas que representan el campo eléctrico.



**Figura 14.** Plano de la onda (wave front) y la polarización representados por las líneas del campo eléctrico (verticales) y magnético (horizontales) cruzadas perpendicularmente entre sí.

En el dibujo, la polarización es vertical porque el sentido del campo eléctrico es perpendicular a la tierra. Si el sentido del campo eléctrico fuera horizontal, se dice que la onda está polarizada horizontalmente. En algunos casos, la polarización puede ser algo intermedio entre horizontal y vertical, y en otros casos, la polarización no es fija, sino que rota continuamente. Cuando esto sucede, se dice que se trata de una onda polarizada elípticamente.

#### 7.1.2.1.3 Intensidad de campo

La fuerza de la onda electromagnética se mide en términos del voltaje que existe entre un punto de una línea del campo eléctrico y otro en el plano de la onda. La unidad de longitud es el metro y dado que usualmente el voltaje de una onda electromagnética es muy bajo, la medición es hecha en micro voltios por metro ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ).

Habrán ocasiones en que por razones prácticas el radioaficionado requerirá conocer la intensidad de campo de irradiación de su antena, ya sea para determinar la eficiencia o la dirección de la irradiación de la antena; para ello utilizará un medidor de intensidad de campo o “field strength meter”.

#### 7.1.2.1.4 Atenuación

Al atravesar el espacio, la intensidad de campo de una onda irá disminuyendo a medida que ésta se aleja de la antena que la irradia. Este fenómeno se conoce como atenuación de la onda.

Si la intensidad de campo a 1 Km del origen de la onda es de  $100 \mu\text{V}/\text{m}$  por metro, la intensidad a 2 Km será  $50 \mu\text{V}/\text{m}$ , y a 100 Km será de  $1 \mu\text{V}/\text{m}$  y así sucesivamente. La disminución de la intensidad del campo es causada por la dispersión de la energía al expandirse cada vez más la onda conforme se aleja de la fuente. En la realidad, la atenuación que sufre la onda de radio es mucho mayor, ya que ordinariamente la onda no viaja por un espacio libre de obstáculos o en línea directa de la antena emisora a la antena receptora.

#### 7.1.2.1.5 Longitud de onda

A la acción del electrón de atravesar completamente el circuito oscilante de una antena, de un extremo al otro y regreso, se le denomina ciclo. La cantidad de veces que el electrón atraviesa el conductor ida y vuelta en un segundo corresponde a los ciclos por segundo, que es la unidad de medida de la frecuencia. Hoy en honor a Heinrich Rudolph Hertz la medida de la frecuencia se expresa en hercios (Hz), lo que equivale a ciclos por segundos, y sus exponentes decimales son los kilohercios (kHz), megahercios (MHz) y gigahercios (GHz).

$$1000 \text{ hercios (Hz)} = 1 \text{ Kilohercio (KHz)}$$

$$1.000.000 \text{ hercios (Hz)} = 1 \text{ Megahercio (MHz)}$$

$$1.000.000.000 \text{ hercios (Hz)} = 1 \text{ Gigahercio (GHz)}$$

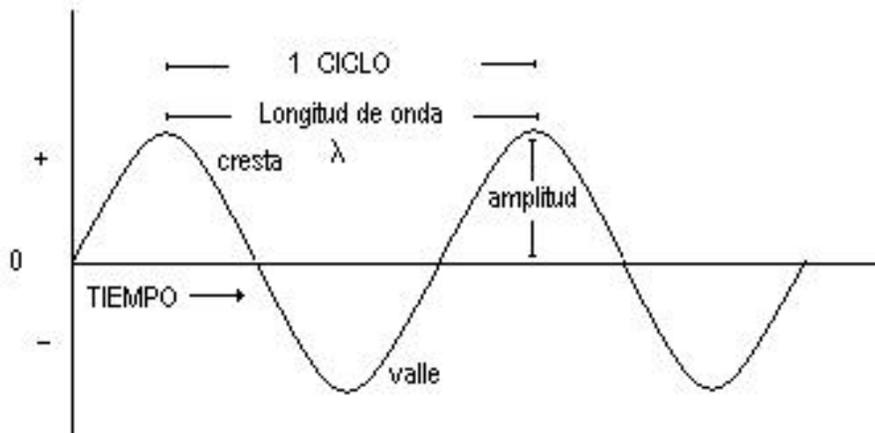
Existe una relación bien definida entre la frecuencia y la velocidad con que se propaga la onda electromagnética. Siendo que la frecuencia de una onda es el número de ciclos

completos que ocurren en cada segundo y que las ondas electromagnéticas se expanden hacia el espacio a la velocidad de la luz (**c**), o sea a  $(3 \times 10^8)$  metros por segundo, y que esa velocidad es constante e invariable, se puede derivar la distancia que existirá en un momento dado entre dos puntos correspondientes en planos de ondas consecutivos. Esa distancia se conoce como la longitud de onda y se representa con el signo griego lambda “ $\lambda$ ”.

Como la longitud de la onda solamente variará si varía la frecuencia y viceversa, la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia. A más alta frecuencia, menor será la longitud de onda, y a más alta longitud de onda, más baja la frecuencia.

$$\lambda \text{ (m)} = \frac{c \text{ (m/s)}}{f \text{ (Hz)}}$$

Donde ( $\lambda$ ) es la longitud de la onda en metros, (*c*) es la velocidad con que se desplaza la onda y (*f*) es la frecuencia en hercios del movimiento ondulatorio. La longitud de la onda se mide en metros, aunque las ondas muy cortas pueden medirse en centímetros y hasta milímetros.



**Figura 15.** Longitud de onda.

## El espectro electromagnético

El espacio en donde coexisten las ondas electromagnéticas se denomina el espectro electromagnético, y para la generación de ondas electromagnéticas son necesarias frecuencias que van desde algunos miles de hercios (Hz) hasta los gigahercios (GHz).

**Tabla 2.** Rangos de frecuencias.

| Nombre               | Rango de la frecuencia                          |
|----------------------|---|
| Radiofrecuencia (RF) | 3 kHz – 300 GHz                                 |
| Luz infrarroja       | 300 GHz – $4,3 \times 10^{14}$ Hz               |
| Luz visible          | $4,3 \times 10^{14}$ Hz – $1 \times 10^{15}$ Hz |
| Luz ultravioleta     | $1 \times 10^{15}$ Hz – $6 \times 10^{16}$ Hz   |

| Nombre      | Rango de la frecuencia                        |
|-------------|---|
| Rayos X     | $6 \times 10^{16}$ Hz – $3 \times 10^{19}$ Hz |
| Rayos Gamma | $3 \times 10^{19}$ Hz – $5 \times 10^{20}$ Hz |

Las ondas de radio, denominadas radiofrecuencia (RF), con respecto a su longitud de onda se pueden clasificar en:

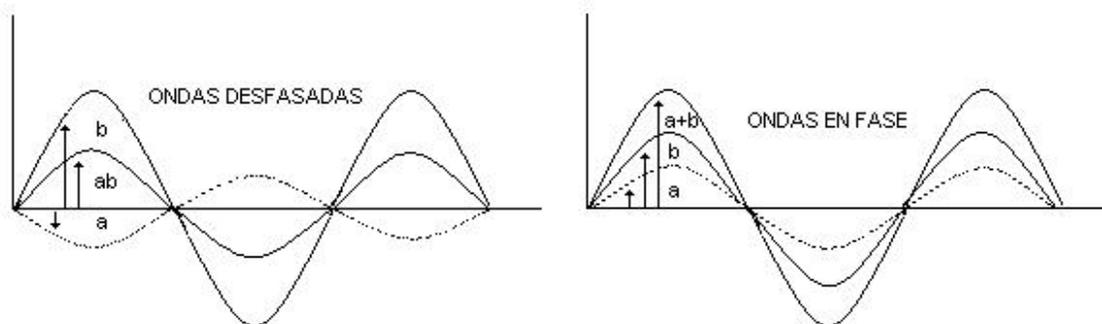
**Tabla 3.** Rangos de radiofrecuencias.

| Frecuencias    | Subdivisión métrica | Denominación                           |
|----------------|---------------------|--|
| 3 a 30 KHz     | Ondas miriamétricas | VLF (Frecuencias muy bajas)            |
| 30 a 300 KHz   | Ondas kilométricas  | LF (Frecuencias bajas)                 |
| 300 a 3000 KHz | Ondas hectométricas | MF (Frecuencias medias)                |
| 3 a 30 MHz     | Ondas decamétricas  | HF (Frecuencias altas)                 |
| 30 a 300 MHz   | Ondas métricas      | VHF (Frecuencias muy altas)            |
| 300 a 3000 MHz | Ondas decimétricas  | UHF (Frecuencias ultra altas)          |
| 3 a 30 GHz     | Ondas centimétricas | SHF (Frecuencias súper altas)          |
| 30 a 300 GHz   | Ondas milimétricas  | EHF (Frecuencias extremadamente altas) |

#### 7.1.2.1.6 Interferencia y Fase

Cuando dos ondas se cruzan se pueden producir cambios o variaciones, favorables o desfavorables en la amplitud de las ondas. Estas variaciones, como resultado de combinar dos o más ondas, se llaman interferencia.

Las ondas que se encuentran con sus crestas y sus valles juntas se dice que están en fase. Las ondas que se encuentran con las crestas de una sobre los valles de la otra se dice que están desfasadas.



**Figura 16.** Fase de las ondas.

#### 7.1.2.2 Líneas de transmisión

##### 7.1.2.2.1 Características de las líneas de transmisión

Por lo general las antenas se instalan algo lejos del equipo de radio y de alguna manera hay que llevar la energía de radio frecuencia (RF) hasta la antena con la mínima pérdida y sin que ésta se irradie. Tal es la función de las líneas de transmisión.

Usualmente empleamos el término línea de transmisión para referirnos principalmente a los cables que llevan la energía de radio frecuencia de nuestro transceptor a la antena y viceversa; no obstante, también se consideran líneas de transmisión las líneas que conectan nuestros equipos entre sí.

Es importante que las líneas de transmisión no irradien la energía, sino que la transporten con el máximo rendimiento posible.

Existen varios tipos de líneas de transmisión y cada uno tiene particularidades propias para ser más eficiente en determinadas aplicaciones, por lo que hay que conocer las características físicas y las características eléctricas que distinguen a los diferentes tipos de líneas de transmisión.

De acuerdo a las características físicas, las líneas de transmisión pueden ser: paralelas o bifilares y coaxiales, clasificadas según la forma en que están dispuestos los conductores que la integran.

Las líneas paralelas o bifilares están conformadas por dos conductores paralelos e independientes. Este tipo de línea presenta algunas ventajas e inconvenientes. Los campos electromagnéticos que generan los conductores iguales y paralelos se anulan entre sí, evitando que la línea irradie y, siendo el aire el dieléctrico que aísla los conductores, tienen mínimas pérdidas. Sin embargo, las líneas paralelas son más difíciles de instalar y son afectadas por los objetos metálicos cercanos, además de ser capaces de causar interferencia o de captar ruidos del entorno.

Las líneas coaxiales están formadas por conductores concéntricos (un conductor interno central y otro externo en forma de malla) que están aislados entre sí por un dieléctrico que puede ser de polietileno, vinilo u otros materiales, y protegidos por un forro externo, adquiriendo una forma cilíndrica.

Aunque las líneas coaxiales tienen una mayor pérdida de energía que las líneas paralelas por causa del material dieléctrico, el conductor externo o malla del coaxial actúa como un “escudo” (motivo por lo que en inglés se le denomina “shield”) que confina dentro de la línea los campos electromagnéticos generados en los conductores, lo que impide la irradiación de radiofrecuencia y la captación de ruidos del entorno en toda su longitud. Además, dichas líneas son mucho más prácticas, ya que son más fáciles de instalar y manejar.

De acuerdo a las características eléctricas, las líneas de transmisión pueden ser: líneas balanceadas o líneas desbalanceadas, clasificadas conforme esté equilibrado el factor de impedancia existente en los conductores que la integran.

Las líneas paralelas son líneas de transmisión balanceadas lo cual implica que el factor de impedancia de cada uno de los conductores que la integran es similar. En cambio, los coaxiales son líneas de transmisión desbalanceadas en virtud de que el conductor concéntrico o malla del coaxial es de mayor volumen que el conductor central del coaxial,

por lo que es imposible que ambos conductores tengan el mismo factor de impedancia. Al acoplar una línea coaxial para alimentar una antena balanceada, como por ejemplo: un dipolo (que reparte la carga de forma pareja entre sus dos ramales iguales) se produce en el coaxial un efecto de desbalance que hará fluir una corriente neta de regreso por la parte externa de la malla del coaxial, produciéndose una irradiación no deseada en el mismo coaxial. La solución para cancelar esta corriente neta es intercalar entre la línea coaxial y la antena balanceada (dipolo) un dispositivo denominado “balun” cuyo nombre proviene de la contracción de las palabras en inglés “balanced-unbalanced”.

Existen tres factores de importancia que inciden en el funcionamiento eficiente de la línea de transmisión: la impedancia característica de la línea, el factor de velocidad y la pérdida por atenuación.

- **El primer factor es el de la impedancia característica de la línea de transmisión:** Todas las líneas de transmisión presentan cierto factor de impedancia denominada impedancia característica, representada con el símbolo  $Z_0$ , la cual es determinada por la geometría propia de la línea, las características, el diámetro de los conductores que la componen y el material del dieléctrico que los separa; cuyo valor se halla en función de la auto inductancia que se produce en la línea y de la capacitancia de la misma. La fórmula de la impedancia característica de una línea de transmisión es la siguiente:

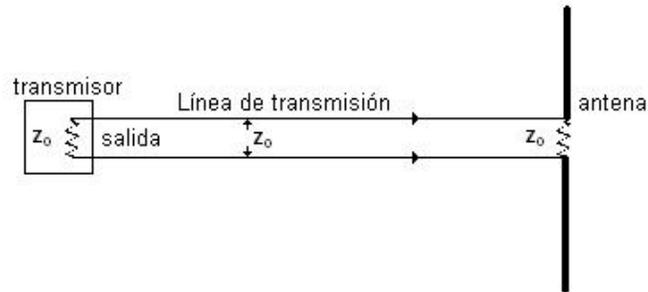
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

*donde: L = la inductancia de la línea y C = la capacitancia de la línea.*

Cuando se conoce la línea de transmisión, la carga para el transmisor será la impedancia que le presenta la línea de transmisión; impedancia que, en circunstancias normales, será la impedancia característica ( $Z_0$ ) que posee la línea.

Generalmente las líneas paralelas presentan una impedancia característica dentro de un rango que va de 100  $\Omega$  a 600  $\Omega$  y las líneas coaxiales dentro de un rango que va de 30  $\Omega$  a 100  $\Omega$ .

Una línea de transmisión solamente presentará su impedancia característica cuando en su terminación exista una carga que tenga una impedancia igual. Por ejemplo, un cable coaxial con una impedancia característica de 50  $\Omega$ , presentará al transmisor esa misma impedancia solo si está conectado en su otro extremo a una antena cuya carga le presente a la línea una impedancia similar de 50  $\Omega$ .



**Figura 17.** Impedancia característica.

La línea de transmisión conectada al transmisor debe tener el mismo factor de impedancia que el existente en el terminal de salida del transmisor, así como también debe ser igual a la impedancia existente en el punto de alimentación de la antena.

Si la onda de energía de radiofrecuencia que atraviesa la línea de transmisión se encuentra con un punto en la línea en que varía la impedancia, parte de la energía será reflejada de regreso hacia el transmisor, resultando dos ondas: Una onda incidente que viaja de transmisor hacia el extremo de la línea y una onda reflejada que regresa desde el punto de variación de la impedancia hacia el transmisor. El producto de la suma vectorial de estas dos ondas contrarias constituyen las ondas estacionarias.

- **El segundo factor que presentan las líneas de transmisión es el denominado factor de velocidad:** Se llama factor de velocidad a la relación entre la velocidad con que el flujo de la energía de radiofrecuencia atraviesa una determinada línea de transmisión, respecto a la velocidad que tendría en una línea teórica cuyo factor de velocidad es igual a uno, y su dieléctrico es el vacío (en la práctica el factor de velocidad siempre será menor que la unidad). Mientras menor sea el factor de velocidad significa que más tarda el flujo de radio frecuencia en recorrer la línea.

El factor de velocidad correspondiente a las líneas paralelas (línea plana de TV de 300  $\Omega$ ) es de 0,80 y el de las líneas coaxiales (RG/8) es de 0,66.

- **El tercer factor de importancia es el factor pérdida:** En las líneas de transmisión se produce también cierto grado de pérdida debido a la atenuación de la energía de radiofrecuencia que atraviesa la línea. El factor de pérdida es generado por los aislantes dieléctricos y los conductores, producto a las constantes capacitivas e inductivas, más la resistencia que existe a lo largo de la línea. Las sumas de estos componentes hacen que las líneas de transmisión presenten pérdidas que varían logarítmicamente con el largo de la línea y cuya magnitud se expresa en decibelios (dB) por unidad de longitud (metros).

#### 7.1.2.2.2 Relación de las Ondas Estacionarias (ROE)

Se expresó que si la onda de radiofrecuencia, al atravesar la línea de transmisión, encuentra una variación en la impedancia, parte de su energía será reflejada de regreso

hacia la fuente de transmisión. Esta energía devuelta que fluye a través de la línea en sentido contrario, en forma de onda reflejada, se suma vectorialmente a la onda incidente, produciendo las ondas estacionarias.

La relación entre los valores máximos y mínimos de voltaje y de corriente de radio frecuencia en la línea se denomina: relación de ondas estacionarias (ROE) o, en inglés, “Standing Wave Ratio (SWR)”, y constituye una medida de relación del desajuste entre la impedancia de la línea de transmisión y la carga (antena).

En una línea de transmisión perfectamente equilibrada, en impedancia, en el extremo de la carga (antena), la onda de radiofrecuencia compuesta por el voltaje y la corriente, será constante en toda la longitud de la línea, fluyendo en un solo sentido a todo lo largo hasta llegar a la antena, donde será totalmente absorbida para ser irradiada. Sin embargo, si la impedancia de la línea no está perfectamente equilibrada con la de la antena, entonces parte de la energía regresará por la línea, produciéndose una interferencia entre las ondas que avanzan por ella hacia la antena y las que vienen de regreso, dando lugar a una onda estacionaria a todo lo largo de la línea, haciendo radiar a esta última. La cantidad de radio frecuencia que será reflejada y la que será absorbida por la antena para ser irradiada es determinada por el grado de desajuste de impedancia existente en la línea de transmisión.

Debido a las ondas estacionarias, la impedancia característica de la línea de transmisión ya no será igual en todos los distintos puntos de la línea de transmisión. En algunos puntos de la línea la resultante del encuentro entre la onda incidente y la onda reflejada resultará en un aumento de energía y en otros de disminución (afectando la relación voltaje/corriente). La impedancia resultante en cualquier punto a lo largo de la línea corresponderá a la relación existente entre el voltaje y la corriente ese punto.

Es muy importante la medición del nivel de ondas estacionarias existentes en la línea de transmisión, aun cuando casi todos los transceptores modernos constan de un circuito de protección que reduce la potencia de transmisor frente a la presencia de ondas estacionarias, para ello el radioaficionado debe tener siempre en su estación un aparato medidor de ondas estacionarias (o SWR meter).

### **7.1.2.3 Antenas**

Se debe advertir de antemano que el tema de las antenas es de por sí muy extenso y de desarrollo bastante complejo. En esta sección solo se tratarán de forma somera los principios básicos que intervienen en la operación eficiente de las antenas y se describirán algunos de los tipos más comunes de antenas usados por los radioaficionados.

#### **7.1.2.3.1 Características de las antenas: La resonancia y longitud**

Las antenas son circuitos oscilantes cuyo propósito es irradiar o recibir las ondas electromagnéticas, por lo que el diseño de las mismas está dirigido principalmente a que éstas irradien la mayor cantidad de energía o reciban la mayor energía posible para una frecuencia determinada. Las características de una antena son iguales, ya sea que se use

para transmitir o para recibir, por lo que se puede afirmar que una buena antena en transmisión será también una buena antena en recepción.

Una antena es eficiente cuando todas las características eléctricas de la antena están en un perfecto estado de balance para una frecuencia de trabajo determinada (frecuencia de resonancia) por lo que circula la mayor cantidad de corriente en la antena. Una antena en ese estado se dice que está resonante en esa frecuencia de trabajo. No obstante, en el rendimiento de la antena influyen ciertos factores, como las dimensiones de la antena, la impedancia, la altura, la ubicación, entre otros.

Un circuito resonante actúa como un péndulo donde oscilan valores determinados de corriente y voltaje a lo largo del mismo. La antena es un circuito oscilante en la que la resonancia está determinada por la frecuencia de la oscilación de los distintos valores de corriente y voltaje a lo largo de la antena en relación con la longitud de la misma. Es comparable con el rebote continuo de una pelota de básquetbol en donde la frecuencia (el impulso que recibe la pelota) para mantener el rebote constante es relativo a la altura desde la cual la hacemos rebotar.

Existe una relación entre la resonancia de la antena y la longitud eléctrica del conductor con respecto a la longitud de onda de la frecuencia de trabajo. La fuerza del campo electromagnético irradiado por la antena dependerá de la longitud del conductor irradiante y de la magnitud de corriente que fluye por el mismo. Mientras más cantidad de corriente fluya por el conductor mayor será el campo electromagnético irradiado, y existirá mayor cantidad de corriente cuando la antena es resonante en la frecuencia de trabajo.

Una antena será resonante para una frecuencia determinada (frecuencia de trabajo) cuando su longitud física se acomoda a un ciclo del recorrido completo de la carga eléctrica de un extremo al otro de la antena y de regreso.

Si la velocidad en que viaja la carga eléctrica es la velocidad de la luz, o sea 300.000.000 metros por segundo, la distancia que cubrirá la carga eléctrica en un ciclo de la frecuencia de resonancia corresponderá a la longitud de la onda; o sea, la velocidad de la carga dividida entre la frecuencia (en ciclos por segundos) dará como resultado la longitud de la onda.

$$\lambda \text{ (m)} = \frac{300.000.000 \text{ (m/s)}}{f \text{ (MHz)}}$$

Aplicando la ecuación anterior obtendremos que para obtener la longitud de la antena en metros ( $l$ ) tendremos que:

$$l \text{ (m)} = \frac{300}{f \text{ (MHz)}}$$

cuyo resultado será la longitud eléctrica de la antena, o sea su longitud estrictamente teórica, sin tomar en cuenta los otros factores que hemos mencionado que influyen para que una antena alcance la resonancia. Pero, en la práctica, la longitud física de la antena

es menor que la longitud eléctrica debido a que la velocidad de la carga es afectada por objetos próximos a la antena, el diámetro del conductor, la altura de la antena, entre otros. Por lo tanto, es necesario hacer en la fórmula un ajuste a la velocidad de la carga de aproximadamente un cinco por ciento (5%) para obtener la longitud física de la antena expresada en metros:

$$l \text{ (m)} = \frac{300 - 5\%}{f \text{ (MHz)}}$$

$$l \text{ (m)} = \frac{285}{f \text{ (MHz)}}$$

Como en un ciclo la carga atraviesa el circuito dos veces (ida y vuelta), la longitud física mínima del conductor para que la carga viaje una distancia equivalente al largo de una onda será de la mitad. Por lo tanto, la longitud física mínima de una antena para que sea resonante será de media onda:

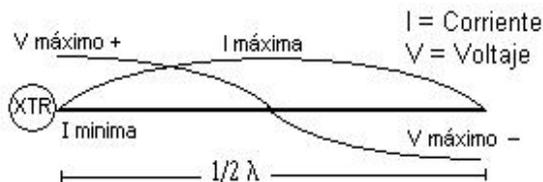
$$l \text{ (m)} = \frac{142,50}{f \text{ (MHz)}}$$

Como la velocidad de la carga siempre será la misma, solamente hay dos alternativas para hacer resonante una antena:

- Siendo fija la longitud de la antena, hay que ajustar la frecuencia para encontrar la resonancia.
- Siendo fija la frecuencia, habrá que ajustar la longitud del conductor para hacerlo resonante a esa frecuencia.

