Análisis de las Normas Técnicas y Regulaciones que Rigen a las Estaciones de Radiocomunicación

B. López[1] J.C. Aviles[1]
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computacion[1]
Escuela Superior Politécnica del Litoral[1]
Km. 30.5 vía Perimetral, 28003, Guayaquil, Ecuador[1]
bbolivarlopez@hotmail.com[1]

Resumen

El presente documento facilita la revisión de las normas técnicas y regulaciones que rigen a las estaciones de radiocomunicaciones y establece recomendaciones aplicables en el país.

Para el cumplimiento del objetivo planteado, la elaboración de este trabajo se lo ha dividido en varios capítulos y una sección de recomendaciones que se considera proveerán una mejor regulación para nuestra región y más específicamente para el Ecuador.

Primeramente se trata las definiciones y conceptos generales que son utilizados en radiocomunicaciones, es decir en la transmisión de información mediante la propagación de las ondas radioeléctricas a través de la atmosfera y el espacio.

Seguidamente se efectúa un estudio de las diferentes regiones en que se ha dividido la superficie terrestre para hacer las asignaciones de servicios en las diferentes bandas de frecuencias, así como también de los efectos atmosféricos (troposfera e ionosfera) en la propagación de las radiocomunicaciones.
Específicamente se revisa las diferentes asignaciones de las bandas de frecuencias para la región 2, de acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC.).

Finalmente se realiza un estudio de las características, regulaciones y otros temas adicionales relacionados con la propagación de las ondas radioeléctricas, tales la como atenuación por lluvias, ionización de las capas altas y radiación solar, usados en la provisión de los servicios de Radiocomunicación.

Palabras Claves: Normas, Regulaciones, Asignación Frecuencias, Radiocomunicación

Abstract

This document provides a review of technical standards and regulations governing radio stations and provides recommendations applicable in the country.

To fulfill the stated objective, the development of this work has been divided into several chapters and a section of recommendations that would provide a better regulation for our regions and more specifically for Ecuador.

At first, a rewiew of the definitions and general concepts that are used in radio communication is addressed, that is, the transmission of information through the propagation of radio waves in the atmosphere and space.

Later, a study is performed about the different regions in which the earth's surface have been divided in order to make allocations of services in different frequency bands, as well as the atmospheric effects (troposphere and ionosphere) on the radio wave propagation. Specifically, a review is developed on the different allocations of frequency bands for region 2, according to the International Telecommunication Union (ITU) and the Federal Communications Commission (FCC).

Finally, a study is achieved on the characteristics, additional regulations and other issues associated with the propagation of radio waves, such as rain attenuation, ionization of the upper and solar radiation, used in providing radio communication services.

Keywords: Standards, Regulations, Frequency Allocation, Radio

1. Introducción

La necesidad de disponer de un documento en el cual se pueda determinar fácilmente los diferentes tipos de servicios y de estaciones de Radiocomunicaciones, así como también presentar las asignaciones de las bandas de frecuencias para los diferentes servicios de Radiocomunicación en las diferentes regiones de la superficie terrestre efectuados por varios organismos; y exponer el estudio de la atmosfera como medio de propagación de las ondas de radio, junto con sus características que establecen condiciones para dicha asignación a los diferentes servicios, ha permitido la recopilación y el análisis de la información emitida por diferentes organizaciones internacionales (UIT, FCC) con el objetivo de generar un conjunto de recomendaciones que ayuden a tener una regulación más eficiente para el despliegue de las estaciones de radiocomunicaciones en el país.

2. Desarrollo

Se revisan las características de las diferentes capas y sus efectos sobre la propagación en las bandas de frecuencias, así como de las regiones en que se ha dividido la superficie terrestre para efectuar las asignaciones de las bandas de frecuencias usadas en los diferentes servicios de radiocomunicaciones y un resumen de las características técnicas de los equipos de Radiocomunicación.

2.1. Estudio de la atmosfera, de las asignaciones de las bandas de frecuencia y de las regiones en que se ha dividido la superficie terrestre.