### 7.1.2.3.2 Distribución de la corriente y el voltaje en la antena: La impedancia

La fuerza del campo electromagnético irradiado por una antena depende de su longitud y de la magnitud de la corriente que fluye por la misma. Por lo que es deseable que circule por la antena la mayor cantidad de corriente posible, y existirá la mayor cantidad de corriente cuando la antena es resonante. Si se miden los valores de la corriente y de voltaje en diferentes puntos, a todo lo largo de la antena, observamos que la corriente (intensidad) y el voltaje (tensión) se contraponen a todo lo largo del conductor y que habrá mayor corriente en los puntos correspondientes a un cuarto de onda y sus múltiplos impares.



**Figura 18.** Distribución de la corriente y del voltaje a lo largo de la antena.

La impedancia de la antena es el resultado de la relación entre el voltaje y la corriente existente en cualquier punto de la misma. La relación existente entre el voltaje y la corriente en un punto determinado de la antena determinara la impedancia que presenta la antena en ese punto. Si alimentamos la antena en la frecuencia correspondiente a su resonancia, la impedancia de la antena coincidirá con la resistencia de radiación, la cual consiste en una resistencia ideal o ficticia en la que será mayor el campo electromagnético irradiado. En ese punto de alimentación, tendremos un máximo de corriente creada por la potencia entregada la cual será disipada por la antena.

Como la impedancia de la antena guarda estrecha relación con la magnitud de la corriente que la atraviesa, tendremos el máximo de impedancia en los extremos de la misma en donde existen los mínimos de corriente y el máximo de voltaje. Si se alimenta a la antena en este punto se dice que la antena está alimentada en voltaje. Cuando la antena es alimentada en un punto de máxima corriente y mínimo voltaje la impedancia será menor y en este caso se dice que la antena está alimentada en corriente.

La impedancia es un factor que se encuentra en todos los circuitos en donde existen reactancias capacitivas, reactancias inductivas y resistencia; por lo tanto, el factor de impedancia también existe en la antena, en la línea de transmisión y en nuestro equipo de radio, por lo que todos estos elementos del sistema deben acoplarse.

#### **7.1.2.3.3 Ancho de banda de una antena**

Consiste en la escala de frecuencias en que puede funcionar una antena sin que ésta sobrepase una magnitud determinada de relación de ondas estacionarias que surja en la línea de transmisión.

#### **7.1.2.3.4 Características de irradiación de las antenas**

El radiador isotrópico es una antena teórica cuya característica es que irradia igual intensidad de energía en todas las direcciones y se utiliza como unidad comparativa de medida del poder de irradiación de las antenas. El dipolo ideal es una antena que se usa también como punto de referencia comparativo para la medida del poder de irradiación de las antenas.

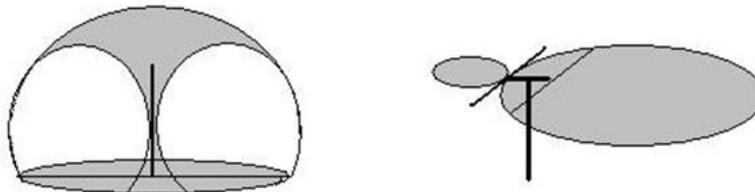
La ganancia de una antena es la medida de la concentración de la potencia entregado por la antena (en relación con su directividad), y se expresa en decibelios (dB) que es la medida de la relación de potencia de la antena con un cambio detectable en la fuerza de la señal de la antena, mirado como valor actual del voltaje de la señal. La ganancia de la antena cuando ésta es comparativa con el radiador isotrópico se expresa en dBi que significa decibelios sobre radiador isotrópico.

La ganancia de la antena cuando es comparativa con el dipolo ideal se expresa (dBd) que significa decibelios sobre el dipolo ideal. En condiciones de laboratorio la unidad de ganancia del dipolo ideal (dBd) equivale a 2,15 dBi.

$$G(dBd) = G(dbi) - 2,15$$

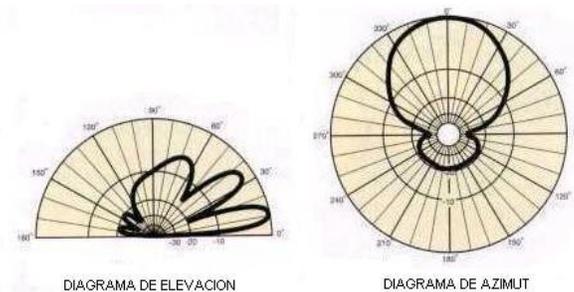
La directividad de la antena es la capacidad de una antena para concentrar el máximo valor de radiación en una dirección deseada, seleccionando el objetivo a donde se desea llegar con más energía irradiada. Dependiendo de la dirección en que pueden irradiar las antenas podemos clasificarlas en antenas omnidireccionales y antenas direccionales:

- **Las antenas omnidireccionales** son aquellas antenas que irradian un campo igual en una circunferencia cuyo centro es la antena.
- **Las antenas direccionales o antenas directivas** son aquellas antenas que permiten dirigir su campo de irradiación hacia uno o más lugares específicos.



**Figura 19.** Irradiación de la antena omnidireccional y de la antena direccional.

Un diagrama de radiación es un gráfico que muestra la fuerza de radiación de una antena en todas las direcciones alrededor de la misma, abarcando  $360^\circ$  en el plano horizontal o de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  en el plano vertical. Normalmente estos gráficos se trazan en coordenadas cartesianas o polares y son muy valiosos para los radioaficionados para determinar la efectividad de la antena con respecto a su directividad, el ángulo de radiación y la relación pecho-espalda (front-to-Back) de la antena.

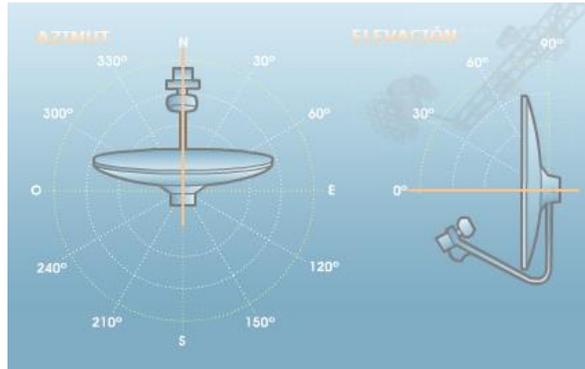


**Figura 20.** Diagramas de radiación en elevación y de acimut.

El diagrama de radiación acimutal nos señala la dirección en que irradia la antena, por lo tanto, el acimut es ángulo en el plano horizontal medido con respecto al norte en sentido de las manecillas del reloj. Además, indica la relación pecho-espalda (front-to-back) de la antena que viene siendo la relación entre el lóbulo principal de irradiación y el lóbulo opuesto.

El diagrama de radiación de elevación nos señala el ángulo de radiación. El ángulo de radiación de la antena es el ángulo sobre el horizonte con respecto al eje del lóbulo principal de radiación. Este ángulo es muy importante para lograr mayores distancias de

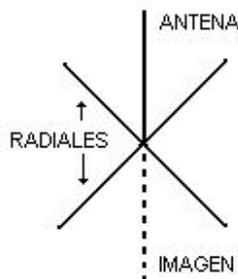
salto, pero hay que tomar en cuenta que la altura de la antena sobre el suelo, la polarización y la frecuencia de funcionamiento afectan el ángulo de radiación.



**Figura 21.** Acimut e inclinación de la antena.

De acuerdo con la posición del elemento radiador las antenas pueden ser verticales u horizontales.

- **Las antenas verticales** son antenas cuyo elemento radiador se encuentra en posición vertical. La polarización de su campo eléctrico es vertical. Son antenas prácticas por el hecho de que no requieren un espacio físico horizontal de tamaño considerable y ofrecen un ángulo de irradiación bajo sin requerir mucha altura. El patrón de irradiación de las antenas verticales es omnidireccional.



**Figura 22.** Antena vertical.

Para que funcionen las antenas verticales requieren de una tierra muy efectiva en conducción. Sin embargo, el plano de tierra puede ser sustituido mediante conductores radiales que, haciendo las veces de un plano artificial, liberarán a la antena de la tierra pudiendo ésta ser elevada (a este tipo de antena se le conoce como “ground plane”).

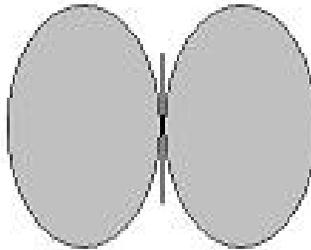
Como la impedancia que presenta una antena vertical es de solo  $36,5 \Omega$ , ya que corresponde a la mitad de una antena dipolo cuya impedancia teórica es de  $73 \Omega$ , para alimentar la antena vertical con un cable coaxial hay que elevar esa impedancia a por lo menos  $50 \Omega$  que es la impedancia del coaxial. Eso se logra inclinando los radiales en aproximadamente un ángulo de  $30^\circ$ .

- **Las antenas horizontales** son antenas en las que su plano de radiación es horizontal paralelo al suelo. En éstas el campo eléctrico es horizontal. Las más comunes son:
  - La antena dipolo: Es la antena más sencilla de construir y la más popular. Para el cálculo de la longitud de una antena dipolo se emplea la fórmula:

$$l (m) = \frac{142,50}{f(MHz)}$$

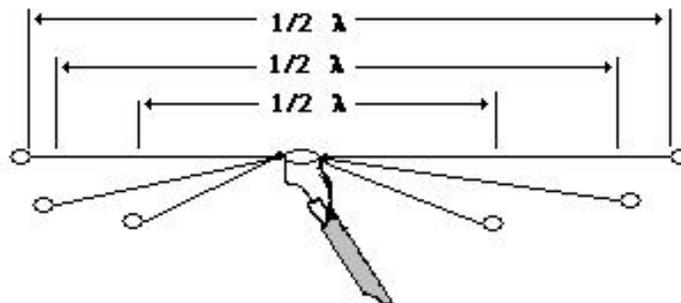
Un ejemplo del diseño de una antena dipolo de media onda puede hacerse con el cálculo de un elemento para operar en la frecuencia de 14,250 MHz. para lo cual hay que dividir 142,5 entre 14,250 lo que da como resultado que la antena tendrá una longitud total de 10 metros. La longitud total es la existente entre un extremo al otro del dipolo.

El diagrama de radiación de una antena dipolo tiene la forma de un “8” horizontal y puede ser considerada como una antena con patrón de irradiación direccional.

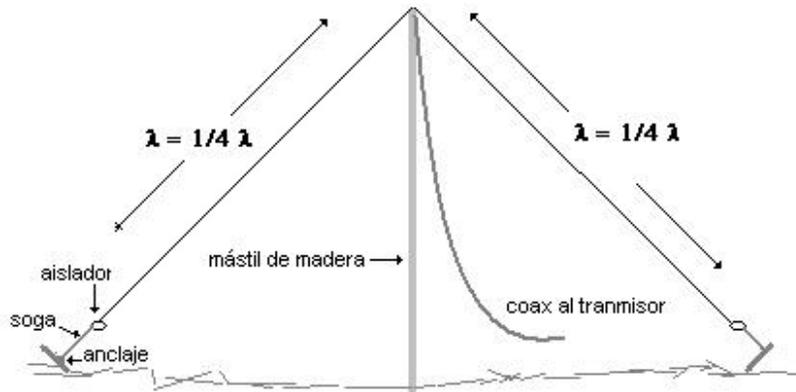


**Figura 23.** Diagrama de radiación de la antena dipolo.

La mayoría de las antenas horizontales no son más que una derivación de la antena dipolo. Por ejemplo:

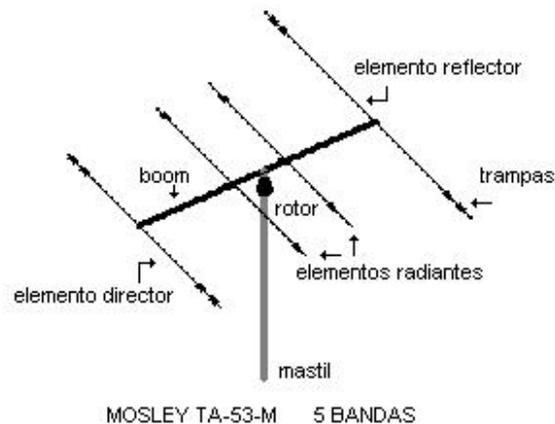


**Figura 24.** Dipolo multibanda.



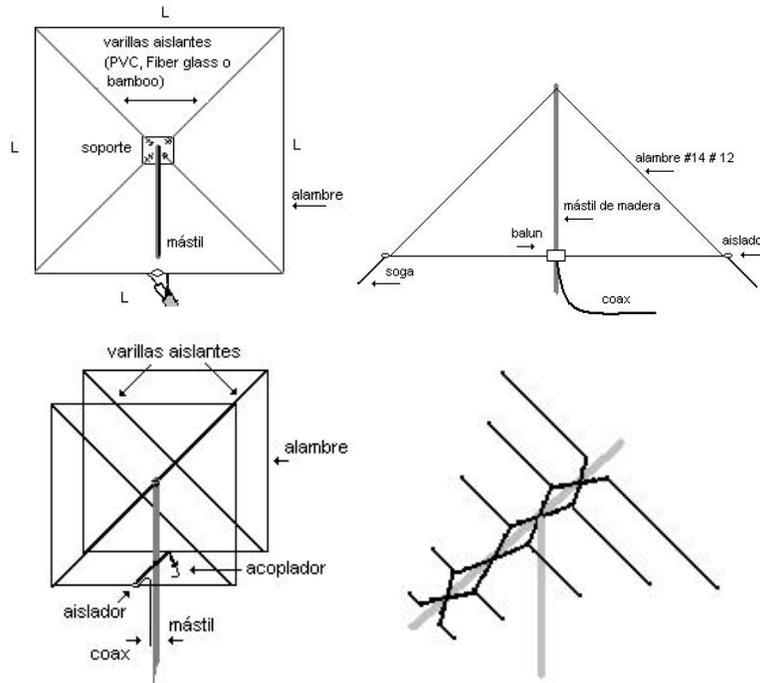
**Figura 25.** Dipolo "V" invertida.

- Las antenas direccionales:** De acuerdo con la forma en que irradian, hay antenas que direccionan el haz de radiación hacia un punto determinado. Una de las formas más conocidas es la antena Yagi-Uda denominada así en honor a los profesores universitarios japoneses Hidetsugu Yagi y Shintaro Uda que la inventaron en los años 20, aunque comúnmente se le conoce simplemente como antena Yagi. Como modelo típico de antena direccional, consiste en un dipolo que actúa como elemento radiador principal, conjuntamente con un elemento reflector y un elemento director con el propósito de orientar la máxima potencia de energía transmitida en la dirección deseada.



**Figura 26.** Antena Yagi con elementos radiadores y reflectores.

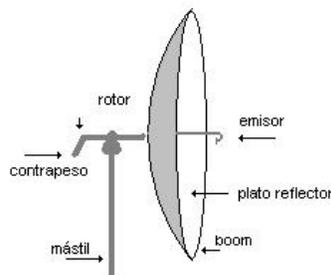
Existen también otras variedades de antenas, las siguientes figuras muestra una reseña de otros tipos existentes.



**Figura 27.** Otros tipos de antenas.

Las antenas parabólicas son antenas que poseen forma de parábola, diseñadas para concentrar el haz de radiación por medio de la reflexión y obtener así una gran ganancia. Consisten básicamente en un reflector de forma parabólica, en cuyo punto focal se instala el elemento radiante.

Este tipo de antena se utiliza para las comunicaciones por medio de satélites y en las comunicaciones con microondas.



**Figura 28.** Antena parabólica.

#### 7.1.2.4 Modulación

Para que pueda existir comunicación no es suficiente que la antena irradie, también es necesario introducir en la onda electromagnética información o sentido inteligente. Este proceso se conoce como modulación. Para ello la onda electromagnética que se transmite

es modulada o adaptada de tal forma que la misma contenga un mensaje. Hay diferentes tipos de modulación:

- **CW:** Significa “Continuos Wave” u onda continua, que equivale a la transmisión de una señal portadora de onda continua, la cual es interrumpida a un ritmo determinado correspondiente al código Morse (puntos y rayas). Esta modulación se divide en dos subgrupos:
  - A1 que consiste en la emisión CW por interrupción de la portadora.
  - A2 que consiste en la emisión CW por modulación en tono de audio.
- **AM:** Significa Amplitud Modulada, y consiste en un tipo de emisión en el que la amplitud de la onda portadora varía con la misma amplitud que la voz humana. Es la modulación más utilizada históricamente y es la usada por la radiodifusión. Técnicamente se le designa como A3. Este tipo de modulación consta de dos bandas laterales, cada una con el mismo ancho que la moduladora, y resto de la portadora. Se transmite la misma señal en dos frecuencias diferentes, más un tono fijo que no lleva información, lo que supone un derroche de ancho de banda y de potencia.
- **SSB:** Significa “Single Side Band” que equivale a Banda Lateral Única (BLU). Es en realidad un subgrupo de la modulación AM. Consiste en eliminar la portadora y una de las bandas laterales. Para ello es necesario un filtro muy selectivo. El ancho de banda es el mismo que el de la moduladora por lo que no se desperdicia potencia ni anchura de banda. En el aparato receptor se mezcla la señal recibida con la de un oscilador que la desplaza a frecuencias bajas para que sea audible. Es el modo más utilizado por los radioaficionados por su reducido ancho de banda. Técnicamente la modulación en SSB se designa como A3J. Existen algunas variantes de esta modalidad según cual sea la banda suprimida:
  - **USB:** Significa “Uper Side Band” o banda lateral superior cuando es suprimida la portadora y la banda lateral inferior.
  - **LSB:** Significa “Lower Side Band” o banda lateral inferior cuando es suprimida la portadora y la banda lateral superior. Banda lateral con portadora suprimida cuando solo se suprime la portadora.
- **FM:** Significa Frecuencia Modulada. La modulación de la señal se hace con la frecuencia, sin cambiar su amplitud. Se caracteriza por su alta calidad sin embargo su ancho de banda es grande. Técnicamente se le designa como F3.
- **SSTV:** Significa “Slow Scan Televisión” o televisión de barrido lento. Este tipo de emisión permite emitir imágenes que se completan cada ocho segundos ocupando tan solo un ancho de banda de 2,7 kHz. Técnicamente se le designa como F5.
- **ATV:** Significa “Amateur Televisión” o televisión de aficionados y corresponde a la emisión de señales de televisión normal, en blanco y negro, colores y sonido. Por

la gran anchura de banda que ocupa se utiliza su transmisión en VHF. Técnicamente se le designa como A5.

- **RTTY:** Significa “Radio TeleType” o radio teletipo técnicamente denominado F1 y consiste en la emisión de un formato denominado Baudot el cual representa caracteres en series de 5 bits, los cuales a su vez integran marcas (1) y espacios (0). Técnicamente se le designa como F1. En el campo de los modos digitales existen otros formatos o protocolos de emisión RTTY como el
  - TOR (Telex Over Radio).
  - AMTOR.
  - Packet.
  - FSK.
  - ASK.
  - PSK.

### 7.1.3. LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS<sup>9</sup>

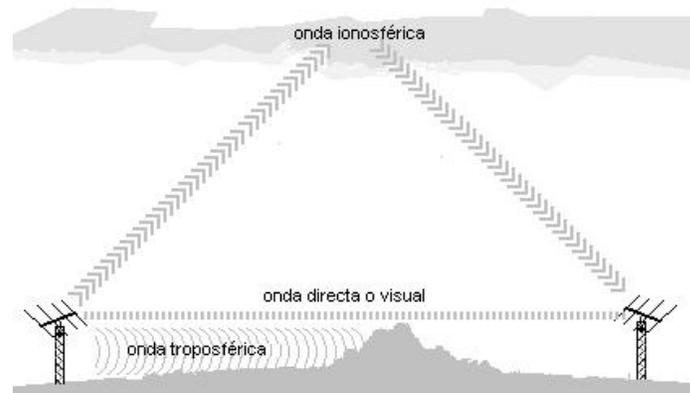
#### 7.1.3.1 Clases de ondas

Las ondas de radio que emanan de las antenas se pueden clasificar, de acuerdo a la manera en que éstas se trasladan de la antena transmisora a la antena receptora, en:

- Ondas troposféricas o de tierra: Son aquellas ondas cuya trayectoria entre la antena transmisora y la receptora se realiza a nivel del suelo o cercana a la superficie terrestre, siguiendo la curvatura del planeta.
- Ondas directas o visuales: Son aquellas que viajan por el aire un poco más alto que las ondas terrestres y van directamente de la antena emisora a la antena receptora. Su trayectoria es susceptible de ser afectada por obstáculos naturales (cerros, montañas, etc.) o estructuras artificiales. Este tipo de onda se utiliza para las comunicaciones a relativamente corta distancia en VHF y UHF.
- Ondas ionosféricas o espaciales: Son aquellas que superan la línea del horizonte viajando hacia arriba y reflejándose en la ionosfera. Esta son las ondas que se utilizan para las comunicaciones a grandes distancias en HF.

---

<sup>9</sup> Tomado del capítulo 4 del Manual del Radioaficionado Panamá



**Figura 29.** Clases de ondas.

### 7.1.3.2 La propagación de las ondas

Las ondas electromagnéticas se propagan a través del espacio gracias al movimiento oscilatorio de sus campos eléctricos y magnéticos y no requieren de ningún medio sólido para trasladarse; por eso pueden propagarse incluso en el vacío. Las ondas ionosféricas o espaciales son las que se utilizan para los comunicados a mayor distancia. Son irradiadas por la antena hacia la atmósfera casi a la velocidad de la luz; y, dependiendo de la frecuencia y otros factores la onda puede ser reflejada hacia tierra y llegar a la antena receptora o ser reflejada nuevamente por a la tierra hacia la atmósfera para, dando uno o más saltos, llegar finalmente a la antena receptora.

Esta propiedad existente en la atmósfera de actuar como un reflector de las ondas de radio es debida a los cambios causados por las radiaciones solares en la estructura de los átomos de oxígeno e hidrógeno que se encuentran en distinta densidad en las diferentes capas de la atmósfera, efecto que se denomina efecto ionizante del sol, que consiste en el desprendimiento de electrones producto de la excitación de los átomos por los rayos ultravioletas del sol, lo cual causa una ionización en las diferentes capas de la atmósfera, cuya carga eléctrica afecta el campo electromagnético de la onda, repeliéndola o desviándola de su trayectoria. Gracias al nivel de ionización existente en las diferentes regiones o capas de la atmósfera es posible la comunicación más allá del horizonte.

La atmósfera de la tierra está dividida en varias regiones de distinta densidad atómica superpuestas, y su altura total llega hasta los 600 Km.

La troposfera es la región más cercana a la tierra y alcanza una altura aproximada de 10 Km. En esta capa es donde se produce la propagación de las ondas de VHF, UHF y superiores.

La estratosfera, se encuentra a una altura de entre los 10 Km a 50 Km. Dentro de ésta se encuentra la famosa capa de ozono.

La ionosfera, se encuentra por encima de 50 Km y llega hasta 650 Km de altura aproximadamente. Es la más importante para la propagación de las ondas HF. Se

denomina ionosfera porque en esta región existe la mayor cantidad de iones libres. La ionosfera a su vez se subdivide en tres capas de acuerdo a su nivel de ionización:

- La capa D, la cual se encuentra a una altura de entre 50 Km a los 80 Km. Aparece durante las horas diurnas cuando la radiación solar está al máximo. En virtud de que la densidad atómica del aire en esta región es alta, los iones y electrones que son liberados por la ionización se recombinan rápidamente cuando llega la noche y la capa se desvanece.
- La capa E, se encuentra a una altura de entre los 100 Km a los 125 Km. En esta región de menor densidad atómica los iones y electrones se recombinan más lentamente, pero los niveles de ionización también decaen al anochecer y, aunque subsiste una pequeña cantidad de ionización residual, la capa E virtualmente se desvanece al caer la noche.
- La capa F, es la más importante para las comunicaciones a distancia. Durante las horas diurnas la capa F se subdivide en las capas F1 y F2., pero en la noche estas dos capas se combinan en una sola. Al igual que las capas D y E, los niveles de ionización de la capa F decrecen al anochecer; sin embargo los iones y electrones permanecen libres por mucho más tiempo debido a la poca densidad de átomos que existe en esa región.



**Figura 30.** La atmósfera y sus capas.

### 7.1.3.3 La refracción y absorción de las ondas

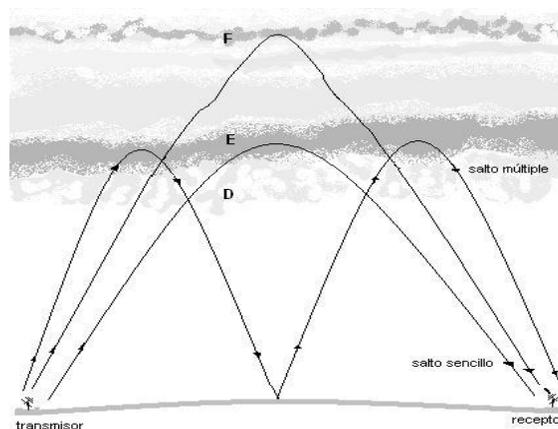
Como ocurre con las ondas de luz, los fenómenos físicos de refracción y absorción también inciden sobre las ondas electromagnéticas. Al llegar a la atmósfera las ondas electromagnéticas pueden ser desviadas hacia la tierra debido al fenómeno de refracción, haciéndose posible las comunicaciones; o éstas pueden también perder su energía debido al fenómeno de la absorción, imposibilitándose por ello las comunicaciones.

La densidad de los iones prevaecientes en las distintas capas de la ionosfera (F, D y E) afectan el curso de las ondas electromagnéticas. A medida que progresa la onda atravesando la ionosfera, las ondas son “dobladas” hacia la tierra al chocar contra los

iones. Este desvío de la dirección de la onda se conoce como refracción de la onda. Este fenómeno se produce cuando la onda pasa de una capa de la ionosfera de una determinada constante dieléctrica, producto de la densidad de iones existente, a otra capa que posee distinta constante dieléctrica. El ejemplo típico es el caso de un remo en el agua que parece estar doblado. Cuando la onda de radio atraviesa áreas de diferentes constantes dieléctricas se van produciendo cambios graduales en su trayectoria, hasta que ésta es desviada hacia la tierra. En otras palabras, las condiciones de densidad de iones influirán directamente en la trayectoria de la onda. Cuanta más alta sea la densidad de iones mayor será la desviación de la trayectoria de la onda.

Por otro lado, también puede ocurrir que la onda pierda su energía en forma de calor al chocar con los electrones existentes en la ionosfera. Este fenómeno se conoce como absorción de la onda, cuya característica principal es que las frecuencias más bajas sufrirán una mayor absorción que las frecuencias más altas.

Es usual que las comunicaciones a larga distancia se realicen mediante reflejos sucesivos de la onda de radiofrecuencia entre la ionosfera y la tierra (o el mar) ya que la onda de radio, al volver a la tierra puede reflejarse nuevamente hacia la ionosfera, para volver a ser refractada hacia la tierra y así sucesivamente, dando la onda de radio frecuencia varios saltos antes de llegar a la antena receptora.



**Figura 31.** Refracción de las ondas.

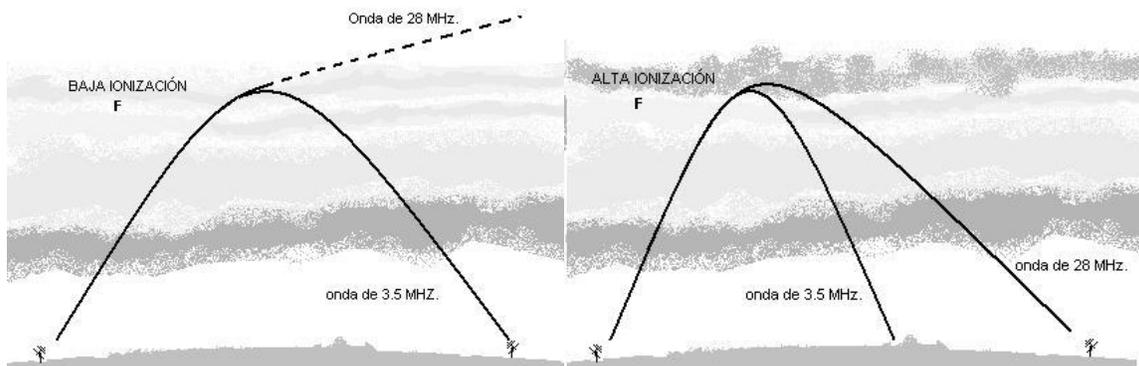
Si la onda refractada una sola vez por la ionosfera llega a la tierra directamente a la antena receptora, se tratará de un salto sencillo. Sin embargo, para alcanzar grandes distancias será necesario hacer “saltar” a la onda refractada más de una vez, dando saltos múltiples. La distancia del salto se mide sobre la superficie terrestre desde el punto en que se realiza la transmisión hasta el punto en que la onda regresa a la superficie de la tierra.

Dependiendo de las características propias de la superficie en que la onda se refleje (tierra, agua, desierto, etc.) a la onda se le atenuará algo de su energía.

### 7.1.3.4 La Máxima Frecuencia Utilizable (MUF) y la frecuencia crítica

La frecuencia de la onda electromagnética en relación a la densidad de ionización en la ionosfera es otro factor que determina la medida de la desviación del recorrido de la onda. Mientras más alta la longitud de onda (menor frecuencia) mayor será la refracción hacia la tierra; y, a la inversa, menor será la refracción de la onda hacia la tierra mientras más baja sea la longitud de la onda (mayor frecuencia).

La máxima frecuencia utilizable (MUF) es la frecuencia más alta o tope de frecuencia donde aún se puede alcanzar la comunicación entre dos puntos utilizando la refracción ionosférica sin que las ondas atraviesen la ionosfera y se escapen al espacio.

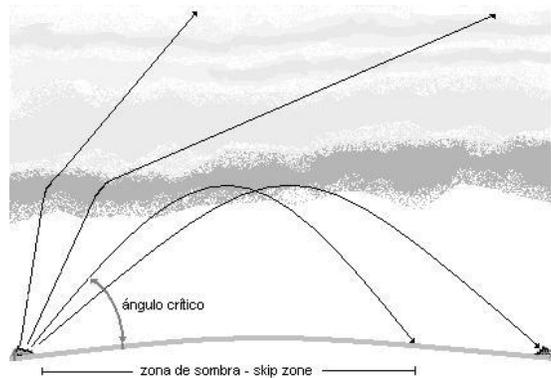


**Figura 32.** Efectos de la densidad de ionización y la frecuencia.

La frecuencia crítica es la frecuencia más alta que puede tener una señal emitida directamente hacia arriba, en forma vertical, capaz de ser reflejada por la ionosfera. La frecuencia crítica es determinada mediante pulsos de radiofrecuencia lanzados desde distintos observatorios ubicados en diferentes lugares del mundo para medir la capacidad de penetración de las ondas en la ionosfera y con ello obtener datos acerca de las condiciones de ionización en las distintas capas de la ionosfera. Los observatorios utilizan aparatos denominados ionosondas, cuya función es la medición de la frecuencia crítica y predecir con relativa certeza el alcance de las telecomunicaciones en un momento determinado.

### 7.1.3.5 El ángulo crítico y la zona de sombra o “skip zone”

Mientras mayor sea el ángulo de penetración, la refracción de la onda será menor y llegará el momento en que la onda atravesará la ionosfera completamente y se perderá en el espacio. Contrariamente, a medida que disminuye de la vertical el ángulo de penetración de la onda, llegará a un ángulo crítico en que la onda ya no se perderá en el espacio, si no que será refractada de vuelta a la tierra. Las ondas que penetren la ionosfera en ese ángulo crítico o en un ángulo menor que el ángulo crítico serán desviadas hacia la tierra.



**Figura 33.** Ángulo crítico y zona de sombra o “skip zone”.

El ángulo crítico está relacionado directamente con un fenómeno denominado zona de sombra o “skip zone”. Esta es la región en donde no se puede lograr las comunicaciones en virtud de que no llegan las ondas ionosféricas por razón del ángulo crítico. El tamaño de la zona de sombra variará de acuerdo a la magnitud del ángulo crítico.

Suele ocurrir con frecuencia que existe dificultad de recepción de las ondas debido a cierta atenuación por efecto de los cambios de las dimensiones de la zona de sombra cuando nuestra estación está situada al borde de ésta, y debido a las variaciones esporádicas que pueden ocurrir súbitamente en las condiciones ionosféricas y que alteran las condiciones de propagación de un momento a otro.

### 7.1.3.6 La influencia solar

La posibilidad y la calidad de las comunicaciones a través de las ondas ionosféricas dependen inmensamente de la actividad del sol. El flujo solar de la luz ultravioleta y demás radiaciones electromagnéticas de amplio espectro que se reciben del sol, los disturbios solares, y la actividad del campo geomagnético de la tierra afectan directamente el grado de ionización de nuestra atmósfera.

#### 7.1.3.6.1 El flujo solar

La magnitud del flujo de luz ultravioleta y de otras radiaciones electromagnéticas que recibimos del sol se denomina flujo solar (solar flux) y está relacionado principalmente con el número de manchas solares que aparecen en la superficie del sol, las cuales consisten en regiones en que ocurren perturbaciones donde se generan intensas radiaciones electromagnéticas. Estas manchas solares son observadas y contadas con ayuda de poderosos telescopios, constatándose que el número de manchas visibles guarda relación con un ciclo de 11 años durante el cual el número de manchas aumenta y disminuye de manera sucesiva. Este período se conoce como ciclo solar.

La ionización de la atmósfera terrestre es mayor cuando el ciclo solar está en la plenitud de su actividad en virtud de que el flujo de luz ultravioleta y de radiaciones

electromagnéticas es mayor. La magnitud del flujo solar se mide mediante un índice numérico que va de un mínimo de 6,75 a un máximo de 200.

#### **7.1.3.6.2 Disturbios solares**

También ocurren en la superficie del sol disturbios que ocasionalmente lanzan hacia la tierra de manera explosiva grandes concentraciones de energía electromagnética, acompañada de gases ionizados y partículas subatómicas que colisionan con el campo geomagnético y la atmósfera de nuestro planeta alterando sus características y causando la ionización de la atmósfera y, por consiguiente, afectando las comunicaciones.

Estos disturbios solares se conocen como llamaradas solares (flares), las cuales son enormes erupciones o descargas súbitas de energía en la superficie del sol que expelen violentamente gran cantidad de radiación electromagnética acompañadas de partículas energéticas (protones y electrones) y gases ionizados (plasma).

En ocasiones las partículas energéticas (protones y electrones) que son despedidos hacia la tierra a una velocidad cercana a la de la luz, chocan contra las partes altas de nuestra atmósfera, y penetran cerca de los polos magnéticos creando en esos lugares una ionización más intensa que en otros lugares de la tierra. Este fenómeno se conoce como evento de absorción de las capas polares o PCA, y da origen a las auroras boreales o australes.

Igualmente, la expulsión de nubes de gases ionizados (plasma) que son lanzadas por el sol al espacio también alcanza la tierra trastornando el campo geomagnético de nuestro planeta y provocando las tormentas geomagnéticas que también afectan las comunicaciones.

Después de producirse una llamarada solar las comunicaciones vía ionosfera se afectan de diferentes e impredecibles formas, incluso llegan a desaparecer a medida que aumenta la intensidad de la perturbación. Este último fenómeno se denomina desvanecimiento o “fadeout” el cual puede durar de unos pocos minutos hasta algunas horas.

#### **7.1.3.7 Actividad geomagnética**

La alteración del campo geomagnético que rodea nuestro planeta incide sobre el grado de ionización de la atmósfera. De ahí la importancia de determinar con cierta medida la actividad del campo geomagnético de la tierra. Para ello se utilizan dos índices:

- El índice A, el cual consiste en un índice numérico del 0 a 400 que indica la actividad del campo geomagnético dentro de las últimas veinticuatro horas. Generalmente las mejores condiciones atmosféricas para las comunicaciones serán cuando el índice correspondiente al flujo solar es alto y el índice geomagnético A es bajo, ya que significa que hay mayor ionización y menor actividad geomagnética.

- El índice K, guarda similitud con el índice A, siendo también una medida de la actividad del campo geomagnético, pero dentro de las últimas seis horas. El índice K se expresa con un número del 0 al 9 el cual se obtiene mediante cálculos quasilogarítmicos de explicación bastante compleja.

La estación del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (WWV) transmite boletines de información acerca de la actividad solar, los disturbios solares y otras predicciones de propagación cada dieciocho minutos pasada la hora, en las frecuencias 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz. Pueden obtenerse mayores detalles en la página web: <http://www.nist.gov>.

#### 7.1.4. LA ESTACIÓN DEL RADIOAFICIONADO<sup>10</sup>

##### 7.1.4.1 Los equipos de la estación de radioaficionados

Existe una gama bien amplia de equipos para integrar una estación de radioaficionados. Algunos son de naturaleza imprescindible, como son principalmente el transceptor y las antenas. Otros son instrumentos accesorios, algunos importantes y otros menos, que ayudarán al radioaficionado para un mejor desempeño de su actividad.

El transmisor, el receptor y las antenas indudablemente son los equipos básicos de toda estación de radioaficionado. No obstante, para la efectividad de las operaciones que realiza el radioaficionado con su estación, la antena juega un papel de cierto modo preponderante frente al transmisor y al receptor, ya que por más sofisticado que sea nuestro equipo nada lograremos con una pésima antena.

También hasta cierto punto podemos catalogar como equipo imprescindible la fuente de poder la cual utilizamos para suministrar de energía eléctrica a los aparatos transceptores facilitando corriente directa y reduciendo el voltaje de la red casera, rectificándolo y filtrándolo hasta obtener un voltaje continuo y estable. Muchos modelos de transceptores incluyen una fuente de poder interna.

Se pueden catalogar como necesarios el micrófono que transforma nuestra voz en señales eléctricas las cuales son moduladas por el transmisor y el manipulador telegráfico o llave de telegrafía que actúa cerrando un circuito para generar los pulsos cortos y largos que componen el código Morse.

Existen otros equipos y accesorios que, aunque no son de naturaleza vital para la operación del radioaficionado, facilitan mucho la actividad; y aunque no son esenciales, tienen ciertas funciones de importancia en la estación:

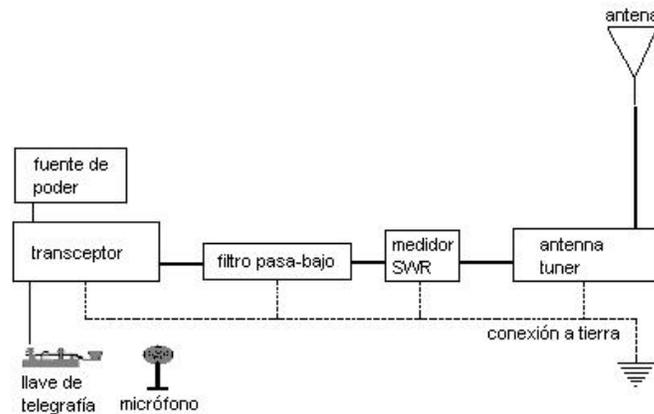
- El medidor de ondas estacionarias: que nos indica la relación de ondas estacionarias (ROE) existente en nuestras líneas de transmisión. Es común que el medidor de ondas estacionarias lo tengamos incorporado a un acoplador de

---

<sup>10</sup> Tomado del capítulo 5 del Manual del Radioaficionado Panamá

antenas o “antenna tuner” el cual nos sirve para acoplar la impedancia de línea de transmisión con la impedancia de salida de nuestro transceptor a fin de que éste suministre la máxima potencia.

- Los diferentes y variados tipos de filtros: filtro pasabajo, filtro pasabanda y filtro pasaalto que reducen las frecuencias armónicas, evitando la interferencia a los televisores o evitando que nos afecten a nosotros las que a su vez pueden producir otros aparatos.



**Figura 34.** Diagrama de una estación de radioaficionado.

Hoy día es necesario, para la operación con los modos digitales, integrar al equipo de la estación una computadora o PC la cual además constituirá una herramienta muy valiosa por la versatilidad de programas de ayuda a la radioafición, cálculo de antenas, boletines y el acceso a la gran información que en materia de radioaficionados existe en el Internet.

A la computadora la acompañan artefactos como el MODEM o Terminal Node Controller (TNC) que son dispositivos electrónicos o interfaces que convierten las señales digitales en señales análogas y viceversa. Del mismo género son los Procesadores de Señales Digitales o Digital Signal Procesor (DSP) que se encargan de tratar y mejorar las señales transmitidas y recibidas por nuestro equipo y actuar como banco de memoria y como interfaz para la comunicación de nuestro equipo con la PC.

#### 7.1.4.2 La seguridad en la estación

En virtud de que los radioaficionados pasamos mucho tiempo sentados frente a nuestros equipos en el cuarto de radio o “shack” como solemos llamarlo, es de suprema importancia tomar en cuenta tanto la adecuada ubicación de los equipos en nuestra estación, así como otros elementos que nos brindarán comodidad y seguridad durante nuestra operación.

La estación debe instalarse en una habitación con buena iluminación y que ofrezca un ambiente tranquilo, en donde no seamos molestados ni molestemos a otros. Durante el día es preferible la iluminación natural sin que los rayos de sol incidan directamente sobre los equipos. Por la noche debemos colocar una lámpara que ilumine bien el sitio de trabajo,

pero sin que produzca un ambiente caluroso, o que encandile o fatigue la vista. Es obvio que debemos contar también con una silla cómoda que nos permita adoptar una buena postura y desde la cual podamos alcanzar a nuestros aparatos sin tener que hacer mayor esfuerzo.

Los equipos a su vez deben estar ubicados en una mesa estable y firme, lo suficientemente amplia para que no estén amontonados de forma tal que se recalienten por falta de adecuada ventilación y el transceptor debe estar colocado frente a nosotros. Si tenemos dos aparatos separados (transmisor y receptor), el receptor debe colocarse a la derecha si somos diestros. Tanto el micrófono como la llave de telegrafía deben colocarse frente a nosotros de forma tal que no tengamos que tomar posturas incómodas para usarlos.

Es importante que en nuestra mesa tengamos una buena cantidad de papel y lápiz para anotar.

Respecto a la seguridad en nuestra estación, no está de más afirmar que debemos ser vigilantes del estado físico de los cables de alimentación eléctrica de los equipos y la condición de los enchufes, de cuya capacidad nunca debemos abusar. De ser posible el circuito eléctrico principal de nuestro cuarto de radio debe ser independiente del resto de nuestra vivienda.

Otro punto a considerar es la puesta a tierra o “ground” a la cual debemos conectar los mástiles o torres de las antenas, de conformidad con la norma NFPA70, en su última versión en español denominada NEC 2008, oficializada en Costa Rica como “Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad” mediante Decreto N°36979MEIC publicado en La Gaceta N°33 del 15 de febrero del presente año y lo establecido en el capítulo décimo “Normativa de Puesta a Tierra” del Reglamento de Prestación y Calidad de los Servicios publicado en La Gaceta N°82 del 29 de abril del 2009, en lo que corresponda.

Asimismo, aunque no se ha demostrado que la baja potencia y esporádica cantidad de radiofrecuencia que normalmente emiten las antenas de radioaficionados sean perjudiciales, hay que evitar el contacto directo con los sistemas irradiantes de nuestra antena en el momento en que se transmite para evitar quemaduras. Por ello, es preferible que las antenas se sitúen en sitios fuera del alcance de las personas. Igualmente, hay que tener mucho cuidado con las torres ya que estas tienen un atractivo muy especial para los niños que los impulsa a treparlas, con el consiguiente peligro.

## 7.1.5. TÉCNICAS DE OPERACIÓN DEL RADIOAFICIONADO<sup>11</sup>

### 7.1.5.1 Acción de escuchar

Uno de los peores errores que puede cometer un principiante es comenzar a transmitir, ya sea en fonía o en telegrafía, sin primero escuchar. Escuchando previamente las bandas se aprende como y cuando debemos transmitir y la manera correcta en que debemos expresarnos en la radio. Aprenderemos cuál es el momento correcto para intercalar oportunamente nuestras transmisiones, tanto en fonía como en telegrafía y cuándo dejar espacios en blanco al transmitir. Además, percibiremos la forma como operan las estaciones con las que queremos comunicarnos y apreciaremos las condiciones de la propagación atmosférica para valorar si es factible la comunicación y determinar cuáles son las regiones del mundo que recibimos con claridad e identificaremos previamente las estaciones que escuchamos. Sin embargo, el motivo principal de nuestro deber de escuchar antes de transmitir, es asegurarnos que nuestra transmisión no irrumpirá o perturbará a otras estaciones que estén usando la frecuencia

Operar la radio con calma y sin ansiedades de ninguna clase aumentará nuestra confianza y habilidad, pero sobre todo hará que nuestros colegas nos cataloguen como buen radioaficionado, muy respetado y apreciado. Un radioaficionado con el que será un verdadero placer contactar.

Es tan importante aprender a escuchar primero que en muchos países los reglamentos exigen que los aspirantes a ser radioaficionados se licencien primero como radioescuchas y comprueben, con las correspondientes tarjetas, el haber escuchado una cantidad determinada de estaciones.

### 7.1.5.2 La operación en fonía (SSB)

Ya hemos dicho que no debemos causar interferencia a otros colegas que estén usando la frecuencia; por lo tanto, siempre antes de transmitir es necesario primero escuchar para asegurarnos que la frecuencia que elegimos para transmitir no está siendo utilizada por otros colegas a los cuales vamos a interrumpir e importunar y luego de escuchar por un tiempo prudencial, si no percibimos actividad en la frecuencia, nos aseguraremos si ésta se encuentra libre preguntando:

» ¿Está en uso la frecuencia?