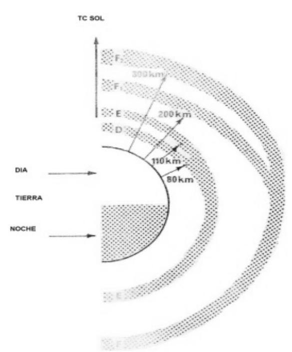

Fig 1. Las capas atmosféricas

2.1.1. Estudio de la Atmosfera.

La atmosfera está compuesta de varias capas o plasmas (figura 1) las cuales contienen una combinación inespecífica de partículas, gases, polvo, etc., que influyen en la propagación de las ondas de radio, debido a diferentes grados de reflexión y refracción que provocan variaciones en la potencia o atenuación en la recepción (figuras 2, 3, 4).

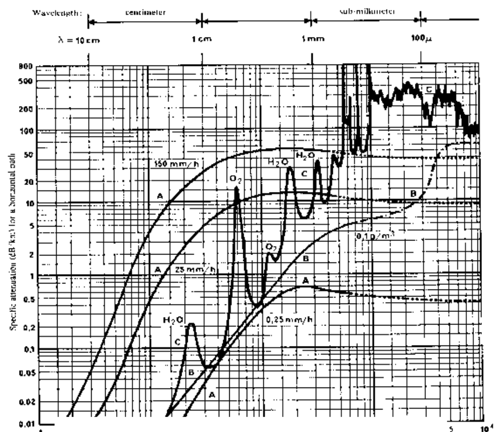

Figura 2. Atenuación debido a gases

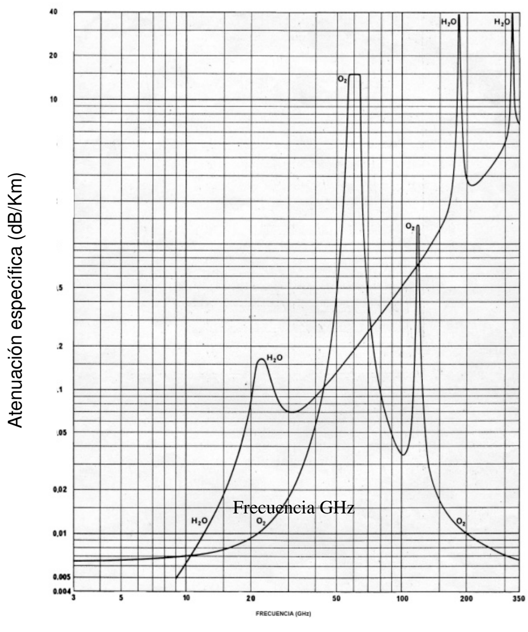

Figura 3. Atenuación específica debido a gases atmosféricos

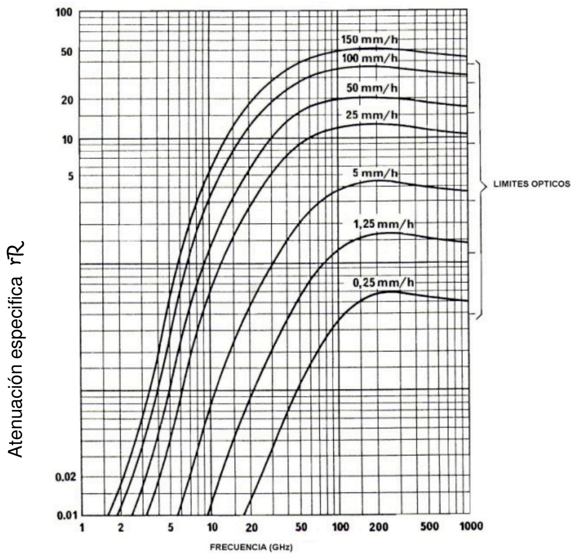

Figura 4 Atenuación Específica

La principal fuente de ionización en la ionosfera es la radiación electromagnética del sol; otras fuentes de ionización también importantes se generan a partir de los rayos cósmicos galácticos.

La razón de ionización en varias altitudes depende de la intensidad de la radiación solar como una función de la longitud de onda y de ionización de gases atmosféricos.