Si no obtengamos respuesta y solamente cuando estamos seguros de que la frecuencia está libre, entonces podemos empezar a transmitir.

Nuestra llamada debe ser pronunciada de forma clara, pausada y sin gritar; haciendo énfasis en nuestro indicativo utilizando el código fonético internacional.

---

<sup>11</sup> Tomado del capítulo 6 del Manual del Radioaficionado Panamá

- » CQ CQ CQ ésta es la estación TANGO INDIA DOS ALFA BRAVO CHARLIE.
- » CQ CQ CQ ésta es la estación TANGO INDIA DOS ALFA BRAVO CHARLIE.
- » CQ CQ CQ ésta es la estación TANGO INDIA DOS ALFA BRAVO CHARLIE, que llama y queda atenta.

Es muy probable que tengamos que repetir la llamada varias veces porque no siempre recibiremos una respuesta a nuestra primera llamada; por lo tanto, entre llamada y llamada hay que dejar el espacio suficiente para dar un tiempo prudencial a fin de que nos contesten. Un buen operador nos contestará dando su indicativo en el código fonético internacional. Supongamos que la estación OH2BH contesta nuestra llamada:

- » OSCAR HOTEL DOS BRAVO HOTEL de TANGO INDIA DOS ALFA BRAVO CHARLIE, gracias por contestar a mi llamada, su señal es 59. Mi nombre es Juan y mi ubicación es la ciudad de San José en Costa Rica. OSCAR HOTEL DOS BRAVO HOTEL de TANGO INDIA DOS ALFA BRAVO CHARLIE

Hay que recalcar que es necesario pronunciar bien y hablar en tono moderado, aunque no utilicemos exactamente las palabras que aparecen en el ejemplo anterior. Si no logramos captar a la primera el indicativo o cualquier otro dato de la estación que nos contesta, no hay nada de malo en pedirle amablemente que lo repita, pero para no depender de nuestra memoria hay que tener siempre a mano papel y lápiz.

Es importante conocer bien y utilizar adecuadamente el código fonético internacional para evitar las equivocaciones en nuestras comunicaciones, especialmente para no confundir las letras de los indicativos de las estaciones, los nombres de los lugares y de las personas, sobre todo si no hablamos el mismo idioma. Sin embargo, no hay que pasar de ridículo abusando del código fonético, especialmente si trabajamos a través de repetidoras en las bandas VHF y UHF y tampoco usar un código fonético inventado con palabras raras que nadie entiende. El buen operador se distingue por el correcto empleo del código fonético internacional.

Lo mismo se puede afirmar del uso inadecuado del código "Q" en la modalidad de fonía, del cual los pésimos operadores exageran y hasta trastornan el significado de los términos de este código.

Recordemos siempre que nuestra forma de comunicarnos dirá mucho de nosotros; por lo tanto, debemos hablar de forma calmada, clara y ser siempre amables, corteses y respetuosos en todos nuestros comunicados.

### 7.1.5.3 La operación en telegrafía (CW)

La modalidad de telegrafía o CW, es una de las más apasionantes de la radioafición. Mucho más cuando el comunicado se realiza con estaciones que transmiten la clave Morse en nuestro propio idioma.

Transmitir en clave Morse es una habilidad que se adquiere con práctica y dedicación, y una vez adquirida nos llenará de mucho orgullo el usarla en nuestra actividad de radio.

Las reglas básicas que anteriormente mencionamos para la modalidad en fonía también se aplican a la modalidad en CW. Especialmente aquella que se refiere al deber de escuchar primero y cerciorarnos de que la frecuencia esté libre antes de comenzar a transmitir. Para ello transmitiremos las letras “QRL?” del código “Q”, al cual nos referiremos más adelante.

Si la frecuencia está ocupada puede ser que así se nos indique de cualquiera forma; aunque lo usual es que simplemente se nos transmita la letra “C” que en telegrafía significa: “SI” o las letras QRL (sin el signo de interrogación) que significa también que la frecuencia está ocupada.

Hay muchos operadores que prefieren solamente contestar llamadas. Afirman que de esta manera es más fácil poder seleccionar las estaciones que nos interesan, ya que al transmitir una llamada general es posible que causemos una conglomeración o “pile up” de estaciones que nos contestan, de las cuales solo podremos identificar a dos o tres de las estaciones más fuertes, las que generalmente serán las más cercanas y las menos interesantes.

En el caso de que la frecuencia estuviere desocupada, y si decidimos llamar, podemos hacerlo de dos formas: Haciendo una llamada general o haciendo una llamada dirigida. En ambas formas las llamadas deberán ser cortas y lo conveniente es utilizar la fórmula 3X3 (tres veces CQ, la palabra DE y tres veces nuestro indicativo).

Un ejemplo de llamada general sería:

» CQ CQ CQ de TI2ABC TI2ABC TI2ABC K

Un ejemplo de llamada dirigida, en este caso al África (AF), sería:

» CQ AF CQ AF CQ AF de TI2ABC TI2ABC TI2ABC K

No debemos empeñarnos en repetir interminablemente las letras CQ y demorar la identificación de nuestra estación, ni contestar una llamada dirigida si no está destinada a nosotros.

Para contestar una llamada en telegrafía debemos transmitir dos veces nuestro indicativo después del de la estación que nos llama, seguido de la letra “K”. Por ejemplo:

» OH2BH de TI2ABC TI2ABC K

Puede ser que escuchemos que nos llaman, pero no podemos identificar la estación que lo hace. En ese evento preguntaremos:

» QRZ? de TI2ABC K

Es importante señalar que cuando establecemos contacto con una estación debemos intercambiar, antes de cualquier otra cosa, la información requerida para el libro de guardia o para la tarjeta de confirmación. Es decir, el reporte de señal, nuestra ubicación y nuestro nombre deben ir de primero.

Al final de cada transmisión debemos transmitir el indicativo de la estación con la cual estamos contactando, seguido de la palabra “DE”, nuestro indicativo y la letra “K” para pasar el cambio o las letras “KN” si es que queremos que ninguna otra estación irrumpa en nuestro comunicado.

Para terminar el comunicado, después de haber transmitido el indicativo de la estación con que hemos contactado seguido del nuestro, transmitiremos las letras “SK”. También se acostumbra seguir dichas letras por dos puntos bien definidos para indicar que el tráfico de estas dos estaciones se dio por terminado definitivamente.

A continuación, un ejemplo de un contacto (QSO) en telegrafía:

» TI2ABC: CQ CQ CQ de TI2ABC TI2ABC TI2ABC K

» OH2BH: TI2ABC de OH2BH OH2BH KN

» TI2ABC: OH2BH de TI2ABC ge tnx fer call BT  
ur rst 599 es qth San Jose BT  
op Juan Juan BT  
hw cpy? OH2BH de TI2ABC KN

» OH2BH: TI2ABC de OH2BH tnx fer nice rpt BT  
ur rst 599 op is Martti BT  
qth Oslo BT  
tnx fer fb qso es my qsl card sure BT  
gud dx es best 73 AR TI2ABC de OH2BH SK

» TI2ABC: OH2BH de TI2ABC BT  
tnx dr Martti for fb dx qso es 73 tu AR  
OH2BH de TI2ABC SK

De forma similar a la modalidad de fonía, la transmisión en telegrafía requiere de calma y de uniformidad en nuestra operación. El manejo de nuestra llave telegráfica manual o llave

telegráfica electrónica o “keyer” debe ser preciso y sin titubeos y la velocidad debe ser uniforme.

Debemos tener siempre presente la regla de oro de la transmisión en telegrafía: ¡nunca debemos transmitir más rápido de lo que podemos efectivamente copiar!

En todo momento hay que ser cortés y respetar a quienes están transmitiendo más despacio que nosotros; puede ser que se trate de colegas que están aprendiendo, enseñando o sufran condiciones psicofísicas desfavorables. Por ello, el buen operador de telegrafía sabe ajustar la velocidad de su transmisión a la velocidad de la estación que le está transmitiendo. Debemos siempre esmerarnos en perfeccionar nuestra forma de transmitir y esforzarnos en mejorar la manipulación o pulseo de nuestra llave telegráfica.

Entre los operadores de telegrafía hay un lema que dice: “Es más importante el acierto que la velocidad”. Es seguro que las estaciones con que nos contactemos apreciarán una clara y perfecta transmisión y detestarán un código transmitido con ansiedad o apuro.

El uso de la telegrafía requiere que conozcamos adecuadamente el código Q y es conveniente además conocer algunas abreviaturas convencionales más usuales para hacer más cortos y concisos nuestros comunicados. Ambos elementos son necesarios y muy útiles, simplificarán el comunicado y romperán la barrera del lenguaje que puede existir entre dos estaciones. Algunas de las abreviaturas más comunes usadas en telegrafía y su significado son:

|   |   |
|---|---|
| a = (about) aproximadamente, alrededor de | nw = (now) ahora  |
| ar = (address) dirección                  | ok = de acuerdo, todo bien  |
| agn = (again) nuevamente                  | om = (old man) radioaficionado, viejo amigo                                 |
| ant = antena                              | op = (operator) operador  |
| bk = (break) corte de transmisión         | pse = (please) por favor  |
| c = sí, afirmación                        | pwr = (power) potencia  |
| cfm = (confirm) confirmación              | r = (received) recibido   |
| cl = (close) cierre de la estación        | rig = equipo de la estación   |
| cpy = (copy) copiar                       | rpt = (repeat) repita, repito   |
| cuagn = (see you again) volver a oírle    | rx = receptor   |
| cud = (could) puede                       | sase = (Self Addressed Stamped Envelope)<br>sobre autodirigido y franqueado |
| cul = (see you later) hasta luego         | sig o sigs = (signal) señal o señales                                       |
| dr = (dear) apreciado, estimado           | sri = (sorry) lo siento   |
| es = y                                    | tmw = (tomorrow) mañana   |
| fb = (fine bussines) muy bien, excelente  | tnx o tns = (thanks) gracias  |
| gb = (good by) adios                      | tu = (thank you) gracias a usted  |
| ge = (good evenig) buenas tardes          | tx = transmisor   |
| gm = (good morning) buenos días           | ur = (your) su  |
| gn = (good night) buenas noches           | vy = (very) muy   |
| gud = (good) bueno                        | wd o wds = (word) palabra o palabras  |
| hi hi = risa                              | wkd = (worked) trabajado anteriormente                                      |
| hr = (here) aquí                          | wx = (weather) tiempo atmosférico, clima                                    |
| hv = (have) tiene, tengo                  | xcvr = (transceiver) transceptor  |

hw = (how) cómo

lid = mal operador

mni = (many) muchos, muchas

msg = (message) mensaje

nil = nada, cero, ninguno

nr = (number) número

xtal = cristal de cuarzo

yl = (young lady) joven, novia, señorita

xyl = (ex young lady) esposa

73 = (regards) saludos

88 = besos y abrazos

#### 7.1.5.4 Los modos digitales

A muchos radioaficionados les intimida trabajar con los modos digitales ya que éstos aparentan ser muy complicados. Sin embargo, la verdad es que operar en las modalidades digitales es relativamente simple y en la mayoría de los casos solamente se requiere el uso de una computadora con una tarjeta de sonido o un TNC que se encargue de interpretar y manejar la comunicación.

¿Cuál es la ventaja del sistema digital sobre el análogo? Sin contar lo práctico de las ventajas que intrínsecamente trae el uso de una computadora, la modalidad digital ofrece al radioaficionado un sistema de comunicación más confiable y libre de errores, principalmente porque la transferencia de información se realiza entre computadoras y los problemas e inconvenientes productos de ruidos y variaciones en la señal que plagan los modos análogos, afectan menos el intercambio de información.

- Radiopacket: Surgió con el diseño de un accesorio de aplicación especial denominado Modem (MODuladorDEModulador) el cual tiene por función “traducir” las señales digitales de la computadora, convirtiéndolas en señales de audio propias para ser entregadas al transmisor (modulación) y, a la inversa, transformando las señales analógicas de audio del receptor en señales digitales para la computadora (demodulación). El modem que se utiliza para la modalidad del radiopacket se conoce como Controlador de Nodos por Terminal o TNC y puede instalarse como un accesorio ya sea interno en la tarjeta madre de la computadora o externo con su fuente de alimentación independiente. La forma más común de modulación en radiopacket es la transformación de datos mediante la modulación por desplazamiento de frecuencia o FSK.
- RTTY: El modo digital más antiguo (sin contar el CW que en cierto modo también puede considerarse como un tipo de comunicación digital) es el radio teletipo o RTTY, el cual utiliza el Alfabeto Telegráfico Internacional No. 2 de 5 bits (ITA2) también conocido como Baudot.

En RTTY se utilizan dos tonos de audio para modular la portadora, uno para una señal o marca y otro para un espacio. La transmisión de datos es dada por la cantidad de bits por segundos. Un baudio = 1 bit por segundo.

A pesar de que el RTTY no cuenta con sistema de corrección de errores y que por lo tanto el ruido o la variación de la señal puede introducir errores en la comunicación (un inconveniente que ha sido superado por otras modalidades digitales más modernas), éste no requiere sofisticados accesorios de computadora

y aún continúa siendo una modalidad favorita entre muchos radioaficionados, siendo muy utilizada en concursos, expediciones DX o la búsqueda de certificados. Muchos opinan que operar en RTTY es más fácil que trabajar CW o SSB y en la actualidad existen programas de computadoras que permiten trabajar RTTY utilizando solamente una tarjeta de sonido sin necesidad de otros accesorios.

- **AMTOR:** Otra modalidad digital es el AMTOR la cual, en lugar de transmitir y recibir sucesiones continuas de datos, como el RTTY, se transmiten pequeñas cantidades de información intercaladas con cortos espacios de silencio y repitiendo estos datos hasta que la estación receptora acuse el recibo de los mismos. Este procedimiento asegura casi al cien por ciento el intercambio de información.
- **PACTOR:** Es una modalidad digital que combina lo mejor del radiopacket y del AMTOR. Diseñado en los años 90 el PACTOR ha tenido mucho auge, llegando a ocupar el puesto que tenía el AMTOR. El PACTOR transmite información sin errores utilizando un sistema especial de control de errores conocido como memoria ARQ.
- **CLOVER:** Las mejores ventajas técnicas para la comunicación digital en HF las suministra la modalidad CLOVER, el cual utiliza un complicado sistema de modulación que contempla un ajuste automático de potencia de salida y otras características que lo hace capaz de mantener comunicaciones bajo las peores condiciones en las bandas.
- **PSK31:** Otro modo digital, quizás el que ha logrado más popularidad entre los radioaficionados de hoy día, es el PSK31 cuya forma de modulación es la modulación por desplazamiento de fase o PSK con un ancho de banda reducido a 31 Hz, características que le dan origen a al nombre de esta modalidad. Una de las ventajas propias del PSK31 es que se puede lograr contactos perfectos utilizando mucho menos potencia que la requerida por las otras modalidades, especialmente la de fonía. Pero la más importante es que, a diferencia del radiopacket, RTTY, AMTOR, PACTOR, etc., no necesita de un modem ni de ningún otro accesorio decodificador externo a la computadora ya que solamente requiere de un simple programa que opera a través de la tarjeta de sonido de la PC.

Los programas para trabajar PSK31 están disponibles para muchos sistemas operativos, incluyendo Windows, como por ejemplo Digipan o MixWin. Sin embargo, hay que hacer la aclaración que el PSK31 no es una modalidad libre de errores, por lo que no hace obsoletos los otros modos como el PACTOR o el CLOVER, que funcionan libre de errores y permiten ser utilizados para el envío de archivos y para acceder a casilleros de correo digital o “mailboxes”.

#### **7.1.5.5 El código fonético internacional**

El código fonético internacional fue adoptado en 1956 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) la cual recomendó el uso de un código de letras unificado a fin de evitar confusiones o equivocaciones en las telecomunicaciones radiales.

El código fonético internacional oficialmente adoptado por la UIT es el siguiente:

Alfa, Bravo, Charlie, Delta, Echo, Foxtrot, Golf, Hotel, India, Juliet, Kilo,  
Lima, Mike, November, Oscar, Papa, Quebec, Romeo, Sierra, Tango,  
Uniform, Victor, Whiskey, Xray, Yankee, Zulu

Los radioaficionados costarricenses utilizarán únicamente el código fonético internacional sin sustituirlo por otros.

#### 7.1.5.6 El código “Q”

El código internacional denominado código “Q” fue desarrollado desde el año 1929 para ser utilizado en las comunicaciones telegráficas a fin de darle a este tipo de comunicaciones una mayor fluidez y facilidad, tanto para la celeridad del mensaje como para contrarrestar las barreras del idioma. El código “Q” se encuentra vigente aún hoy día.

El código “Q” consiste principalmente en agrupaciones de tres letras de las cuales la primera siempre es la letra “Q” y que juntas conforman un mensaje, el cual podrá ser en forma de pregunta o de afirmación.

Es muy común entre los radioaficionados de todo el mundo emplear el Código “Q” en sus transmisiones en telegrafía, para lo cual fue diseñado originalmente. Sin embargo, los malos radioaficionados abusan utilizándolo en la modalidad de fonía (lo que es de muy mal gusto y es señal de ser un mal operador o “Lid”). También son muchos los casos de un uso incorrecto del código “Q” por el desconocimiento de su significado.

A continuación, algunos términos más usuales del Código Q utilizados por el servicio de radioaficionados (el significado toma forma de pregunta cuando se agrega el signo de interrogación al final).

**Tabla 4.** Código Q.

| Código | Forma de pregunta                               | Forma de afirmación                         |
|--------|---|---|
| QAP    | ¿Debo esperar a que me llame usted?             | Espere mi llamado en...(kHz.)               |
| QRA    | ¿Cuál es su nombre o distintivo de su estación? | El nombre o distintivo de mi estación es... |
| QRG    | ¿Puede indicarme mi frecuencia exacta?          | Su frecuencia exacta es....                 |
| QRH    | ¿Varía mi frecuencia?                           | Su frecuencia varía.                        |
| QRI    | ¿Cuál es el tono de transmisión?                | El tono de transmisión es...                |
| QRK    | ¿Cuál es la inteligibilidad de mi señal?        | La inteligibilidad de su señal es...        |
| QRL    | ¿Está usted ocupado?                            | Estoy ocupado, por favor no interferir      |
| QRM    | ¿Tiene usted interferencia?                     | Estoy siendo interferido                    |
| QRN    | ¿Tiene dificultades por estática?               | Tengo dificultades por estática             |
| QRO    | ¿Debo incrementar la potencia de mi transmisor? | Incremente la potencia del transmisor       |
| QRP    | ¿Debo disminuir la potencia de mi transmisor?   | Disminuya la potencia de su transmisor      |
| QRQ    | ¿Debo transmitir más rápido?                    | Transmita más rápido                        |

| Código | Forma de pregunta   | Forma de afirmación  |
|--------|---|--|
| QRS    | ¿Debo transmitir más despacio?  | Transmita más despacio   |
| QRT    | ¿Debo cesar de transmitir?  | Cese de transmitir   |
| QRU    | ¿Tiene algo para mí?  | No tengo nada para usted   |
| QRV    | ¿Está usted preparado?  | Estoy preparado  |
| QRW    | ¿Debo informar a ...que usted lo llama en...kHz.?   | Por favor informe a ....que lo estoy llamando en ....kHz   |
| QRX    | ¿Cuándo me volverá usted a llamar?  | Le volveré a llamar a las...horas  |
| QRY    | ¿Cuál es mi turno?  | Su turno es el número....  |
| QRZ    | ¿Quién me llama?  | Está usted siendo llamado por...en...kHz.  |
| QSA    | ¿Cuál es la intensidad de mi señal?   | La intensidad de su señal es.....  |
| QSB    | ¿Se está desvaneciendo mi señal?  | Su señal se está desvaneciendo   |
| QSD    | ¿Es defectuoso mi llaveado?   | Su llaveado es defectuoso  |
| QSG    | ¿Debo enviar..... mensajes por transmisión?   | Envíe..... mensajes por transmisión  |
| QSK    | ¿Puede usted escucharme entre sus señales, si es así ¿puedo interrumpir en su transmisión?        | Puedo escucharle entre mis señales, interrumpa en mi transmisión                                       |
| QSL    | ¿Puede confirmar la recepción?  | Estoy confirmando la recepción   |
| QSM    | ¿Debo repetir a usted el último mensaje que le envié?   | Repita el último mensaje   |
| QSN    | ¿Me escuchó usted en...kHz.? o bien ¿Escucho usted a .....en ....kHz.?                            | Le escuche a usted en....kHz, ó escucha....en ....kHz.   |
| QSO    | ¿Puede usted comunicarse con....directamente o a través de relevo?                                | Puedo comunicarme con... directamente o a través de relevo   |
| QSP    | ¿Puede usted enlazar con....libre de cargo?   | Puedo enlazar con....libre de cargo  |
| QST    | Llamada que precede a un mensaje dirigido a todos los radioaficionados                            |  |
| QSU    | ¿Debo llamar o responder en esta frecuencia? o en...kHz   | Llame o conteste en esta frecuencia o en....kHz  |
| QSV    | ¿Debo transmitir una serie de "V" en esta frecuencia? o en...kHz                                  | Transmita una serie de "V" en esta frecuencia o en ....kHz   |
| QSX    | ¿Puede usted escuchar a ....en...kHz?   | Estoy escuchando a ....en...kHz.   |
| QSY    | ¿Debo cambiar mi transmisión a otra frecuencia?   | Cambie su transmisión a otra frecuencia o a la frecuencia de ....kHz.                                  |
| QSZ    | ¿Debo transmitir cada palabra dos veces?  | Transmita cada palabra dos veces   |
| QTA    | ¿Debo cancelar el mensaje número....?   | Cancele el mensaje número....  |
| QTB    | ¿Está usted de acuerdo con mi cuenta de palabras?   | No estoy de acuerdo con su cuenta de palabras, repetiré la primera letra de cada palabra.              |
| QTC    | ¿Cuántos mensajes tiene por enviar?   | Tengo....mensajes para enviar.   |
| QTH    | ¿Cuál es su posición en ...Latitud y....Longitud o de acuerdo con otras referencias geográficas.? | Mi posición es...Latitud y.....Longitud u otras coordenadas geográficas.                               |
| QTR    | ¿Cuál es la hora correcta?  | La hora correcta es....  |
| QTV    | ¿Debo quedar en guardia por usted en la frecuencia de...kHz.?                                     | Quede en guardia por mi en la frecuencia de...kHz. de las...horas a las...horas.                       |
| QTX    | ¿Puede mantener abierta su estación para comunicarme hasta nuevo aviso o hasta las....horas?      | Puedo mantener abierta mi estación para comunicarme con usted, hasta nuevo aviso o hasta las....horas. |

### 7.1.5.7 El código Morse

Puede considerarse el código Morse como uno de los resultados del perdurable afán del hombre por la comunicación a distancia. El código Morse fue inventado por el pintor y físico norteamericano Samuel Fineley Breese Morse quien expuso en Nueva York un modelo de telégrafo electromagnético que escribía el mensaje en forma de alfabeto codificado. El código asignaba a cada letra del alfabeto, número y signo ortográfico uno o varios intervalos de espacios e impulsos eléctricos (expresados gráficamente mediante puntos y rayas), el cual se denominó código Morse.

Si bien es cierto que hoy día el avance tecnológico ha puesto al alcance de las telecomunicaciones modalidades más prácticas, no es menos cierto que el código Morse aún reina en las bandas del servicio de radioaficionados y, a pesar de que algunos alegan que el código Morse ha venido a ser obsoleto, no se debe olvidar que el código Morse es la modulación digital por excelencia y sigue siendo una de las formas de comunicación más simples y efectivas que existen.

Es sencillo aprender el código Morse, solamente un verdadero interés y una tenaz dedicación a la práctica son los secretos para su aprendizaje. El aprender el código de memoria exige unas pocas sesiones de práctica, pero para adquirir velocidad se requiere practicar con bastante regularidad. Un buen plan para su aprendizaje consiste en estudiar solamente grupos de cinco letras e insistir sobre las mismas hasta que su sonido y la interpretación sea instantánea dentro de nuestra mente.

Siendo el código Morse un lenguaje de sonidos, cada letra y cada número deberán conocerse por su sonido, no por su aspecto demostrativo (puntos y rayas).

|   |         |           |                                   |          |             |   |         |
|---|---------|-----------|-----------------------------------|----------|-------------|---|---------|
| A | •—      | 1         | •— — — —                          | PUNTO    | •— •— •—    |   |         |
| B | — •••   | 2         | •• — — —                          | COMA     | — — •• — —  |   |         |
| C | — • — • | 3         | ••• — —                           | ?        | •• — — ••   |   |         |
| D | — ••    | 4         | •••• —                            | ERROR    | ••••••      |   |         |
| E | •       | 5         | •••••                             | DIAGONAL | — •• — •    |   |         |
| F | •• — •  | 6         | — ••••                            | @        | • — — • — • |   |         |
| G | — — •   | 7         | — — •••                           |          |             | R | • — •   |
| H | ••••    | 8         | — — — ••                          |          |             | S | •••     |
| I | ••      | 9         | — — — — •                         |          |             | T | —       |
| J | • — — — | 0         | — — — — —                         |          |             | U | •• —    |
| K | — • —   |           |                                   |          |             | V | ••• —   |
| L | • — ••  |           |                                   |          |             | W | • — —   |
| M | — —     |           |                                   |          |             | X | — •• —  |
| N | — •     | <u>AR</u> | • — • — • (Fin del mensaje)       |          |             | Y | — • — — |
| O | — — —   | <u>SK</u> | ••• — • — (Fin de la transmisión) |          |             | Z | — — ••  |
| P | • — — • | <u>AS</u> | • — ••• (Pausa)                   |          |             |   |         |
| Q | — — • — |           |                                   |          |             |   |         |

Figura 35. Código Morse.

### 7.1.5.8 El reporte de señal RST

Sin duda, uno de los datos más importantes que se puede intercambiar entre dos estaciones que se comunican, es la información referente a la calidad y fuerza con que se escuchan sus señales. Para ello es muy importante utilizar el denominado reporte RST con el cual indicaremos a nuestro corresponsal de una manera más precisa la calidad, fuerza y pureza con que nos llega su señal. Para ello se utilizan una serie de números clasificados en las siguientes categorías, indicadores correspondientes a la Inteligibilidad (**R**eadability), Intensidad de la señal (**S**ignal Strenght) y Tono de la señal (**T**one):

- R (Inteligibilidad): Indica que tan entendible es la señal.

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| R1 | Señal Ininteligible              |
| R2 | Se entiende una que otra palabra |
| R3 | Se entiende con dificultad       |
| R4 | Inteligible casi sin dificultad  |
| R5 | Perfectamente inteligible        |

- S (Intensidad de la señal): Indica la fuerza de la señal en unidades “S” tomadas del medidor de nuestro transceptor.

|    |  |
|----|--|
| S1 | Señal recibida a nivel de ruido del receptor |
| S2 | Señal muy débil                              |
| S3 | Señal débil                                  |
| S4 | Señal de mediana intensidad                  |
| S5 | Señal buena                                  |
| S6 | Señal muy buena                              |
| S7 | Señal moderadamente fuerte                   |
| S8 | Señal fuerte                                 |
| S9 | Señal muy fuerte                             |

- T (Tono): Indica la pureza del tono de la señal de telegrafía (CW) y se utiliza solamente para las transmisiones en esta modalidad.

|    |   |
|----|---|
| T1 | Tono muy ronco y chirriante                 |
| T2 | Tono de corriente alterna                   |
| T3 | Tono ligeramente musical, pero muy ronco    |
| T4 | Tono moderadamente musical, pero algo ronco |
| T5 | Tono musical modulado por corriente alterna |
| T6 | Tono ligeramente modulado, algo silbante    |
| T7 | Tono casi puro con zumbido                  |
| T8 | Tono puro, pero con algo de zumbido         |
| T9 | Tono totalmente puro                        |

El control RST debe comunicarse de la manera más realista y exacta posible y nunca debemos engañar a nuestro corresponsal dándole un buen reporte solamente para congraciarnos con él.

#### **7.1.5.9 La hora UTC**

Uno de los aspectos más importantes de toda comunicación es el asiento correcto de la fecha y la hora exacta en que hacemos nuestros contactos. Pero hay un problema: los radioaficionados operamos desde distintos lugares del mundo y nuestros relojes marcan el tiempo de acuerdo con las diferentes zonas horarias.

Para evitar la lógica confusión que surgiría si cada radioaficionado utiliza su propia hora local, se determinó el uso de la de la hora UTC, que significa Universal Time Coordinated, para estandarizar el registro de la fecha y la hora de todos los comunicados. Se conoce también como Hora Meridional de Greenwich (GMT) u hora Zulu (Z), no obstante, el término correcto que los radioaficionados debemos utilizar es hora UTC.

Es muy fácil ajustar nuestros relojes a la hora UTC sintonizando la estación utilitaria de la WWV en las frecuencias de 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz, la cual marca con un tono la hora UTC exacta cada minuto.

#### **7.1.5.10 La tarjeta QSL**

Se denomina tarjeta QSL a la tarjeta que remite el radioaficionado para confirmar el contacto con una estación.

Es muy importante la exacta confirmación del mensaje por lo que la tarjeta QSL debe contener los datos correctos y completos del comunicado para que sea válida como confirmación del contacto. Estos datos son:

1. Distintivo de llamada de la estación que confirma el comunicado
2. Nombre completo del operador de la estación
3. Domicilio de la estación
4. País
5. Indicación que se está confirmando un comunicado
6. Distintivo de llamada de la estación que hemos contactado
7. Fecha del comunicado (según UTC)
8. Hora del comunicado (UTC)
9. Frecuencia o banda en la que se efectuó el comunicado
10. Modo de emisión empleado y si este fue el utilizado por ambos
11. Reporte de señal RST

Algunos radioaficionados incluyen en sus tarjetas la información de la zona de ubicación de su estación según la UIT y la revista "CQ"; además de información sobre si se desea el envío de una tarjeta QSL o confirmación del recibo de una. También, opcionalmente se pueden agregar otros datos de la estación, como por ejemplo: el equipo que se utilizó en el comunicado, las antenas usadas, la potencia, etc.

|  |     |  |            |
|--|-----|--|------------|
| [Indicativo Emisor]                                      |     | <i>Costa Rica</i>  |            |
| [Nombre Operador<br>Dirección de estación emisora, País] |     |  |            |
| Confirming QSO with                                      |     | Day  | Month Year |
| UTC  | MHz | RST  | Mode       |

**Figura 36.** Ejemplo tarjeta QSL.

Existen diferentes maneras de enviar la tarjeta QSL:

- **Envío directo:** Para el envío directo de nuestra QSL podemos utilizar los directorios internacionales o listados de radioaficionados llamados “Call Books” en donde obtendremos el nombre y dirección postal de nuestro corresponsal o, en dado caso, información de su “QSL Manager” que es una persona dedicada especialmente a recibir y confirmar los contactos de otro radioaficionado. Son también muy útiles, para el envío directo de nuestras QSL, los listados que aparecen en el Internet:

QRZ: [www.qrz.com](http://www.qrz.com)

“World Wide HamCall Callsign Server”: [www.buck.com/cgi-bin/do\\_hamcall](http://www.buck.com/cgi-bin/do_hamcall)

Si deseamos que nuestro corresponsal también nos remita su QSL por la vía directa, debemos incluir con nuestra tarjeta, un sobre auto dirigido y suficiente numerario para cubrir a nuestro corresponsal el costo del envío de su tarjeta. Este numerario puede consistir en dinero en efectivo o un Cupón de Respuesta Internacional (IRC) los cuales podemos adquirir en nuestra oficina postal (Correos de Costa Rica). Un cupón de respuesta internacional es válido para cubrir el pago de correo internacional de una carta por vía de superficie.

- **Envío vía Bureau:** Enviar todas las tarjetas QSL por correo es muy caro, y aquí reside una de las ventajas que nos brindan las asociaciones de radioaficionados, las cuales ponen a disposición de sus miembros el servicio de QSL Bureau que es como un servicio de correo de QSL entre las diferentes asociaciones del mundo. El QSL Bureau de la asociación atiende el envío y el recibo de las tarjetas QSL de sus miembros asociados. Es importante resaltar que los QSL Bureau son administrados por radioaficionados que hacen esa labor de manera voluntaria, por lo que es necesario tener la paciencia y consideración pertinente, además de colaborar con estos colegas nuestros que sacrifican su tiempo para favorecer la afición de otros. Para facilitar la tarea a cargo del QSL Bureau que utilicemos es conveniente que:
  - Ordenemos nuestras tarjetas alfabéticamente por el distintivo del país destinatario

- El tamaño de nuestra tarjeta no exceda del tamaño recomendado para la QSL
- El indicativo del corresponsal a quien va dirigido esté claro y perfectamente legible

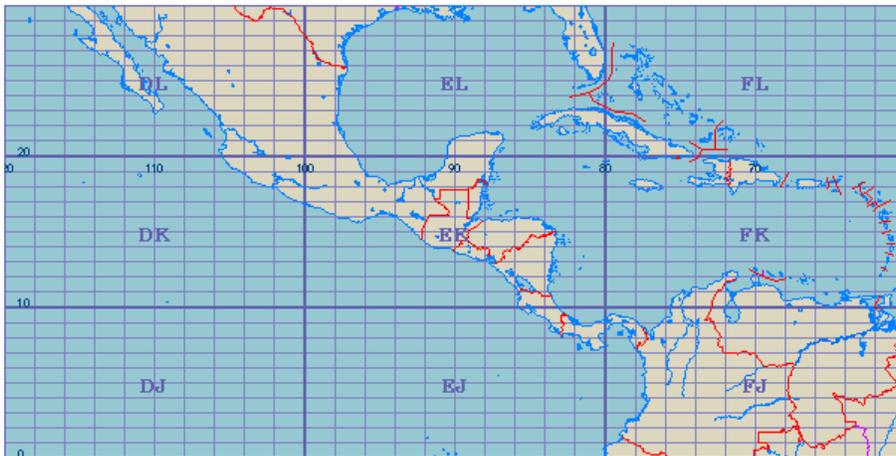
#### 7.1.5.11 El “Grid locator”

Dentro de la comunidad de radioaficionados de los años cincuenta, originalmente entre los operadores VHF y UHF europeos, surgió la necesidad de poder expresar de una forma fácil y corta la localización geográfica de sus respectivas estaciones de radio.

En el año de 1959, en Alemania, se ideó un sistema para expresar la localización cuadriculando y codificando las coordenadas geográficas y subdividiendo las cuadrículas en unidades cada vez más pequeñas e identificándolas con caracteres de letras y números, de manera tal que con sólo seis caracteres fuera posible expresar con precisión la localización de una estación.

Aunque inicialmente se aplicó para los países europeos, en una reunión de la IARU celebrada en la villa de Maidenhead, ubicada en las afueras de Londres, se adoptó el sistema de localización para toda la geografía mundial. El sistema fue bautizado oficialmente con el nombre de Sistema de localización Maidenhead pero usualmente se le conoce simplemente como “Grid Locator”.

El Grid Locator consiste en un formato que cuadrícula la superficie terrestre en 324 campos (Fields), comprendiendo cada uno 20 grados de longitud por 10 grados de latitud, los cuales son identificados con dos letras mayúsculas, de “AA” a “RR”. Cada uno de estos campos es a su vez cuadrículado en 100 celdas (Squares) comprendiendo cada uno 2 grados de longitud por 1 grado de latitud e identificadas por dos dígitos, del “00” al “99”. Cada una de estas celdas es a su vez cuadriculada en 576 subceldas (Subsquares) comprendiendo cada una 5 minutos de longitud por 2,5 minutos de latitud e identificadas con dos letras minúsculas de “aa” a “xx”.



**Figura 37.** Imagen de Costa Rica (EK, EJ) en el World Grid Square Locator Map Index  
<http://www4.plala.or.jp/nomrax/GL/index.html>

### 7.1.5.12 Los radiofaros o radiobalizas de radioaficionados

Los radiofaros o balizas de radioaficionados son dispositivos transmisores, generalmente de baja potencia, que emiten de forma automatizada a intervalos regulares y en frecuencias fijas, señales distintivas y a veces algunos otros datos como ubicación, potencia, antena, altura etc., que sirven a los radioaficionados para determinar la propagación y las condiciones de apertura de las bandas.

Escuchando los diferentes radiofaros se puede comprobar hacia donde se encuentra abierta una banda en particular, o cuál de las bandas presenta mejores condiciones de propagación hacia alguna zona específica del planeta. Hoy día operan en todas las bandas radiofaros o balizas ubicados en casi todas las regiones del mundo transmitiendo durante las veinticuatro horas del día. Muchos de ellos son operados por radioaficionados independientes y otros por asociaciones de radioaficionados.

Entre los radiofaros o balizas de radioaficionados más importantes están los del Proyecto Internacional de Radiofaros de la Northern California DX Foundation NCDXF, realizado en cooperación con la IARU, el cual consiste en una red mundial de radiofaros que operan en las bandas de HF en las frecuencias 14,100 MHz, 18,110 MHz, 21,150 MHz, 24,930 MHz y 28,200 MHz. Estos radiofaros ayudan a los radioaficionados y a los usuarios comerciales de las bandas de HF a valorar condiciones ionosféricas del momento. El sistema ha sido diseñado, construido y es operado en su totalidad por voluntarios. La Región 2 de la IARU ha apoyado financieramente este proyecto a través de sus sociedades miembro que mantienen y operan algunos de los radiofaros o balizas que están en el área geográfica de la Región 2.

Mayor información sobre el Proyecto Internacional de Radiofaros puede encontrarse en la página: <http://www.ncdxf.org/beacon.htm>.

Aparte del proyecto antes mencionado también hay gran cantidad de radiofaros de radioaficionados operados por radioaficionados independientes, universidades, instituciones científicas, clubes de radioaficionados, entre otros, los cuales colaboran de forma desinteresada y voluntaria con el mismo propósito. Una lista bastante completa y actualizada de dichos radiofaros o balizas se puede obtener de la página: <http://www.keele.ac.uk/depts/por/28.htm>

La correcta identificación de los faros comprende el agregar a las letras de llamada una barra y las letras B o BCN (/B o /BCN) con las cuales se indica que la estación que trasmite se trata de un radiofaro o "beacon".

### 7.1.5.13 DX

Sin duda alguna uno de los aspectos más fascinantes de la radioafición es la actividad DX que en la jerga de los radioaficionados supone el término de distancia. Para la radioafición el concepto de DX admite dos acepciones: una objetiva que significa la actividad de

comunicación a distancia y otra subjetiva que identifica un país lejano o, difícil de contactar.

Es grande el número de radioaficionados que se dedican con mucha pasión a contactar a otros colegas ubicados en sitios distantes, de difícil acceso. Contactar estos lugares es lo más deseado por muchos radioaficionados “Dxistas” dedicados a esta actividad y que gustan de coleccionar las tarjetas QSL de los colegas que operan desde esos sitios.

Por ser la actividad de DX uno de los aspectos más atractivos e interesantes de la radioafición, constantemente los radioaficionados realizan expediciones a “países”, islas o lugares distantes y apartados en donde no resulta frecuente la actividad de la radioafición; y hasta publican boletines de información sobre la operación de estas expediciones remotas o “Dxpeditions”. Incluso existen asociaciones, como la Northern California DX Foundation (NCDXF) y la International DX Association (INDEXA), las cuales se dedican a promocionar estas expediciones de radioaficionados.

En realidad no es propio de la actividad de DX utilizar el término “país” para referirse a esos lugares distantes o remotos puesto que realmente no se trata de “naciones” si no de lugares que han sido designados como entidades independientes por constar de ciertas características geopolíticas muy particulares. En el sitio WEB de la ARRL, específicamente en el enlace <http://www.arrl.org/files/file/DXCC/2012%20DXCC%20Current.pdf>, se puede consultar la lista actualizada de las entidades DX alrededor del mundo, sin embargo, hay que aclarar que algunas de estas entidades con el tiempo pueden ser eliminadas de la lista o pueden incluirse otras nuevas, dependiendo de la variación de las condiciones geopolíticas o de las normas que las catalogan. El buen radioaficionado siempre está pendiente de estos cambios.

Actualmente también se otorgan muchos diplomas o certificados que motivan a los radioaficionados a competir en la actividad del Dxismo. Entre los más importantes se destacan el DXCC (DX Century Club) y el CQDXCC (de la afamada revista “CQ”) que se expiden por los logros en las bandas y en las distintas modalidades.

Estos son algunos consejos para trabajar de manera efectiva las estaciones DX:

1. Usualmente rinde mayores beneficios escuchar atentamente por estaciones DX que hacer llamados para contactarlas. Hay que tomar en cuenta que la mayoría de ellas trabajan con poca potencia y antenas precarias.
2. Es necesario atender las instrucciones indicadas por la estación DX. Por ejemplo, muchas veces las estaciones DX operan transmitiendo y escuchando en frecuencias distintas, lo que se denomina operar en “split”. Esto se hace para evitar que la frecuencia donde se escucha la estación DX quede saturada por las estaciones que la llaman. Otras veces, para reducir el número de estaciones que llaman, las estaciones DX acostumbran llamar en orden del número que aparece en los indicativos de las estaciones que quieren contactar con ella, o por las zonas

o continentes en que se encuentran o por cualquier otra característica, por lo que solamente debemos llamar cuando cumplimos las condiciones expresadas.

3. Hay que tener mucha disciplina y no interrumpir con nuestra llamada cuando la estación DX está haciendo un comunicado con otra estación. Es necesario escuchar y captar el ritmo con que está trabajando la estación DX y coordinar nuestras llamadas, las cuales deberán ser cortas y en el momento preciso que la estación indique para que la llamen.
4. Hay que ser breve en el contacto con la estación DX y solo debemos suministrar nuestro indicativo y el reporte de señal R S T. Nunca debemos detenernos a conversar con la estación DX a menos que ésta manifieste su interés de prolongar el QSO con nosotros.

#### **7.1.5.14 Concursos, eventos especiales, diplomas y certificados**

Otra de las actividades interesantes de la radioafición son los concursos de radioaficionados, los cuales suelen realizarse los fines de semana y generalmente tienen una duración de unas cuantas horas hasta dos días, en los que los participantes tratan de realizar el mayor número de contactos posibles. Los concursos son generalmente organizados por las asociaciones de radioaficionados (ARRL, GACW, URE, etc.), las instituciones internacionales (IARU, UIT, etc.), o las revistas especializadas, siendo una de las más importantes la revista "CQ".

Los organizadores de los concursos suelen anunciarlos en los principales boletines y revistas, donde publican las bases y los reglamentos. Igualmente, existe gran número de diplomas y placas que se otorgan a los ganadores, incluso la publicación de los distintivos de las estaciones y los nombres de los operadores en las importantes revistas de radioaficionados.

Aunque la mayoría de los concursos tienen el mismo tipo de forma de operar; algunos permiten diferentes categorías de concursantes, tanto por el número de operadores como por el número de bandas y transmisores; como por ejemplo: monooperador (un solo operador), monooperador monobanda (un solo operador en una sola banda), monooperador multibanda, multioperadores y multitransmisores, etc. Finalizado el concurso, en un plazo perentorio establecido en los reglamentos, las estaciones participantes deben remitir un registro de los comunicados realizados en el concurso o planilla donde se contabilizan los contactos y los puntos obtenidos en el concurso. Ocurre con frecuencia que algunos radioaficionados viajan a lugares remotos a fin de conseguir mejores ventajas ya que utilizan en el concurso indicativos exóticos y atractivos para lograr un mayor número de contactos. Los concursos pueden clasificarse en las siguientes categorías.

Concursos pequeños o locales, denominados en inglés "QSO party" o "Sprints", que generalmente son concursos regionales realizados por grupos locales de radioaficionados

o asociaciones pequeñas en los que suele premiarse los contactos con miembros de esos mismos grupos o asociaciones.

Concursos nacionales, que son concursos medianos o que se celebran generalmente al nivel nacional y que congregan a radioaficionados del mismo país.

Concursos internacionales, son concursos grandes los cuales se realizan en el ámbito mundial donde participan radioaficionados de todos los países del mundo en una verdadera batalla campal que satura las bandas de radioaficionados. Entre los más importantes se encuentran el CQWWDX, el de los prefijos CQWWWPX, el “ARRL Contest” y el “European DX Contest” y muchos otros más.

Aunque propiamente no se trata de concursos ya que no contemplan competencia, radioaficionados o grupos de radioaficionados acostumbran a realizar de vez en cuando actividades de radio en calidad de eventos especiales que tienen como propósito el realzar o promover, ya sea al nivel nacional o internacional, algún acontecimiento o lugar histórico o especial, conmemorar alguna fecha en particular o realzar algún evento de importancia. Generalmente los radioaficionados solicitan indicativos especiales para ser utilizados solamente durante el término de estos eventos.

Existe también dentro de la radioafición una gran variedad de premios (placas, diplomas y certificados) que se otorgan por los méritos obtenidos dentro de la actividad, como trabajar cierta cantidad de entidades, zonas o ciertas regiones, islas, faros, castillos, etc. Ejemplo de los más conocidos son: el DXCC de la ARRL el cual se obtiene mediante la acreditación con las correspondientes tarjetas QSL de haber realizado un contacto con cien o más de las entidades que integran la lista del DXCC; el diploma de IOTA (Islands On The Air) que se refiere a contactos con las diferentes islas del mundo; el diploma WAC (Worked All Continents) que otorga la IARU a las estaciones que comprueben el haber contactado con otras estaciones en cada uno de los continentes del planeta o el WAS (Worked All States) que confieren la ARRL y la revista “CQ” por contactos con todos los Estados de los Estados Unidos de América.

#### **7.1.5.15 Las redes (nets) o cadenas**

La palabra “net” significa “red”. Consiste en una forma ordenada de operar para facilitar las comunicaciones, especialmente cuando éstas se hacen difíciles ya sea por las condiciones técnicas de las estaciones involucradas o por que intervienen múltiples estaciones en una misma frecuencia lo que se hace necesario establecer cierto orden para evitar el caos.

Algunos radioaficionados se dedican a operar las redes casi siempre de forma diaria y en la misma frecuencia, invitando a los demás colegas que quieran entablar comunicación sobre temas regionales, intereses comunes, emergencias, ayuda a operaciones marinas, información de DX o simplemente llevar a cabo una tertulia amigable de forma ordenada entre varias estaciones. Muchos operadores latinoamericanos prefieren utilizar la palabra “cadena” en vez de red.