Una señal de Radio Tierra-Espacio a frecuencias entre 20 MHz a 10 GHz que penetra en la ionosfera es modificada por el medio debido a la presencia de electrones y del campo magnético terrestre, produciendo una variación de la densidad electrónica. Así como también la señal de radio será afectada por los efectos troposféricos. Estas variaciones en la señal de radio son:

- Centelleo
- Absorción
- Variación en la dirección de arribo
- Dispersión
- Cambio de Frecuencia
- Rotación de Polarización

El hombre puede alterar el estado de la atmosfera superior, pudiendo causar disturbios ionosféricos. Los tres tipos de disturbios inducidos por el hombre son:

- Calentamiento de la ionosfera, por las altas potencias de las ondas de radio.
- Variaciones de los componentes químicos de la atmosfera.
- Detonaciones nucleares a grandes altitudes.

Los efectos de las grandes altitudes ionosféricas sobre las funciones de los sistemas de comunicación son los siguientes:

- Electrones con gran energía del orden de los 20 KeV y protones con energía de alrededor de los 10 MeV penetran la región “D” y crean una ionización extra, incrementando la absorción de las ondas de radio HF.
- Electrones con energía de alrededor de los 10 KeV penetran la región “E” y crean capas reflectoras.
- Electrones con energía de alrededor de 50 a 500 KeV penetran en la región “F” y producen un incremento irregular en la densidad electrónica.
- Pequeñas irregularidades en la región “F” polar que disipan las ondas de radio HF y causan centelleo de las señales trans ionoféricas en altas frecuencias. Estas irregularidades se presentan tanto debido a la precipitación de electrones con alta energía en varios lugares o a la inestabilidad del plasma.
- El arrastre horizontal de ionización debido a los campos electromagnetosféricos en la

región “F”, donde el tiempo de recombinación es grande.

- Los campos eléctro magnetosfericos producidos por la ionización en la aurora que incrementa las irregularidades en la región “E”, los mismos que disipan la energía de las ondas de radio en las bandas HF, VHF y UHF.
- Error en la posición angular aparente de una fuente de radio en una ionosfera normal. A una altitud constante entre 300 y 1000 Km, para un ángulo de elevación entre 3º y 5º a 100 MHz se afecta en un máximo valor de unos pocos mili radianes y decrece con incrementos de altitud e incrementos en el ángulo de elevación, siendo inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia y varia constantemente con cambios en el contenido electrónico.

La tabla 1 estima valores máximos para los efectos ionosfericos a una frecuencia de 1 GHz.

Efectos	Magnitud	Dependencia de la Frecuencia
Retardos de Propagación	0.25****	$1/f^2$
Refracción	<0.17 mili radianes	$1/f^2$
Variación en el Angulo de arriba	0.2 arc	$1/f^2$
Absorción (capa polar)	0.4 dB	$\sim 1/f^2$
Absorción (Aural + capa polar	0.05 dB	$\sim 1/f^2$
Absorción (latitudes médias)	<0.01 dB	$1/f^2$
Dispersión	0.4 ns/MH3	$1/f^2$

Tabla 1

2.1.2. Asignaciones de las bandas de frecuencia:

Las asignaciones de las bandas de frecuencias se la pueden hacer de diferentes formas, así como por ejemplo la asignación hecha en la siguiente tabla 2.

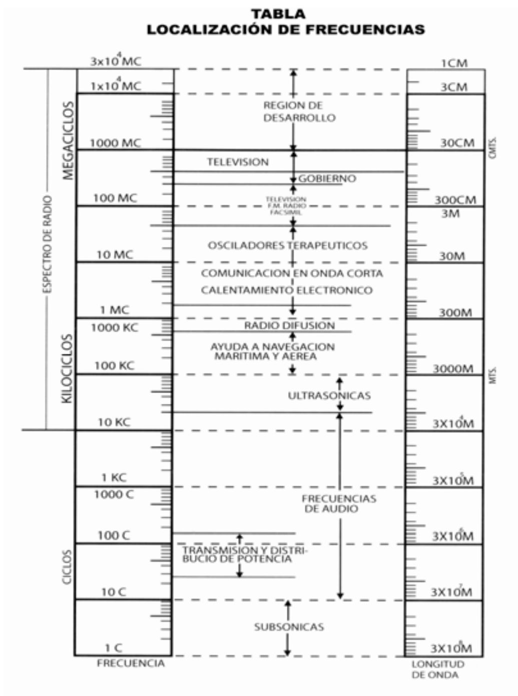

Tabla 2. Cuadro de localización de frecuencias

La Comisión Federal de Comunicaciones (F.C.C.) hace asignaciones de bandas de frecuencias para los servicios de radiocomunicación en los E.E.U.U. Estas asignaciones se las realizado de acuerdo a los tipos de servicios, es decir que para un mismo tipo de servicio se puede encontrar varias bandas de frecuencias.