Algunas otras redes se han caracterizado por su importancia para las operaciones de emergencia y otros asuntos importantes de la navegación marítima como la International Maritime Mobile Net (14,300 MHz) y la Red de Vigilancia de Huracanes (14,315 MHz). Existen publicaciones especializadas donde se enlistan las redes y se detallan los días de la semana, el horario y las frecuencias en que operan; además de la forma en que son dirigidas y cuáles estaciones las concurren habitualmente. En todas las bandas existen redes, aunque éstas son más numerosas en las bandas de 15 metros y 20 metros.

Algunos de los que se activan en el DX también prefieren utilizar a veces la técnica de operar en red y acostumbran organizarlas exclusivamente para que se hagan presentes estaciones de países raros cuyos operadores prefieren trabajar en una forma ordenada y más cómoda. Por otro lado, hay muchas estaciones que tienen poca posibilidad de sobresalir en las aglomeraciones o “pile ups” por constar con poca potencia o pequeñas antenas incapaces de vencer a los grandes “tiburones” y solo tienen la posibilidad de trabajar estos países raros participando en una red. Para incorporarnos a una red de este tipo debemos previamente conocer el modo de operar de la red y seguir al pie de la letra las instrucciones del controlador de la red o estación control (net control). Cada operador de la estación control tiene su forma característica de operar y debemos estar familiarizados con ella antes de hacernos presente en la red.

La operación no es complicada. Comúnmente, algunos controladores de la red acostumbran primero llamar a cualquiera estación que se quiera hacer presente dando simplemente las dos últimas letras del sufijo de su indicativo, y la estación controladora hace un listado. Luego se anuncian las estaciones registradas para que puedan ir llamando en el mismo orden en que han sido apuntadas. Puede suceder que la lista se haga en otra frecuencia distinta a aquella en que opera la red, por lo que debemos estar atentos para desplazarnos a la frecuencia que se nos indique.

Siempre debemos obedecer exactamente lo que indique la estación control. Además, es conveniente ir anotando el orden de las estaciones que se apuntan para llamar en la red a fin de saber cuándo llega nuestro turno. Una vez que la estación control ha concluido la toma de participantes se “corre la lista”, lo que en inglés se conoce como “running the list”, de manera que se confirma el orden en que las estaciones harán sus llamadas. Es costumbre que justo antes de empezar los turnos se haga un recuento de las estaciones DX que se han inscrito. Al llegar nuestro turno llamaremos a la estación que nos interesa contactar pasándole únicamente nuestro indicativo completo y el reporte de señal y acusaremos recibo del reporte que nos pasan. Inmediatamente daremos las gracias y pasaremos el cambio a la estación control para que continúe con el siguiente.

Al participar en una red, “net” o cadena siempre debemos tener presente las reglas de cortesía y respeto, tanto con nuestros amigos participantes como con la estación control. Hay que recordar que este último es simplemente un voluntario que dedica su tiempo y esfuerzo a realizar algo en provecho de los demás y al cual le debemos todo nuestro apoyo y ayuda. Finalmente, no debemos hacer que las demás estaciones pierdan su tiempo

poniéndonos a conversar con la estación DX pidiéndole información de su QSL u otra cosa. Debemos esperar a que la estación control suministre esa información.

#### **7.1.5.16 ¿Trabajar QRP?**

En el código Morse “QRP” significa “reducir la potencia del transmisor” y es por ello que se conoce “trabajar QRP” como la modalidad de transmitir utilizando muy poca potencia: 5 vatios o menos.

Muchos radioaficionados disfrutan esta modalidad ya que consideran un verdadero reto el lograr contactos en condiciones de muy baja potencia; especialmente cuando logran trabajar estaciones distantes y logran hacer contactos en situaciones de desventajas frente a otras estaciones que transmiten con mucho más potencia. Para muchos radioaficionados es muy atractivo trabajar QRP ya que los transmisores por lo general son pequeños, livianos y portátiles; fáciles de cargar y llevar en los viajes. Pero la ventaja más importante que encuentran, es que al transmitir con baja potencia se evitan las interferencias y molestias que se pueden causar cuando se transmite con potencias mayores.

Vale anotar también que desde que los transceptores comenzaron a ser introducidos totalmente manufacturados la inmensa mayoría de los radioaficionados dejaron de construir sus propios equipos y dicha inclinación quedó en manos de unos pocos. Sin embargo, en la actualidad aún existen empresas que ofrecen transceptores y otros equipos en piezas o desmontados, para ser armados por los radioaficionados siendo que algunos radioaficionados disfrutan salir al aire con equipos construidos por ellos mismos. Existen decenas de asociaciones de “QRPistas” en el mundo cuyas direcciones se pueden encontrar fácilmente en Internet.

#### **7.1.5.17 Procedimiento en emergencias**

Hay que recordar que en el contexto de este manual se procura exponer las técnicas que se requieren para hacer del radioaficionado un buen operador. Esas técnicas son las mismas que se deben utilizar en los momentos en que, sorpresivamente, sobreviene una situación de emergencia o cuando ocurre una catástrofe. Una de las características del buen operador es la de mantenerse capacitado y preparado para aplicar en todo momento sus conocimientos y habilidades con el objeto de ayudar en una situación de emergencia o de vida o muerte.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el radioaficionado en la mayoría de los casos no es un bombero o un paramédico; ni mucho menos un Supermán especialista en acciones de rescate. Al contrario, la intervención inoportuna de un radioaficionado en una operación de emergencia que ya está siendo atendida por las respectivas autoridades es contraproducente y puede ser hasta perjudicial tanto para las víctimas como para las autoridades que atienden la emergencia. Recordemos que nuestra comunidad está dotada de diversas entidades, instituciones, agrupaciones y cuerpos formados por

personal idóneo y especializado en manejar y atender las emergencias y situaciones de peligro.

Por ello, la primera norma a la que debe atenerse el buen radioaficionado frente a una situación de emergencia es abstenerse de intervenir cuando la situación es atendida o puede ser atendida por los canales regulares de emergencia. Las autoridades de emergencia (bomberos, policía, etc.) son las competentes y las encargadas de atender las situaciones de emergencia de la población. El radioaficionado solamente puede intervenir en caso de que no puedan hacerlo las autoridades o que éstas mismas se lo requieran. Sin embargo, hay que reconocer que un radioaficionado generalmente estará en primera fila a la escucha del desarrollo de una operación de emergencia, y por tal razón tiene que esforzarse en contener sus deseos de intervenir, especialmente si todos nosotros, los radioaficionados, nos caracterizamos por ser personas muy colaboradoras.

Ello de ninguna manera significa que los radioaficionados deben retraerse en los momentos de una situación de emergencia o desastre. Uno de los activos más valiosos que puede tener una comunidad es contar con una reserva de personas con conocimientos, habilidad técnica y equipos capaces de poner a funcionar una red de comunicación, que además de poder enlazar a lo interno nuestro país, también puede enlazarlo a lo externo con los operadores de otros países y lugares remotos del planeta. Es más, los radioaficionados permanentemente mantienen funcionando una red de comunicaciones con la capacidad de salir ilesa luego de una catástrofe natural o causada por el hombre, cuando los otros medios ordinarios de comunicación generalmente se afectan. Es en esa capacidad en lo que radica la mayor valía del servicio de radioaficionados para la comunidad.

Estar preparado significa:

1. Que el radioaficionado no debe olvidar que sus conocimientos y habilidades constituye un activo para su comunidad y, por lo tanto, debe siempre esmerarse en pulir su técnica y procurar el mantener en buen funcionamiento sus equipos. Su función dentro del ambiente comunal es mantenerse en todo momento activo, alerta y siempre listo. Conocer, cuando y como debe actuar en caso de requerirse su ayuda y como integrarse a una red de emergencia.
2. Que los radioaficionados junto con las autoridades están llamados a organizar y mantener un Servicio de Comunicaciones de Emergencia con la colaboración de las estaciones de radioaficionados para atender las transmisiones de mensajes oficiales o de otra índole de urgencia en caso de que las vías de comunicación regulares sean afectadas por catástrofes o situaciones de emergencia.
3. Que el buen radioaficionado debe estar animado a colaborar con la red de emergencia en caso de que se le necesite, y es importante también que el radioaficionado nuevo se familiarice desde el principio con los procedimientos de emergencia para que esté en capacidad de integrarse lo antes posible a estas operaciones.

Puede ocurrir que en nuestra actividad cotidiana escuchemos una llamada de emergencia. La palabra MAYDAY en la modalidad de fonía y las letras SOS en la modalidad de telegrafía se reconocen internacionalmente como llamadas de emergencia (aunque bien pudiera ser que la llamada de auxilio la escuchemos de cualquiera forma, incluso gritos de auxilio). En tal caso, lo primero que hay que hacer es cerciorarnos de que se trata de una auténtica llamada de emergencia y que no está siendo atendida por las autoridades o por otra estación, a las que vamos a interrumpir con nuestra intervención.

Hay que tomar nota de la identificación de la estación que llama, su ubicación exacta y la naturaleza de la emergencia (es muy importante anotar la hora UTC y local del momento en que escuchamos el llamado y la frecuencia exacta en que se escucha) y comunicar inmediatamente a las autoridades competentes informando la naturaleza de la emergencia y los datos pertinentes. La información que suministremos debe ser concisa, breve y exacta. Siempre debemos actuar de forma calmada, utilizando un lenguaje que no provoque pánico ni alarma injustificada.

Una vez notificadas las autoridades debemos seguir al pie de la letra sus instrucciones. Si nos comunicamos nuevamente con la estación en emergencia, debemos reportarle que ya hemos contactado las autoridades del caso y tratar de infundirle la mayor calma.

## **7.1.6. OPERACIÓN EN VHF/UHF Y TRANSMISIÓN DE IMÁGENES Y MICROONDAS<sup>12</sup>**

### **7.1.6.1 Las estaciones repetidoras**

La propagación atmosférica promotora de las comunicaciones a grandes distancia en las frecuencias de HF pierde su importancia cuando se trata de comunicaciones con frecuencias muy altas (VHF), frecuencias ultra altas (UHF) y microondas las cuales se realizan a través de las ondas directas o visuales, que van directamente de la antena emisora a la antena receptora, y cuya trayectoria es susceptible de ser afectada por obstáculos naturales (cerros, montañas, entre otros) o estructuras artificiales. Por ello, para obtener mayor distancia en la comunicación utilizando estas frecuencias es necesario el uso de una estación repetidora.

Una estación repetidora es simplemente un transceptor, usualmente ubicado en lugares elevados (montañas, edificios altos, torres, entre otros) que recibe y automáticamente retransmite las señales, utilizando para ello dos frecuencias: una frecuencia de entrada por la que recibe la señal y una frecuencia de salida por la cual retransmite la misma señal.

Los transceptores utilizados para las transmisiones en estas frecuencias (la mayoría radios de tipo portátil o móvil en vehículos) operan de modo “Half Duplex” o sea que transmiten o reciben la señal según sea el caso. No obstante una repetidora opera en la modalidad “Full Duplex” en la cual se recibe y se transmite a la vez la señal; de la misma

---

<sup>12</sup> Tomado del capítulo 7 del Manual del Radioaficionado Panamá

manera que opera un aparato telefónico. El “Duplexor” es el mecanismo que se encarga de que la repetidora trabaje de modo “Full duplex”.

En virtud de que las repetidoras son instaladas en un lugar fijo, es muy práctico y común que se les conecte una línea telefónica mediante un aparato denominado “Automatic Telephone Patching Network” o “Autopatch” a través del cual se pueden realizar llamadas telefónicas.

Otra de las funcionalidades de que constan la mayoría de los transceptores modernos para trabajar a través de las repetidoras es el denominado “Continuos Tone Coded Squelsh System (CTCSS)” mediante el cual el transmisor acompaña a la señal transmitida con otra señal codificada, con el propósito de activar la repetidora. Este código también es conocido como PL® (marca registrada de la fábrica Motorola) o simplemente como “tono”. El propósito principal para el uso del tono en la señal es el evitar que las repetidoras se activen entre sí, sin embargo, muchas veces se utiliza el mismo simplemente para impedir el uso de la repetidora por personas no autorizadas.

#### **7.1.6.2 La técnica de comunicación a través de repetidora**

La utilización de las repetidoras debe ser ordenada y sujeta a ciertas normas de procedimiento tanto para no entorpecer a otros usuarios, como para cuidar de que no se dañe el equipo repetidor. Muchas de estas normas de procedimiento no constan por escrito, más bien son simples “acuerdos de caballeros” entre los radioaficionados.

La operación por intermedio de repetidora NO es igual a la que se utiliza al trabajar en HF. Por ejemplo, no se acostumbra llamar CQ en la repetidora. Simplemente basta comunicar que nuestra estación se encuentra “a la escucha”. También constituye pésimas prácticas de muchos radioaficionados el repetir incansablemente los indicativos de sus estaciones y el uso abusivo e incorrecto del código Q. En la mayoría de las repetidoras ni siquiera es necesario pasar el “cambio” ya que casi todas las repetidoras constan de “tonos de cortesía” los cuales son efectos de sonidos que indican el cambio del turno en la transmisión.

La forma en que operamos a través de la repetidora descubre mucho de la calidad de radioaficionados que puede ser una persona. De ahí que es importante de que cuando se use la repetidora lo hagamos correctamente, hablando de forma natural, como lo se haría con los amigos cara a cara. Debemos ser siempre corteses, de buen vocabulario y mantener nuestras transmisiones cortas.

#### **7.1.6.3 Satélites**

El primer satélite de radioaficionados fue lanzado por la NASA el 12 de diciembre de 1961. Desde entonces se han lanzado decenas de satélites construidos y financiados por distintas asociaciones. La más importante de éstas es la Radio Amateur Satellite Corporation o AMSAT, cuya dirección en Internet es: [www.amsat.org](http://www.amsat.org), en donde podemos encontrar información acerca de todos los satélites de radioaficionados en órbita.

El término fase clasifica cronológicamente a los satélites de radioaficionados con respecto a la época en que fueron lanzados:

- **Satélites fase 1:** Son los primeros satélites los cuales tuvieron muy poco tiempo de vida debido a que no llevaban celdas solares. Solo eran transmisores tipo seguimiento o localización.
- **Satélites fase 2:** Son satélites de órbita baja, los cuales tienen celdas solares y baterías recargables, lo que les permite tener varios años de vida. Su órbita es circular y más alta que los satélites de la fase 1. Estos satélites incorporan algún tipo de re emisor.
- **Satélites fase 3:** Son satélites con la órbita muy elíptica, con gran duración en los pases y con un apogeo (distancia máxima) muy elevado, por lo que requieren de antenas con más ganancia. Solo hay dos de estos en órbita actualmente: el AO-10 y el AO-40.
- **Satélites fase 4:** Son satélites que están propuestos para poner en órbita en el futuro, son geoestacionarios y constan con transpondedores (especie de repetidora) en frecuencia de microondas.

Con respecto a su órbita, los satélites pueden girar en torno a nuestro planeta de diferentes maneras:

- **Órbita elíptica:** Los satélites giran en torno a la tierra de forma elíptica, con diferente altura. En muchos casos tienen una distancia de apogeo tan grande que se necesita antenas de mucha directividad para que puedan funcionar, sin embargo, la duración de su movimiento es mayor. Durante su apogeo parecen estar fijos para el observador terrestre, lo que significa que el observador terrestre no necesita mover las antenas ni corregir el efecto doppler.
- **Órbita circular:** Los satélites describen órbitas circulares y en la mayoría de los casos se pueden trabajar con un equipo sencillo. Por tener esta órbita, cambian su posición rápidamente y los movimientos pueden no ser mayores de diez o quince minutos.
- **Órbita geoestacionaria:** Los satélites están situados a unos 36.000 Km sobre el Ecuador y están sobre un punto fijo en el cielo girando junto a la tierra para mantener su posición.

Con respecto a la altura de la órbita otros satélites se clasifican como satélites LEO (Low Earth Orbit) o satélites HEO (Hight Earth Orbit).

La función básica de los satélites es actuar como estaciones repetidoras de la señal que reciben, de vuelta a la tierra. En términos simples un transpondedor es un sistema

repetidor cuya función es recibir las señales de una estación en la tierra (enlace ascendente o “Uplink”), amplificarlas y retransmitirlas de vuelta a la tierra en una frecuencia distinta (enlace descendente o “Downlink”), a otra estación ubicada dentro de la señal de cobertura del satélite.

Dada la linealidad del método de retransmisión que utilizan los satélites, es importante que se utilicen algunas normas de cortesía al trabajar con satélites. Es fundamental reducir al mínimo la potencia de transmisión para que la potencia con que transmite el satélite se dedique por igual a todas las comunicaciones. Un ejemplo es el satélite RS/12. La frecuencia del enlace ascendente es de 145,910 MHz a 145,950 MHz y la del enlace descendente es de 29,410 MHz a 29,450 MHz.

Hay satélites que trabajan en la modalidad digital y estos se pueden clasificar en dos categorías: Los de almacenamiento y envío de ficheros y los denominados “digits” de “Automatic Position Reporting System (APRS)” el cual consiste en un protocolo digital de comunicaciones y datos de localización.

Los satélites de almacenamiento y envío de ficheros funcionan a 96000 o 38400 baudios, con enlace ascendente en la banda de 2 metros y descendente en la banda de 70 cm. A ellos se pueden conectar varios usuarios a la vez para enviar o recibir ficheros. Para comunicar con estos satélites es necesario usar un transceptor de 2 metros y de 70 cm en la modalidad FM y capacidad de FSK a una velocidad de 9600 baudios con antenas directivas de ganancia moderada con un rotor de acimut y de elevación. Ejemplos de estos satélites son el UO-22, KO-23, KO-25 y el UO-36.

Los satélites “digits” de APRS se limitan a reenviar tramas sueltas. Este es el caso de la Estación Espacial Internacional (International Space Station - ISS) o los “Pcsat”, “Starshire” y “Saphire”. Todos ellos retransmiten tramas de APRS y se pueden trabajar con antenas muy sencillas.

Algunos satélites como el AO-27 y el UO-14 repiten un solo canal de FM, de esta forma solo pueden ser utilizados para una comunicación a la vez.

No se necesita de equipos caros o complicados para trabajar los satélites. Por lo general se requerirán los siguientes elementos:

- Transceptor que permita trabajar en “split” (transmitir y recibir en frecuencias diferentes).
- Antenas: Las directivas son las más adecuadas para trabajar satélites, pero éstas necesitan de un sistema que las apunte hacia el satélite. En general es conveniente que tengan polarización circular. Para frecuencias de 1.200 MHz en adelante deben usarse antenas parabólicas o helicoidales.

También resulta muy útil un rotor para hacer girar la antena tanto en acimut como en elevación hacia el satélite.

Es imprescindible el uso de una computadora para saber cuándo va a pasar el satélite y por donde lo va a hacer. La computadora sirve para el cálculo de la posición del satélite y guiar el rotor de la antena para seguir al satélite. Para ello, la posición del satélite se calcula a través de los datos keplerianos que se actualizan con la Internet. Además, este brinda gran ayuda para calcular el efecto doppler. Este parámetro es muy importante a la hora de recibir los satélites. Cuando el satélite se acerca, se oye su transmisión en una frecuencia más alta que en la que realmente transmite éste, y al revés cuando se aleja.

#### **7.1.6.4 El “Rebote Lunar”**

El rebote lunar conocido también como EME (por sus siglas en inglés Earth-Moon-Earth) consiste en la modalidad de hacer rebotar las señales transmitidas en VHF y UHF contra la superficie de la luna para alcanzar mayores distancias, difíciles de lograr utilizando frecuencias muy altas y ultra altas.

Aunque en realidad la comunicación vía EME no requiere de sofisticados equipos de comunicación, si se requiere la ayuda de una computadora y especialmente del conocimiento de la telegrafía (CW) ya que la comunicación vía rebote lunar se efectúa en esa modalidad. Solamente las grandes estaciones utilizan la banda lateral única (SSB).

Es importante anotar que las irregularidades de la superficie de la luna distorsionan las señales y esas distorsiones pueden ser mayores aún por efecto del movimiento particular de la luna con respecto a la posición de la tierra en un momento determinado.

El reporte de señal vía EME se realiza con las letras T, M y O, que son tres caracteres largos en telegrafía y con mayor posibilidad de ser captados en caso de distorsión. La letra T significa solo la detección de la señal sin posibilidad de interpretar el mensaje, la letra M es el reporte mínimo aceptable y la letra O significa una recepción clara y completa del mensaje. Se acostumbra acompañar al reporte de la letra O el usual reporte RST.

#### **7.1.6.5 Televisión de aficionados**

Consiste en transmitir señales de televisión radioaficionada con el mismo formato que las cadenas comerciales: la portadora se modula en banda lateral vestigial. Esta modalidad ocupa 6 MHz de ancho de banda, por lo que solo es posible en frecuencias de 435 MHz o superiores. Para recibir es necesario un conversor de frecuencia que desplace la señal para que la pueda recibir un aparato de televisión convencional.

Otra forma de transmitir televisión de aficionados es con modulación FM, igual que lo hacen los canales analógicos de televisión por satélite. Un transmisor de FM es más simple que uno que trabaje VHF. El ancho de banda obliga a usar frecuencias de 1200 MHz en adelante.

### **7.1.7. NORMATIVA DE LOS RADIOAFICIONADOS<sup>13</sup>**

#### **7.1.7.1 La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**

El 17 de mayo de 1865 una liga de naciones fundó un organismo internacional denominado Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el cual en el año de 1947 se integró como un organismo especializado, parte de la Organización de las Naciones Unidas. Actualmente integran esta organización 180 países entre los cuales se incluye el país de Costa Rica.

La UIT es la encargada de reglamentar y planificar las telecomunicaciones en todo el mundo, establecer las normas para el funcionamiento de los equipos y sistemas de telecomunicaciones, coordinar y difundir los datos necesarios para la planificación y explotación de los servicios de telecomunicaciones y promover y contribuir al desarrollo de las telecomunicaciones y de las estructuras afines. La UIT se reúne periódicamente en las denominadas Conferencias Mundiales de Radio (WRC) las cuales desde 1993 se celebran cada dos años, aunque originalmente se celebraban cada veinte años.

Para efectos administrativos la UIT ha dividido la geografía mundial en tres regiones:

- Región 1: Administrada por un organismo denominado Conferencia Europea Postal y Telecomunicaciones (CEPT).
- Región 2: Administrada por un organismo denominado Conferencia Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), que también forma parte de la Organización de Países Americanos (OEA). La Conferencia Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) que administra la Región 2, a la que pertenece Costa Rica, tiene como objetivo facilitar y promover el continuo desarrollo de las telecomunicaciones en el continente americano y la existencia de un sistema de telecomunicaciones adecuado que contribuya al proceso de desarrollo de la región.
- Región 3: No tiene un organismo administrativo específico.

Los radioaficionados están presentes en la UIT representados por la Unión Internacional de Radioaficionados (International Amateur Radio Union - IARU).

#### **7.1.7.2 La Unión Internacional de Radioaficionados (IARU):**

La Unión Internacional de Radioaficionados (International Amateur Radio Union - IARU) fue fundada en París el 18 de abril de 1925 y consiste en una federación de asociaciones de radioaficionados integrada por una serie de asociaciones de radioaficionados de muchos países y de algunos territorios que, por llenar ciertas características especiales, son considerados como “entidades” independientes. La IARU ha sido reconocida como la vocera de la comunidad mundial de radioaficionados y tiene oficialmente un puesto en la

---

<sup>13</sup> Tomado del capítulo 8 del Manual del Radioaficionado Panamá

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como observador permanente, sin derecho a voto, en las Conferencias Mundiales de Radio (WRC) y en las organizaciones mundiales de la CEPT y CITELE.

A pesar de que la IARU no tiene derecho a voto, su posición de observador permanente en la UIT le permite estar al tanto y expresar su punto de vista en los temas que se discuten en la UIT y su presencia le permite advertir y opinar acerca de cualquiera iniciativa planteada en ese organismo que pudiera ser de algún interés para los radioaficionados en cualquiera de las tres regiones. Además, uno de los objetivos más importantes de la IARU es apoyar y asesorar a las distintas administraciones nacionales dentro del seno de la UIT en todos los asuntos que competen a la radioafición. Ello es que en las conferencias de la UIT, la IARU se rodea de radioaficionados expertos para analizar los puntos en discusión y dirigir en esta materia a los delegados de los diferentes países. Por otro lado, la IARU estudia por adelantado los temas a tratar en las conferencias de la UIT y que de alguna manera pueden afectar a los radioaficionados y los somete al escrutinio de sus sociedades miembros a fin de que sean discutidos y consensuados. De ahí que tanto el beneficio como la defensa de la actividad de la radioafición en todo el mundo depende del apoyo que, a su vez, le corresponde recibir la IARU por parte de las diferentes sociedades miembros y, cada una de estas, a su vez, de los radioaficionados que las integran.

La Región 2 de la IARU, fue fundada el 16 de abril de 1964 en el I Congreso Panamericano de Radioaficionados celebrado en México. Su administración la ejerce un Comité Ejecutivo cuyos miembros son electos cada tres años por una Asamblea General de Delegados, y lo integra un Presidente, un Vicepresidente, un Secretario, un Tesorero y cinco Directores que representan a cada una de las subregiones que comprenden la Región 2. De las tres regiones de la IARU la Región 2 es la única que está dividida en subregiones, las cuales comprenden los siguientes países:

- Area A: Canadá, Bermuda y Groenlandia.
- Área B: Estados Unidos de América.
- Área C: Anguilla BWI, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Islas Vírgenes Británicas, Isla Caimán, Dominica, Cuba, República Dominicana, Granada, Haití, Jamaica, México, Monserrate, Saint Kitts y Nevis, San Vicente y Granadinas, Santa Lucía, Turks y Caicos.
- **Área D: Guatemala, El Salvador, Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.**
- Área E: Antillas Holandesas, Colombia, Guyana, Surinam, Trinidad y Tobago y Venezuela.
- Áreas F: Bolivia, Brasil, Ecuador, y Perú.
- Área G: Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay.

### 7.1.7.3 El IARP

Las siglas IARP significan Permiso Internacional de Radioaficionados o “International Amateur Radio Permit”. Esta entidad autoriza a los radioaficionados que portan dicho permiso para operar temporalmente en el territorio de otro país distinto al suyo, que sea parte del convenio.

Los Estados partes del convenio solo pueden otorgar el IARP a sus ciudadanos; y las autoridades del país visitado pueden requerir notificación previa de la fecha, lugar y duración que pretende llevar a cabo el extranjero titular de un IARP.

### 7.1.7.4 La FRACAP

La FRACAP, que significa Federación de Radioaficionados de Centroamérica, es una organización fundada el 23 de abril de 1960 cuyo objetivo es agrupar en forma federada a las asociaciones de radioaficionados de Centro América y que aspiran a unificar a los radioaficionados de la región en los aspectos científicos, legislativos, culturales y éticos.

Entre las múltiples actividades de la FRACAP se destacan las siguientes:

- Estimular las actividades tendientes al desarrollo de las investigaciones de la ciencia y la tecnología electrónica aplicada a las comunicaciones y la superación del radioaficionado en los diferentes medios de comunicación, fomentando investigación en sistemas de comunicación digital, por satélite y otros que el avance tecnológico ponga a la disposición.
- Procurar por todos los medios legales a su alcance garantizar el bienestar de sus asociados, para el mejor desarrollo de las actividades de los radioaficionados.
- Trabajar porque se mantengan por parte de todos los asociados los principios éticos de la radioafición.
- Mantener relaciones de cooperación con las autoridades encargadas de regular la comunicación en Centroamérica y el resto del mundo.
- Trabajar por la unificación de las leyes y reglamentos que norman la operación de radioaficionados en Centroamérica.

Actualmente han suscrito y ratificado el acta constitutiva de la Federación y han sido aceptados como miembros de la Federación:

- GUATEMALA: Club de Radioaficionados de Guatemala (CRAG). Aptdo. Postal 115 Ciudad de Guatemala 01901. Internet: [crag@gua.net](mailto:crag@gua.net).
- HONDURAS: Radio Club Tegucigalpa (RCT). Aptdo. Postal 3256 Tegucigalpa. Internet: [jmercado@hondutel.hn](mailto:jmercado@hondutel.hn).

- EL SALVADOR: Club de Radioaficionados de El Salvador (CRAS). Apto. Postal 517 San Salvador. Internet: fafisch@es.com.sv.
- NICARAGUA: Club de Radioexperimentadores de Nicaragua (CREN). Apto. Postal 925 Managua. Internet: kgb@ibw.com.ni.
- COSTA RICA: Radio Club de Costa Rica. Apto. Postal. 2412 San José 1000. Internet: secretaria@ti0rc.org.
- PANAMA: Liga Panameña de Radioaficionados (LPRA). Apto. Postal. 0834-0175 Panamá.

## **7.2. Recomendaciones UIT sobre la influencia del entorno en la propagación de las ondas electromagnéticas**

El presente apartado muestra a manera de resumen los aspectos más importantes de las normas: ITU-R P.526-12, UIT-R P.676-7, UIT-R P.838-3, UIT-R P.370-7, UIT-R P.529-3, UIT-R P.1812 y UIT-R P.1546 de la UIT-T, los cuales se consideran como fundamentales y de conveniente conocimiento para cualquier persona que opere el espectro radioeléctrico. No obstante, es necesario señalar que el contenido en esta sección no será parte de los temas evaluados en la prueba teórica para la obtención de un permiso de licencia de radioaficionados y/o banda ciudadana.

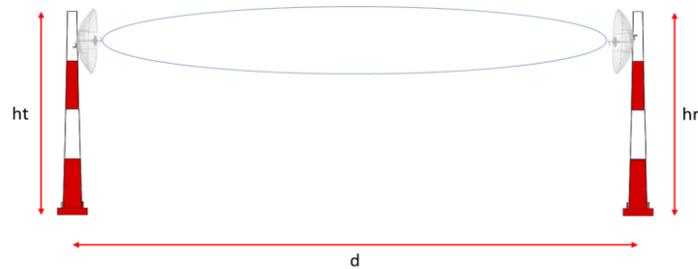
Las diferentes normas mencionadas anteriormente, presentan formas complejas para calcular las influencias más comunes del entorno en las ondas electromagnéticas, por los que esta Superintendencia se dio a la tarea de resumir y facilitar la comprensión del contenido de estas normas, tratando de explicar estos aspectos de una manera más práctica, con el objetivo de acoplarlas a las actividades de un radioaficionado.

Seguidamente se presentan los modelos de propagación más utilizados, la difracción debida a obstáculos, atenuación de gases y lluvia y finalmente métodos para calcular la intensidad del campo eléctrico.

### **7.2.1. Influencia del entorno en la propagación de ondas electromagnéticas**

#### **7.2.1.1. Modelos de propagación**

La propagación en el entorno puede calcularse de diferentes maneras, el siguiente apartado muestra algunas de ellas, cada una de las cuales se adapta a un tipo particular de servicio. Los parámetros requeridos para estos cálculos se muestran en la siguiente figura.



**Figura 38.** Pérdidas en el espacio libre.

#### 7.2.1.1.1. Pérdidas básicas de propagación en espacio libre

El modelo de propagación en el espacio libre es utilizado para predecir las pérdidas ( $L_{bf}$ ) de la señal cuando existe línea vista entre el transmisor y el receptor. Este modelo predice lo que decae la potencia en función de la distancia de separación entre los dos puntos indicados anteriormente y la frecuencia utilizada en el sistema.

Estas pérdidas se presentan en la propagación de una onda electromagnética en un medio dieléctrico ideal homogéneo e isotrópico que se puede considerar infinito en todas las direcciones. Este es un modelo ideal, que no existe en la realidad, pero permite conocer las mínimas pérdidas que existen en la propagación. Para calcular dichas pérdidas se consideran dos antenas isotrópicas suspendidas en el entorno libre de obstáculos y separadas una distancia  $d$ , donde una actuará como transmisora y la otra como receptora.

El cálculo de estas pérdidas se realiza con la siguiente ecuación:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

donde:

$L_{bf}$ : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

$d$ : distancia entre transmisor y receptor (km).

La ecuación anterior puede también escribirse en función de la longitud de onda en lugar de la frecuencia:

$$L_{bf} = 20 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)$$

donde:

$f$ : frecuencia (MHz).

$\lambda$ : longitud de onda

$d$  y  $\lambda$  se expresan en las mismas unidades.

#### 7.2.1.1.2. Pérdidas por el Método Okumura Hata

El modelo Okumura-Hata es una fórmula derivada de las curvas de pérdida proporcionadas por Okumura, se utiliza para proporcionar el nivel de atenuación media relativa en espacio

libre, en función de la frecuencia, la distancia entre transmisor y receptor, la altura de las antenas de la estación base y la estación remota, además de varios factores de corrección específicos para diferentes tipos de trayecto. Este modelo está considerado entre los más simples y mejores en términos de su precisión en el cálculo de las pérdidas en el trayecto.

El modelo de Okumura-Hata expresa la pérdida de propagación de la siguiente manera:

$$L_{bf(dB)} = 69,55 + 26,16 * \log f_{(MHz)} - 13,82 * \log h_{t(m)} - a(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_{t(m)}) * \log d_{(Km)}$$

donde:

f: es la frecuencia de la comunicación comprendida entre 400 MHz y 1500 MHz

$h_t$ : es la altura del transmisor (debe estar entre 30m y 200m)

$h_r$ : es la altura del receptor (debe estar ente 1m y 10m)

d: es la separación entre antenas (1 a 20 Km)

$a(h_r)$ : es un factor de corrección que depende de la altura del móvil y que se calcula como sigue:

1) Para áreas urbanas:

a) Para ciudades pequeñas o medianas:

$$a(h_r) = (1,1 * \log f_{(MHz)} - 0,7) * h_{r(m)} - (1,56 * \log f_{(MHz)} - 0,8)$$

donde  $1 \leq h_r \leq 10$  m

b) Para ciudades grandes:

$$a(h_r) = \begin{cases} 8,29 * (\log 1,54h_r)^2 - 1,1 & \rightarrow f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3,2 * (\log 11,75h_r)^2 - 4,97 & \rightarrow f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases}$$

2) Para áreas suburbanas:

$$L_{bf(dB)} = L_{bf(dB)}(urban) - 2 \left( \log \frac{f_{(MHz)}}{28} \right)^2 - 5,4$$

3) Para áreas rurales:

$$L_{bf(dB)} = L_{bf(dB)}(urban) - 4,78 * \log(f)^2 + 18,33 * \log f - 40,94$$

De manera general, este método de cálculo proporciona buenos resultados en entornos urbanos y suburbanos, pero no así en áreas rurales, ya que no tiene en cuenta la ondulación del terreno ni los efectos derivados del grado de urbanización a lo largo del trayecto.

### 7.2.1.1.3. Pérdidas por el Método COST231-Hata

El modelo COST231-Hata nació con el fin de tener mejor correspondencia con las curvas de Okumura en el rango de 1500 a 2000 MHz, esto para lo que fue la implementación del sistema GSM1800 en Europa.

Este modelo posee un comportamiento similar al de Okumura-Hata en un área urbana, sin embargo, cuando el estudio se lleva a cabo en un área abierta o suburbana, el modelo Hata se desvía mucho más que el modelo COST231.

Las pérdidas de propagación por medio del método COST-231 se calculan de la siguiente manera:

$$L_{bf(dB)} = 46,3 + 33,9 * \log f_{(MHz)} - 13,82 * \log h_{t(m)} - a(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_{t(m)}) * \log d_{(Km)} + C_m$$

donde:

f: es la frecuencia de la comunicación comprendida entre 1500 MHz y 2000 MHz

h<sub>t</sub>: es la altura del transmisor (debe estar entre 30m y 200m)

h<sub>r</sub>: es la altura del receptor (debe estar ente 1m y 10m)

d: es la separación entre antenas (1 a 20 Km)

C<sub>m</sub>: factor de corrección que depende de la geografía

Ciudad media o suburbana: C<sub>m</sub>=0

Ciudad densamente urbana: C<sub>m</sub>=3

a(h<sub>r</sub>): es un factor de corrección que depende de la altura del móvil y que se calcula como sigue:

1) Para áreas urbanas:

a) Para ciudades pequeñas o medianas:

$$a(h_r) = (1,1 * \log f_{(MHz)} - 0,7) * h_{r(m)} - (1,56 * \log f_{(MHz)} - 0,8)$$

donde  $1 \leq h_r \leq 10$  m

b) Para ciudades grandes:

$$a(h_r) = \begin{cases} 8,29 * (\log 1,54h_r)^2 - 1,1 & \rightarrow f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3,2 * (\log 11,75h_r)^2 - 4,97 & \rightarrow f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases}$$

2) Para áreas suburbanas:

$$L_{bf(dB)} = L_{bf(dB)}(urban) - 2 \left( \log \frac{f_{(MHz)}}{28} \right)^2 - 5,4$$

3) Para áreas rurales:

$$L_{bf(dB)} = L_{bf(dB)}(urban) - 4,78 * \log(f)^2 + 18,33 * \log f - 40,94$$

Es importante mencionar que las recomendaciones de la UIT hacen mención a otros tipos de modelos de propagación en el espacio libre específicos a alguna comunicación, pero en este documento solo se hace mención a estos tres modelos básicos.

#### **7.2.1.2. Difracción por obstáculos con claridad de al menos 60% del radio de la primera zona de Fresnel**

Un enlace punto a punto es aquel que responden a un tipo de arquitectura de red en la que el canal se usa para comunicar únicamente dos nodos. Estos enlaces para aumentar su eficiencia deben poseer línea vista entre los transmisores de cada nodo, donde la línea vista se refiere a la inexistencia de obstáculos en la trayectoria de las ondas electromagnéticas. Los obstáculos en una comunicación pueden producir fenómenos como las multitrayectorias, que son las diferencias de fase en la señal debido a la reflexión y difracción de las ondas, los cuales generan un efecto neto de atenuación o amplificación.

Debido a este y otros efectos, existe una tolerancia en la existencia de obstáculos en una comunicación. Para saber si una comunicación es posible, se debe saber que tanto interfiere el objeto en la línea, donde se incorpora el concepto de las zonas de Fresnel.

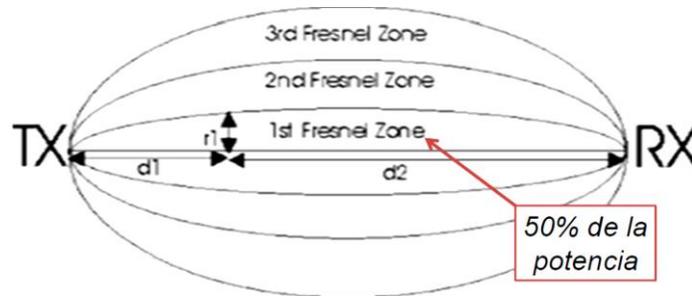
Estas zonas son elipsoides coaxiales alrededor del eje de línea vista entre los puntos de transmisión. Las mismas se especifican empleando números ordinales que corresponden a múltiples medias longitudes de onda que resulta de la diferencia de trayectos generados por fenómenos mencionados anteriormente.

Típicamente la primera zona de Fresnel ( $n=1$ ), determina las pérdidas por obstrucción ya que el 50% de la energía del enlace está contenida dentro de esta. Se recomienda permitir obstrucciones de un máximo del 20%, pero existe una tolerancia de hasta un 40%, por lo tanto, debe asegurarse como mínimo una claridad del 60% del radio de la primera zona de Fresnel para poder establecer la transmisión.

Luego de todo lo anterior, seguidamente se describe la utilización de este método para calcular la altura de los obstáculos máxima permitida para la comunicación según las condiciones del enlace.

#### **7.2.1.1.4. Fresnel con transmisores a la misma altura**

Los elipsoides de Fresnel se muestran en la siguiente figura:

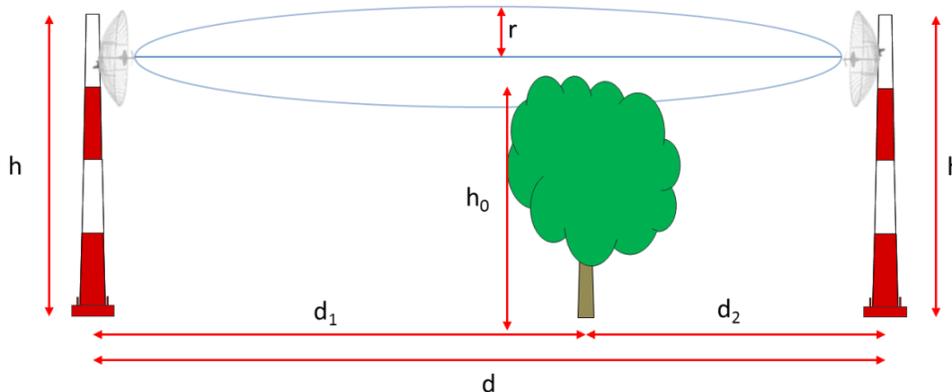


**Figura 39.** Diagrama de los radios de Fresnel.

Para el cálculo de los radios de Fresnel se emplea la siguiente fórmula:

$$r_n = 17,32 \sqrt{\frac{nd_1d_2}{f * (d_1 + d_2)}}; d \text{ en Km, } f \text{ en GHz}$$

donde n es un número entero que caracteriza el elipsoide correspondiente, n = 1 corresponde al primer elipsoide de Fresnel, n = 2 al segundo y así sucesivamente, en cuanto a las otras variables se muestran en la siguiente figura:



**Figura 40.** Diagrama para Fresnel con transmisores a la misma altura.

Para que la comunicación sea efectiva debe cumplirse que la altura del objeto  $h_0$  sea menor a  $h_{o\ max}$  (altura del obstáculo máxima), la cual se calcula de la siguiente manera:

$$h_{o\ max} = h - 0,6r$$

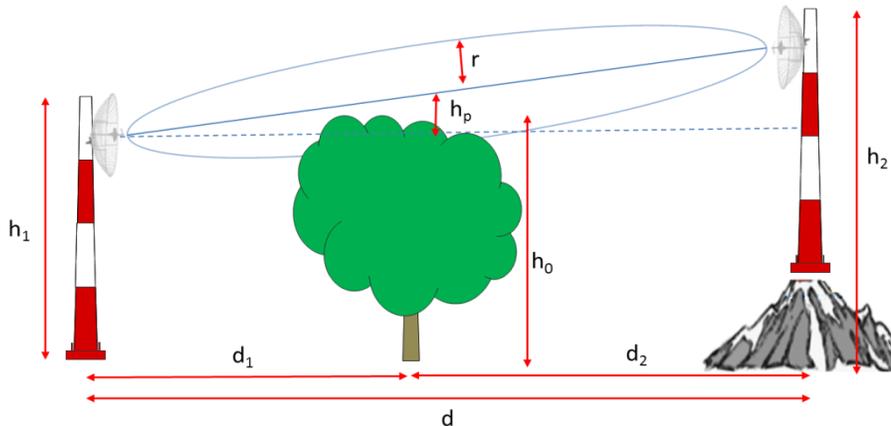
#### 7.2.1.1.5. Fresnel con transmisores a diferente altura.

Para el caso particular en que los transmisores se encuentren a diferente altura, como se muestra en la figura 39, se debe tomar en cuenta que el cálculo de las diferentes variantes se hace como se muestra a continuación:

$$h_{o\ max} = h_1 + h_p - 0,6r$$

$$h_p = \frac{d_1(h_2 - h_1)}{d}$$

Donde las diferentes magnitudes se muestran en la siguiente figura:



**Figura 41.** Diagrama para Fresnel con transmisores a diferente altura.

#### 7.2.1.1.6. Corrección del obstáculo para distancias entre transmisores mayor a 10Km

Si la distancia entre transmisores es mayor a 10 Km se debe hacer una corrección ( $h_c$ ) en la altura del objeto ( $h_o$ ) debido a la refracción atmosférica, esto se realiza de la siguiente manera:

$$h_{c(m)} = \frac{d_1 d_2}{2KR_0}; \text{ } d_1, d_2 \text{ y } R_0 \text{ en Km}$$

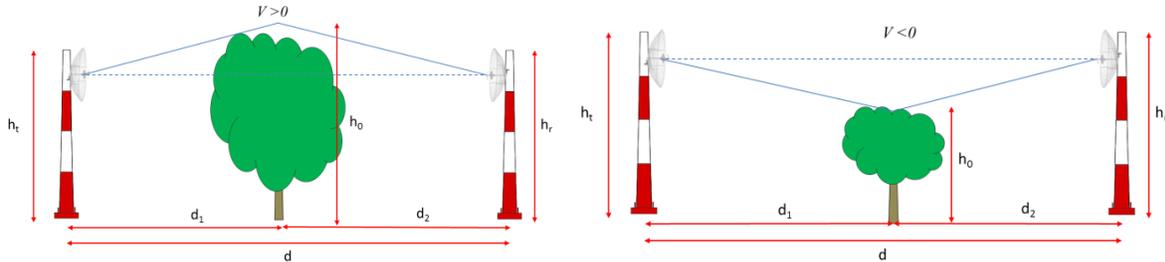
donde

$k=4/3$  en Costa Rica y

$R_0=6370$  Km (radio de la tierra), por lo que la altura que se deberá considerar del objeto es  $h_o + h_c$ .

#### 7.2.1.1.7. Pérdidas por difracción de obstáculos cuando no se posee claridad de al menos el 60% del radio de la primera zona de Fresnel

Para calcular las pérdidas debidas a un obstáculo que obstruya más del 60% del primer radio de la zona de Fresnel, podemos integrar el campo para todas las fuentes secundarias que no son absorbidas por el obstáculo. Podemos distinguir dos casos,  $v > 0$  y  $v \leq 0$ :



**Figura 42.** Diagrama para pérdidas con obstáculos dentro de la zona de Fresnel (<60%).

El cálculo de  $v$  se realiza de la siguiente manera:

$$v = h \sqrt{\frac{2 * (d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

$h = h_0$  para transmisores a la misma altura.

$$h = h_0 - h_t + \frac{d_1 * (h_t - h_r)}{d_2 + d_1} \quad \text{para transmisores a diferente altura.}$$

Luego que se averigua el valor de  $v$ , se calcula el valor de la pérdida extrayendo el valor de  $x$  del siguiente cuadro:

$$L_d = -20 \log(x)$$

$$x = 1 \quad \text{para } v < -0.8$$

$$x = 0.5 - 0.62v \quad \text{para } -0.8 \leq v < 0$$

$$x = 0.5e^{-0.95v} \quad \text{para } 0 \leq v < 1$$

$$x = 0.4 - \sqrt{0.1184 - (0.38 - 0.1v)^2} \quad \text{para } 1 \leq v \leq 2.4$$

$$x = \frac{0.225}{v} \quad \text{para } 2.4 \leq v$$

### 7.2.1.3. Atenuación por gases (Lg)

Los vapores de agua y de oxígeno no condensados poseen líneas de absorción en la banda de frecuencias de microondas y de ondas milimétricas, causando atenuación en trayectos radioeléctricos terrenales y oblicuos. En concreto, existen frecuencias donde se produce una gran atenuación, separadas por ventanas de transmisión donde la atenuación es mucho menor. En el caso del vapor de agua, se producen fuertes líneas de absorción para longitudes de onda de 1,35 cm, 1,67 mm e inferiores. En el caso del oxígeno, las longitudes de onda de los picos de absorción son 0,5 y 0,25 cm.