El Ecuador para sus asignaciones de bandas de frecuencias en los diferentes servicios de radiocomunicación se basa en el reglamento de radiocomunicaciones[11], el cual está basado en las regulaciones de la U.I.T.

2.1.3 Regiones y Zonas. Para la asignación de las bandas de frecuencias, la U.I.T. ha dividido al mundo en tres regiones (figura 5) luego de recopilar muchos estudios que consideran los variados y complejos problemas de la propagación de las ondas espaciales y terrestres. Las ondas espaciales no están sujetas a las variaciones ni a las modificaciones de las condiciones atmosféricas, mientras que las ondas terrestres sufren notables variaciones por los factores atmosféricos.

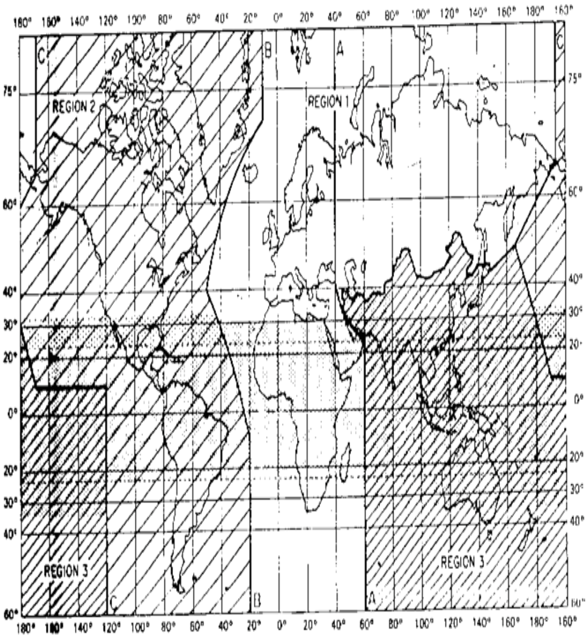

Figura 5. División geográfica en regiones

2.2. Estudio de las características técnicas de los equipos de los servicios de Radiocomunicación.

2.2.1. Servicio móvil aeronáutico: Los servicios móviles aeronáuticos se estudian en forma general ya que no existe acceso libre a esta información por seguridad nacional; específicamente se realiza una revisión de las interferencias perjudiciales y de los factores que influyen en las mediciones del ruido de la señal interferente.

a) Interferencia Perjudicial:

Definición de la U.I.T. sobre "Interferencia Perjudicial": Es una interferencia que compromete el funcionamiento de los servicios de radionavegación o de otros servicios de seguridad, seriamente degradando, obstruyendo o frecuentemente interrumpiendo el servicio de radiocomunicación.

No existe una relación inherente entre el criterio de protección aeronáutico y aquellos criterios que son apropiados en los servicios de seguridad de fuentes no aeronáuticas. Cada fuente potencial no aeronáutica de interferencia perjudicial requiere consideraciones individuales.

Un aspecto importante del estudio de las interferencias perjudiciales lo constituye la determinación del criterio desde fuentes no aeronáuticas.

Las siguientes fuentes externas de emisiones y radiaciones son conocidas como causa de interferencia perjudicial en los servicios aeronáuticos:

- Radiodifusión: LF/MF, VHF, FM;
- Sistemas de distribución de cables;
- Sistemas de distribución de líneas de potencia;

- Equipos: Médicos, Industriales y científicos;
- Osciladores locales, emisiones desde equipos domésticos electrónicos.

Criterios de seguridad en la aviación:
Un principio de seguridad en aviación es la asignación estadística de los criterios de funcionamiento y razones de fallas. Las estadísticas de "razones de fallas" pueden ser usadas como criterios de protección por algunas administraciones de aviación civil en la comunidad aeronáutica internacional.

Criterios de protección:

- Los sistemas de tráfico aéreo involucran una separación entre los vuelos de aeronaves en ruta que son diseñados para reducir la posibilidad de colisionar a un nivel no mayor de 2 en 10^7 vuelos;

- En varias administraciones de aviación civil se requiere de la certificación de las aeronaves que tengan equipos de aterrizajes automáticos y sistemas de control (en cada nave) que estadísticamente obtienen una razón de falla no mayor de 1 en 10^8 aterrizajes.

b) Factores que influyen en las mediciones de ruido de la señal interferente:

- Las condiciones para la medición de la intensidad de campo de la señal interferente tienen que ser estables.
- Mediciones de errores sistemáticos y al azar resultan de: errores en instrumentos, calibraciones de fuentes, error en pruebas y procedimientos de medición.
- Una lista de parámetros de mediciones de ruido y técnicas usadas se detallan a continuación:
- Voltaje promedio (Vpromedio);
- Voltaje RMS (Vrms);
- Voltaje pico (Vp);
- Factores efectivos de ruido de antena (Fa);
    - Distribución probabilística de amplitud;
    - Distribución de amplitud de ruido;
- Una simple razón de protección cubriendo todas las fuentes de ruido en bandas de frecuencias fijas no es posible.
- Para la protección de los servicios aeronáuticos de seguridad no se pueden usar las razones de protección basadas en mediciones de intensidad de campo tomadas a un nivel cercano a la tierra, ya que estas no son detectadas por monitoreo en tierra.
- La protección de los sistemas de radiocomunicación y navegación puede ser mejorada por una combinación de criterios de protección.

2.2.2. Servicios móviles terrestres: Se dará un resumen de las características técnicas de equipos de banda lateral única en las bandas MF y HF de los servicios móviles terrestres radiotelefónicos.

- **Características en general:**
    - La clase de emisión J3E será utilizada.
    - Estaciones de bases móviles usaran la banda lateral superior.
    - La frecuencia asignada será de 1400 Hz más alta que la frecuencia de la portadora.
    - En sistemas móviles privados la banda de la frecuencia de audio es de 350 – 270 Hz. Para sistemas que pueden ser conectados a la red telefónica pública la banda de la frecuencia de audio puede ser incrementada a 300 – 3400 Hz.

Características en transmisores:

- La tolerancia de la frecuencia de la portadora será ± 100 Hz. Para periodos cortos del orden de los

15 minutos la máxima desviación será ± 40Hz.

- Los transmisores pueden tener emisiones con portadora suprimida.
- Las emisiones J3E, tendrán una potencia de la portadora de por lo menos 40 dB debajo de la potencia de salida.

Características en receptores:

- La sensitividad total calculada como el ruido, mas distorsión de ruido, mas la razón de distorsión, en la entrada del receptor no será mayor a -131 dBW;
- La estabilidad de la frecuencia será de ± 100 Hz;
- Las emisiones no deseadas sobre alguna frecuencia discreta no excede los 2 nW;
- La razón de rechazo de las respuestas espúreas no puede ser menor de 60 dB. La tabla 3 presenta los errores de frecuencias de algunas portadoras de emisión:

Tabla 3

	BANDAS DE FRECUENCIAS					
	35 MHz	80 MHz	160 MHz	300 MHz	450 MHz	900 MHz
Espaciamiento de canal [KHz]	KHz	KHz	KHz	KHz	KHz	KHz
20; 25 y 30	0.7	1.6	1.6	2.1	2.25	2.7
12,5	-	1.0	1.3	-	1.35	-

2.2.3. Servicio móvil marítimo: Las características técnicas de equipo de radiotelefonía VHF operando en el servicio móvil marítimo, con canales espaciados por 25 KHz son las siguientes:

Características generales:

- La clase de emisión será F3E/G3E
- El ancho de banda necesario será de 16 KHz
- Se asume una modulación de una sola fase.
- Las emisiones serán polarizadas verticalmente en la fuente

Características en transmisores:

- La potencia de la portadora para las estaciones costeras normalmente no excederá los 50 W.
- La potencia de la portadora de los transmisores de las estaciones de embarcación no excede los 25 W.
- La desviación de la frecuencia no excederá los ± 5 KHz
- El límite superior de la frecuencia de audio no excede los 3 KHz

Características en receptores:

- La sensitividad referencial puede ser igual a, o menor que 2.0 V
- La selectividad del canal adyacente puede ser menor de 70 dB.