La atenuación debida al efecto conjunto de los vapores de agua y oxígeno es aditiva. En aquellas bandas donde los valores de atenuación exceden los 10 dB/km el alcance de las comunicaciones se encuentra enormemente limitado. Pero escogiendo adecuadamente las frecuencias de trabajo es posible obtener niveles de atenuación mucho menor: por ejemplo, a 30 GHz la atenuación es inferior a 0,1 dB/km. Para frecuencias por encima de 300 GHz, en cambio, la atenuación mínima es todavía elevada (6 dB/km o más) e impone una gran restricción en el caso de enlaces terrestres con visión directa.

Para calcular la atenuación causada por los gases y vapores atmosféricos se debe acudir a la Recomendación UIT-R P.676. En este documento se indica que la atenuación de la señal radioeléctrica por efecto de los gases,  $L_g$ , puede calcularse como:

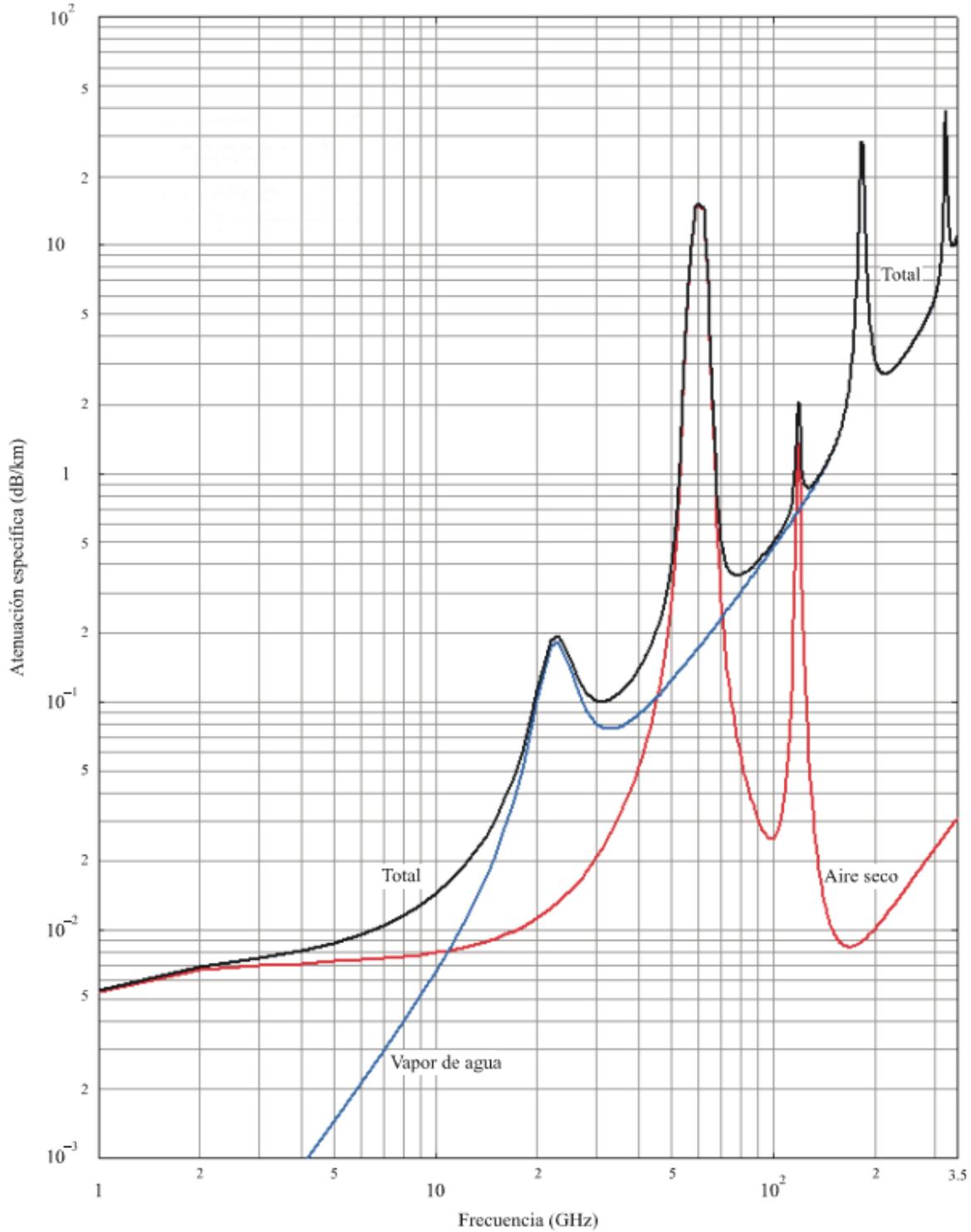
$$L_g = \gamma_g d$$

donde  $\gamma_g$  es la atenuación específica total en dB/km (vapor de agua y aire seco), obtenida de una gráfica como la mostrada en la figura 36, y  $d$  es la longitud del trayecto radioeléctrico en km.

Para frecuencias por debajo de 10 GHz, la atenuación suele ser despreciable. Sin embargo, a frecuencias milimétricas empieza a ser importante, y en especial para una frecuencia de 60 GHz, donde la molécula de oxígeno presenta un pico de absorción (atenuación específica de unos 15 dB/km). No obstante, la banda de 60 GHz todavía encuentra aplicaciones especializadas, gracias a que las longitudes de onda cortas posibilitan el uso de antenas de alta ganancia muy compactas que compensan en parte las pérdidas introducidas, se dispone de un mayor ancho de banda para la transmisión de datos y se reduce el alcance de las interferencias, permitiendo incluso la instalación de sistemas privados de corto alcance en entornos “*indoor*” (dentro de edificaciones).

La figura 41 muestra la atenuación específica de 1 a 350 GHz a nivel del mar para aire seco y para vapor de agua con una densidad de 7,5 g/m<sup>3</sup>. Asimismo, es importante indicar que se debe considerar para realizar cálculos de atenuación por gases, la gráfica resultante de color negro, la cual corresponde a un promedio de los valores de las gráficas de aire seco y vapor de agua.

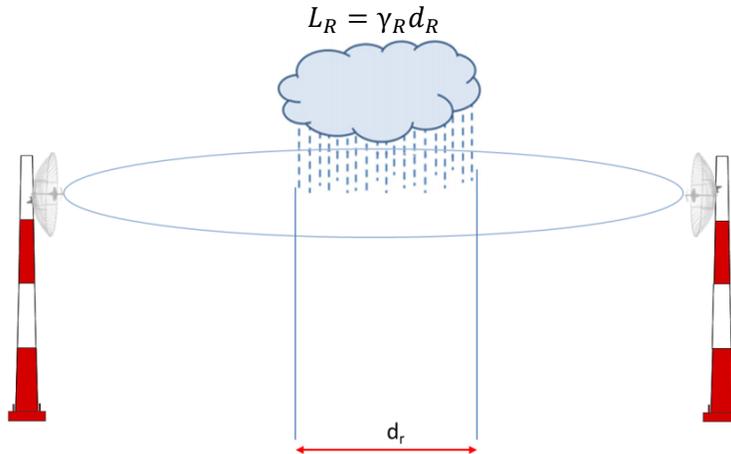
**Atenuación específica debida a los gases**



**Figura 43.** Gráfica para cálculo de atenuación específica.

### 7.2.1.4. Atenuación por lluvia (Lr)

La atenuación real por lluvia con un porcentaje de indisponibilidad del 0.01% (valor típico), se obtiene a partir de la atenuación específica  $\gamma_R$  (dB/km) y la distancia del tramo de extensión de la lluvia  $d_R$ :



**Figura 44.** Diagrama para atenuación por lluvia.

La atenuación específica  $\gamma_R$  (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de la lluvia  $R$  (mm/h) mediante la ley potencial:

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

Los valores de los coeficientes  $k$  y  $\alpha$  se determinan en función de la frecuencia,  $f$  (GHz), en la gama de 1 a 1000 GHz, y en función del tipo de polarización utilizada (vertical u horizontal).

A continuación, se detallan los valores de los coeficientes  $k$  y  $\alpha$  en función de la frecuencia y el tipo de polarización, según lo indicado en la Recomendación UIT-R P.838:

**Tabla 5.** Tabla para los valore de K y  $\alpha$  en función de la frecuencia.

| Frecuencia (GHz) | $k_H$     | $\alpha_H$ | $k_V$     | $\alpha_V$ |
|------------------|-----------|------------|-----------|------------|
| 1                | 0,0000259 | 0,9691     | 0,0000308 | 0,8592     |
| 1,5              | 0,0000443 | 1,0185     | 0,0000574 | 0,8957     |
| 2                | 0,0000847 | 1,0664     | 0,0000998 | 0,9490     |
| 2,5              | 0,0001321 | 1,1209     | 0,0001464 | 1,0085     |
| 3                | 0,0001390 | 1,2322     | 0,0001942 | 1,0688     |
| 3,5              | 0,0001155 | 1,4189     | 0,0002346 | 1,1387     |
| 4                | 0,0001071 | 1,6009     | 0,0002461 | 1,2476     |
| 4,5              | 0,0001340 | 1,6948     | 0,0002347 | 1,3987     |
| 5                | 0,0002162 | 1,6969     | 0,0002428 | 1,5317     |
| 5,5              | 0,0003909 | 1,6499     | 0,0003115 | 1,5882     |
| 6                | 0,0007056 | 1,5900     | 0,0004878 | 1,5728     |
| 7                | 0,001915  | 1,4810     | 0,001425  | 1,4745     |
| 8                | 0,004115  | 1,3905     | 0,003450  | 1,3797     |

| Frecuencia (GHz) | $k_H$    | $\alpha_H$ | $k_V$    | $\alpha_V$ |
|------------------|----------|------------|----------|------------|
| 9                | 0,007535 | 1,3155     | 0,006691 | 1,2895     |
| 10               | 0,01217  | 1,2571     | 0,01129  | 1,2156     |
| 11               | 0,01772  | 1,2140     | 0,01731  | 1,1617     |
| 12               | 0,02386  | 1,1825     | 0,02455  | 1,1216     |
| 13               | 0,03041  | 1,1586     | 0,03266  | 1,0901     |
| 14               | 0,03738  | 1,1396     | 0,04126  | 1,0646     |
| 15               | 0,04481  | 1,1233     | 0,05008  | 1,0440     |
| 16               | 0,05282  | 1,1086     | 0,05899  | 1,0273     |
| 17               | 0,06146  | 1,0949     | 0,06797  | 1,0137     |
| 18               | 0,07078  | 1,0818     | 0,07708  | 1,0025     |
| 19               | 0,08084  | 1,0691     | 0,08642  | 0,9930     |
| 20               | 0,09164  | 1,0568     | 0,09611  | 0,9847     |
| 21               | 0,1032   | 1,0447     | 0,1063   | 0,9771     |
| 22               | 0,1155   | 1,0329     | 0,1170   | 0,9700     |
| 23               | 0,1286   | 1,0214     | 0,1284   | 0,9630     |
| 24               | 0,1425   | 1,0101     | 0,1404   | 0,9561     |
| 25               | 0,1571   | 0,9991     | 0,1533   | 0,9491     |
| 26               | 0,1724   | 0,9884     | 0,1669   | 0,9421     |
| 27               | 0,1884   | 0,9780     | 0,1813   | 0,9349     |
| 28               | 0,2051   | 0,9679     | 0,1964   | 0,9277     |
| 29               | 0,2224   | 0,9580     | 0,2124   | 0,9203     |
| 30               | 0,2403   | 0,9485     | 0,2291   | 0,9129     |
| 31               | 0,2588   | 0,9392     | 0,2465   | 0,9055     |
| 32               | 0,2778   | 0,9302     | 0,2646   | 0,8981     |
| 33               | 0,2972   | 0,9214     | 0,2833   | 0,8907     |
| 34               | 0,3171   | 0,9129     | 0,3026   | 0,8834     |
| 35               | 0,3374   | 0,9047     | 0,3224   | 0,8761     |
| 36               | 0,3580   | 0,8967     | 0,3427   | 0,8690     |
| 37               | 0,3789   | 0,8890     | 0,3633   | 0,8621     |
| 38               | 0,4001   | 0,8816     | 0,3844   | 0,8552     |
| 39               | 0,4215   | 0,8743     | 0,4058   | 0,8486     |
| 40               | 0,4431   | 0,8673     | 0,4274   | 0,8421     |
| 41               | 0,4647   | 0,8605     | 0,4492   | 0,8357     |
| 42               | 0,4865   | 0,8539     | 0,4712   | 0,8296     |
| 43               | 0,5084   | 0,8476     | 0,4932   | 0,8236     |
| 44               | 0,5302   | 0,8414     | 0,5153   | 0,8179     |
| 45               | 0,5521   | 0,8355     | 0,5375   | 0,8123     |
| 46               | 0,5738   | 0,8297     | 0,5596   | 0,8069     |
| 47               | 0,5956   | 0,8241     | 0,5817   | 0,8017     |
| 48               | 0,6172   | 0,8187     | 0,6037   | 0,7967     |
| 49               | 0,6386   | 0,8134     | 0,6255   | 0,7918     |
| 50               | 0,6600   | 0,8084     | 0,6472   | 0,7871     |
| 51               | 0,6811   | 0,8034     | 0,6687   | 0,7826     |
| 52               | 0,7020   | 0,7987     | 0,6901   | 0,7783     |
| 53               | 0,7228   | 0,7941     | 0,7112   | 0,7741     |
| 54               | 0,7433   | 0,7896     | 0,7321   | 0,7700     |
| 55               | 0,7635   | 0,7853     | 0,7527   | 0,7661     |
| 56               | 0,7835   | 0,7811     | 0,7730   | 0,7623     |
| 57               | 0,8032   | 0,7771     | 0,7931   | 0,7587     |
| 58               | 0,8226   | 0,7731     | 0,8129   | 0,7552     |
| 59               | 0,8418   | 0,7693     | 0,8324   | 0,7518     |
| 60               | 0,8606   | 0,7656     | 0,8515   | 0,7486     |

| Frecuencia (GHz) | $k_H$  | $\alpha_H$ | $k_V$  | $\alpha_V$ |
|------------------|--------|------------|--------|------------|
| 61               | 0,8791 | 0,7621     | 0,8704 | 0,7454     |
| 62               | 0,8974 | 0,7586     | 0,8889 | 0,7424     |
| 63               | 0,9153 | 0,7552     | 0,9071 | 0,7395     |
| 64               | 0,9328 | 0,7520     | 0,9250 | 0,7366     |
| 65               | 0,9501 | 0,7488     | 0,9425 | 0,7339     |
| 66               | 0,9670 | 0,7458     | 0,9598 | 0,7313     |
| 67               | 0,9836 | 0,7428     | 0,9767 | 0,7287     |
| 68               | 0,9999 | 0,7400     | 0,9932 | 0,7262     |
| 69               | 1,0159 | 0,7372     | 1,0094 | 0,7238     |
| 70               | 1,0315 | 0,7345     | 1,0253 | 0,7215     |
| 71               | 1,0468 | 0,7318     | 1,0409 | 0,7193     |
| 72               | 1,0618 | 0,7293     | 1,0561 | 0,7171     |
| 73               | 1,0764 | 0,7268     | 1,0711 | 0,7150     |
| 74               | 1,0908 | 0,7244     | 1,0857 | 0,7130     |
| 75               | 1,1048 | 0,7221     | 1,1000 | 0,7110     |
| 76               | 1,1185 | 0,7199     | 1,1139 | 0,7091     |
| 77               | 1,1320 | 0,7177     | 1,1276 | 0,7073     |
| 78               | 1,1451 | 0,7156     | 1,1410 | 0,7055     |
| 79               | 1,1579 | 0,7135     | 1,1541 | 0,7038     |
| 80               | 1,1704 | 0,7115     | 1,1668 | 0,7021     |
| 81               | 1,1827 | 0,7096     | 1,1793 | 0,7004     |
| 82               | 1,1946 | 0,7077     | 1,1915 | 0,6988     |
| 83               | 1,2063 | 0,7058     | 1,2034 | 0,6973     |
| 84               | 1,2177 | 0,7040     | 1,2151 | 0,6958     |
| 85               | 1,2289 | 0,7023     | 1,2265 | 0,6943     |
| 86               | 1,2398 | 0,7006     | 1,2376 | 0,6929     |
| 87               | 1,2504 | 0,6990     | 1,2484 | 0,6915     |
| 88               | 1,2607 | 0,6974     | 1,2590 | 0,6902     |
| 89               | 1,2708 | 0,6959     | 1,2694 | 0,6889     |
| 90               | 1,2807 | 0,6944     | 1,2795 | 0,6876     |
| 91               | 1,2903 | 0,6929     | 1,2893 | 0,6864     |
| 92               | 1,2997 | 0,6915     | 1,2989 | 0,6852     |
| 93               | 1,3089 | 0,6901     | 1,3083 | 0,6840     |
| 94               | 1,3179 | 0,6888     | 1,3175 | 0,6828     |
| 95               | 1,3266 | 0,6875     | 1,3265 | 0,6817     |
| 96               | 1,3351 | 0,6862     | 1,3352 | 0,6806     |
| 97               | 1,3434 | 0,6850     | 1,3437 | 0,6796     |
| 98               | 1,3515 | 0,6838     | 1,3520 | 0,6785     |
| 99               | 1,3594 | 0,6826     | 1,3601 | 0,6775     |
| 100              | 1,3671 | 0,6815     | 1,3680 | 0,6765     |
| 120              | 1,4866 | 0,6640     | 1,4911 | 0,6609     |
| 150              | 1,5823 | 0,6494     | 1,5896 | 0,6466     |
| 200              | 1,6378 | 0,6382     | 1,6443 | 0,6343     |
| 300              | 1,6286 | 0,6296     | 1,6286 | 0,6262     |
| 400              | 1,5860 | 0,6262     | 1,5820 | 0,6256     |
| 500              | 1,5418 | 0,6253     | 1,5366 | 0,6272     |
| 600              | 1,5013 | 0,6262     | 1,4967 | 0,6293     |
| 700              | 1,4654 | 0,6284     | 1,4622 | 0,6315     |
| 800              | 1,4335 | 0,6315     | 1,4321 | 0,6334     |
| 900              | 1,4050 | 0,6353     | 1,4056 | 0,6351     |
| 1 000            | 1,3795 | 0,6396     | 1,3822 | 0,6365     |

### 7.2.1.5. Intensidad de campo eléctrico

Ampliando lo mencionado, con respecto a la intensidad de campo, en secciones anteriores, el siguiente apartado muestra como calcular la intensidad de campo de dos maneras diferentes.

#### 7.2.1.1.8. Método básico

En el caso de un solo transmisor que brinde servicio a varios receptores distribuidos al azar (radiodifusión, servicio móvil), se calcula el campo en un punto situado a una cierta distancia del transmisor mediante la relación siguiente:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d}$$

donde:

$e$ : intensidad de campo eficaz (V/m)

$p$ : potencia isotrópica radiada equivalente (P.I.R.E.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W).

$d$ : distancia del transmisor al punto considerado (m).

Se sustituye a menudo la ecuación anterior por la ecuación la siguiente ecuación, en la que se emplean unidades prácticas:

$$e_{mV/m} = 173 \frac{\sqrt{p_{kW}}}{d_{km}}$$

#### 7.2.1.1.9. Método Okumura Hata

El método de Okamura Hata se describe de la siguiente manera:

$$E = 69,82 - 6,16 * \log f + 13,82 * \log H_1 + a(H_2) - (44,9 - 6,55 \log H_1) * (\log d)^b$$

donde:

$E$ : intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)) para una Potencia Radiada Aparente (P.R.A) de 1 KW  
 $f$ : frecuencia (MHz)

$H_1$ : altura efectiva de la antena de la estación base por encima del suelo (m) dentro de un rango de 30 a 200 m

$H_2$ : altura de la antena de la estación móvil por encima del suelo (m) dentro de un rango de 1 a 10 m

$d$ : distancia entre el transmisor y el receptor (Km)

$a(H_2)$ :  $(1,1 * \log f_{(MHz)} - 0,7) * H_2 - (1,56 * \log f_{(MHz)} - 0,8)$

$b$ : 1 para  $d \leq 20$  Km.

b:  $1 + (0,14 + 0,000187 * f_{(MHZ)} + 0,00107 * H'_1) * (\log[0,05 * d])^{0,8}$  , para  $d > 20$  Km  
donde:

$$H'_1 = \frac{H_1}{\sqrt{1 + 0,000007 * H_1^2}}$$

### 7.3. Recomendaciones UIT sobre la operación del servicio de radioaficionados

Esta información se considera como un insumo de motivación para que los aspirantes a radioaficionados, que no poseen un trasfondo académico en temas relacionados a la ingeniería, puedan ampliar sus conocimientos en el área de las radiocomunicaciones.

Asimismo, la SUTEL considera que cualquier persona que utilice el espectro debe tener conocimientos mínimos generales sobre las radiocomunicaciones, especialmente por tratarse de recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). No obstante, es necesario señalar que el contenido en esta sección no será parte de los temas evaluados en la prueba teórica para la obtención de un permiso de licencia de radioaficionados y/o banda ciudadana.

Los contenidos que son de utilidad según lo descrito anteriormente son las recomendaciones UIT-R M.1544 sobre las “Calificaciones mínimas de los radioaficionados” y la UIT-R M.1740 sobre la “Guía para la aplicación de textos del UIT-R relacionados con los servicios de aficionados y de aficionados por satélite”.

Asimismo, la recomendación UIT-R M.1740 toma en cuenta otras recomendaciones útiles para la actividad de los radioaficionados, las cuales se enlistan a continuación: UIT-R M.1172, UIT-R M.1041, UIT-R M.1042, UIT-R M.1043, UIT-R M.1044, UIT-R M.1544, UIT-R M.1677, UIT-R M.1732.

### 7.4. Ética y Procedimientos Operativos para el Radioaficionado (IARU)

En adición a las recomendaciones y material desarrollado en el presente manual, se insta la lectura del documento “*Ética y Procedimientos Operativos para el Radioaficionado*” de la IARU-R2 en su última edición. Dicho documento realiza un análisis profundo de la correcta forma de operar de un radioaficionado e incursiona acerca de temas de interés general procurando el uso eficiente del espectro por parte de los autorizados para su explotación.

Esta referencia se encuentra en el sitio WEB oficial de la IARU (<http://www.iaru-r2.org>).