En la tabla 4 se muestra potencia de sobre pico [W].

Tabla 4

Clases de emision	Tipo de receptor	Potencia de sobre píco [W] equivalente a la señal referencial. Con una intensidad de modulación de: 70%	100%
A3E	BLD	43.4	60
A3E	BLU	86.7	120
H3E	BLD	49.7	83.2
R3E	BLU	5.9	10.6
J3E	BLU	3.7	7.5
H3E	BLU	21.7	30.0

3. Conclusiones y recomendaciones:

En los variados y complejos problemas de las ondas terrestres y espaciales en lo que respecta a las influencias de las condiciones atmosféricas, se tienen que considerar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- En lo que respecta a las diferentes regiones en que se ha dividido la superficie terrestre, para efectuar las distintas asignaciones de bandas de frecuencias, la U.I.T. establece:

Que se divide al mundo en tres regiones separadas por líneas imaginarias A, B, C.

- Las principales fuentes de ionización en la ionosfera son la radiación electromagnética desde el sol y los rayos cósmicos. La razón de ionización en varias altitudes dependen de la intensidad de la radiación como una función de la longitud de onda y de la ionización de los gases atmosféricos.

  Una señal de radio que penetre en la ionosfera es modificada por el medio debido a la presencia de electrones y del campo magnético terrestre, produciendo centelleo, absorción, variación en la dirección de arribo, dispersión, cambios de frecuencias y rotación de polarización. El hombre también puede cambiar el estado de la atmosfera superior por medio de las altas potencias de las emisiones de radio, activación de sustancias químicas en la atmosfera y por medio de detonaciones nucleares.

En las estaciones radiodifusoras comerciales instaladas en el país, se deben de considerar las siguientes recomendaciones:

En amplitud modulada AM:

- Asignar las frecuencias con una separación de 10 KHz tomando como base las frecuencias de la portadora.
- No se asignaran por ningún concepto frecuencias que no sean múltiplo de 10, partiendo desde las 540 hasta los 1600 KHz.
- Los transmisores de las estaciones radiodifusoras comerciales AM se ubicaran fuera del límite urbano de la ciudad.
- Las frecuencias correspondientes entre las 540 y 1000 KHz se asignaran solamente para estaciones de alta potencias
- Las frecuencias entre 1000 KHz y 1600 KHz se las asignaran a estaciones de baja potencia.

En frecuencia modulada FM:

- Adoptar la distribución de frecuencias vigente en los E.E.U.U. para las estaciones de frecuencia modulada (FM). Las estaciones FM pueden ser de aplicación comercial y cultural. Los transmisores pueden instalarse en el perímetro urbano.
- El gobierno Ecuatoriano deberá reservarse por lo menos dos frecuencias para que sean utilizadas por el ministerio de educación y además reservar el canal correspondiente a la frecuencia 89.1 MHz para la radio nacional.

Para estaciones T.V:

- En lo relacionado a los canales de TV también es necesario adoptar la distribución vigente en los E.E.U.U ya que de este modo se dispondrán de 82 canales con una anchura de banda de 6 MHz cada uno. La frecuencia de la portadora de video es siempre 1.25 MHz sobre el límite inferior del canal.

  La portadora de sonido debe estar 4.5 MHz sobre la de imagen o sea 0.25 MHz bajo el límite superior del canal. La máxima desviación permitida para la portadora de video y de sonido es de 25 KHz.
- En la misma ciudad no se podrá dar concesiones de canales adyacentes. En el caso de conceder canales adyacentes las estaciones deben encontrarse

separados por lo menos 120 Km. Para poder asignar un mismo canal debe existir una separación mínima de 240 Km entre estaciones.

- El gobierno Ecuatoriano debe reservar por lo menos dos (2) canales de tv; uno destinado para la tv nacional y el otro destinado a fines netamente culturales y educativos. Estos dos canales antes mencionados deben tener estaciones repetidoras para cubrir todo el territorio Ecuatoriano.

Recomendaciones adicionales para las estaciones de radiodifusión:

- Dos estaciones de VHF operando en el mismo canal tienen que estar separados por lo menos entre 272 Kms a 352 Km dependiendo de la localización
- En las asignaciones de canales adyacentes VHF, por lo menos 96 Km de separación son requeridos entre las estaciones.
- Estaciones sobre un mismo canal en la gama de UHF deben estar separadas por lo menos entre 248 Km a 328 Km, mientras que para canales adyacentes la separación requerida es de por lo menos 88 Km.
- Para estaciones de radiodifusión de 50 vatios o menos de potencia de cresta de la envolvente de imagen que opere en la banda 29.7 MHz a 100 MHz, la tolerancia es de 2000 Hz.
- Para estaciones de radiodifusión de 100 vatios o menos de potencia de cresta de la envolvente de imagen que operan en la banda100 MHz a 960 MHz. y cuya señal de entrada procede de otras estaciones de tv. o que presten servicio a pequeñas comunidades aisladas, se aplica una tolerancia de 2000 Hz
- Para transmisores cuya potencia media es de 50 vatios o menos y que funcionan en la parte de la banda por debajo de 108 MHz, se aplica una tolerancia de 3000 Hz.
- La potencia de operación de una Estación radiodifusora FM tiene una tolerancia del 5% sobre y el 10% bajo de su potencia autorizada.
- La transmisión de imágenes requiere circuitos con buenas respuestas a medias y altas frecuencias.
- En una estación de T.V. la potencia de operación de los transmisores de sonido y de video tienen que ser mantenidas tan cerca como sea posible de la potencia autorizada y no debe exceder del límite del 10 % sobre y 20 % bajo de su potencia autorizada, excepto en casos de emergencias
- En un canal de T.V la tolerancia para la sección de video es de 1000 Hz con respecto a frecuencia de la portadora asignada.
- Medios automáticos deben incluirse en el transmisor de imagen para mantener la frecuencia de la portadora dentro de 1 KHz de la frecuencia autorizada.
- La localización de la estación no debe causar interferencia con otras estaciones en el mismo o en diferentes canales

4. Agradecimiento

Debo expresar mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y mi gratitud al Ingeniero Juan Carlos Avilés director de tesis.

También debo de agradecer a la Dirección Nacional de Frecuencias por su valiosa ayuda.

Un especial agradecimiento a Dios a mi padre, a mi madre y a mi esposa.

5. Referencias

[1] B. López "Análisis de las normas técnicas y regulaciones que rigen a las estaciones de Radiocomunicación" (Tesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1989).

[2] H. Mi Leaf, Editor, Electronica, Volumen VII (México: Limusa, 1980).

[3] H. W. Sam, Reference Data and For Engineers (Fifth Edition New York: International Telephone and Telegraph Corporation, 1965), pp. 8-15.

[4] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reports of the CCIR: Propagation in Ionized Medio, Volume VI (Geneva: Switzerland, 1982).

[5] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reports of the CCIR; Fixed Service At Frequencies Below About 30 MHz, Volume III (Geneva: Switzerland, 1982).

[6] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reports of the CCIR; Space Research and Radio Astronomy, Volume II (Geneva: Switzerland, 1982).

[7] International Telecomunication Union Editores, Recommendation and Reporta of the CCIR; Propagation in Non-Ionized Media, Volume V (Geneva: Switzerland, 1982).

[8] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reporta of the CCIR; Mobile Services, Volume III. (Geneva: Switzerland, 1982).

[8] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reporta of the CCIR; Mobile Services, Volume III. (Geneva: Switzerland, 1982).

[9] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reports of the CCIR; Fixed Service Using Radio Radio-Relay Systems, Volume IX-1 (Geneva: Switzerland, 1980).

[10] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and reports of the CCIR; Broadcasting Service (Sound), Volume X-1 (Geneva: Switzerland, 1982).

[11] International Telecomunication Union, Editores, Recommendation and Reports of the CCIR; Broadcasting Service (Television), Volume XI-1 (Geneva: Switzerland, 1982).

[12] Secretaria General de la Union Internacional de Telecomunicaciones, Reglament de Radiocomunicaciones Resoluciones y Recomendaciones (Edicion de 1968: Suiza: Union Internacional de Telecomunicaciones, 1968), pp. 4-112.