

PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES PARA RADIODIFUSION EN LA
ONDA MEDIA Y ONDAS CORTAS TROPICALES EN EL ECUADOR



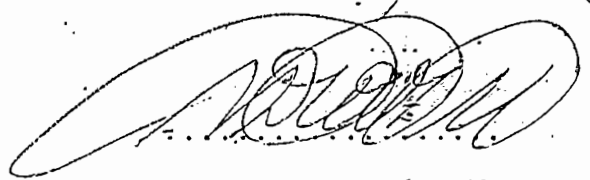
Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en la espe
cialización de Electrónica y Telecomunicaciones de la Escuela
Politécnica Nacional.

MARCELO LASSO GUERRA

9

Certifico que este trabajo ha
sido realizado en su totali-
dad por el Señor.

Marcelo Lasso Guerra.



Ing. Nelson Díaz Moncayo

CONSULTOR DE TESIS.

Quito

Abril de 1.972

Señor Ing. Electricista
Lit. Enero 77

EN MEMORIA DE MI

MADRE

P R O L O G O

Durante mi permanencia como estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, me planteé en varias oportunidades la pregunta; si los profesionales que egresaban de este prestigioso Instituto Técnico superior, al término de sus estudios, salían a cumplir la misión que les estaba encomendada frente al país de acuerdo a sus necesidades, justificando así, las razones que motivaron la creación de la Politécnica.

Esta inquietud, me llevó a escoger el tema que se desarrolla en el presente trabajo, debido a que este campo técnico está todavía incipiente en el Ecuador, a pesar de la influencia que ejerce en todos los órdenes de desarrollo en el país. También se complementa con las primeras investigaciones sobre ciertos parámetros importantes que intervienen en la propagación de las ondas radioeléctricas, base del desarrollo de las Telecomunicaciones. Estos valores determinados como primera aproximación será una aportación para futuras investigaciones en este campo.

La presente tesis, es la culminación del esfuerzo brindado generosamente por una mujer extraordinaria, que supo inculcar en mi persona el más alto sentido de responsabilidad durante todos los años de formación y con su sacrificio siempre tuve el apoyo físico y moral necesario para llegar a-

ser un hombre útil a la sociedad y a mi Patria. Por todo ello, quiero rendir homenaje mediante este modesto trabajo a la memoria de mi querida "MADRE".

Expreso además un agradecimiento especial, a todas y cada una de las personas que de una u otra forma ha hecho factible la realización de la presente tesis.

PROYECTO DE DISTRIBUCION DE CANALES PARA RADIODIFUSION EN LA
ONDA MEDIA Y ONDAS TROPICALES EN EL ECUADOR

INDICE GENERAL

	Página
PROLOGO	IV
<u>Introducción:</u> BREVE ESTUDIO DE LA SITUACION ACUAL DE LA RADIODIFUSION ECUATORIANA	1
<u>Capítulo Primero:</u> BASES TEORICAS PARA LA DISTRIBUCION DEL ESPECTRO EN LAS BANDAS DE ONDA- MEDIA Y CORTAS TROPICALES.	
1.1 Estudio de la propagación de estas banda.	13
1.2 Determinación e influjo del ruido.	57
1.3 Determinación de la intensidad de campo mínimo a protegerse.	65
1.4 Normas y recomendaciones interna - cionales.	69
1.5 Conclusiones.	89
<u>Capítulo Segundo:</u> MEDICIONES A EFECTUARSE	
2.1 Mediciones de la intensidad de cam po de algunas de las estaciones e existentes.	94

2.2	Determinación de la conductividad media en diferentes zonas del país.	106
<u>Capítulo Tercero: PROYECTO DE DISTRIBUCION PARA EL ECUADOR</u>		
3.1	Aplicación de los resultados - obtenidos y los conceptos teóricos de propagación.	123
3.2	Influencia de las emisiones en los países vecinos.	143
3.3	Proyecto.	147
3.4	Consideraciones acerca de la ubicación de las estaciones de comprobación técnica de emisiones.	155
<u>Capítulo Cuarto: RECOMENDACIONES</u>		158

.INTRODUCCION

BREVE ESTUDIO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA RADIODIFUSION

ECUATORIANA.-

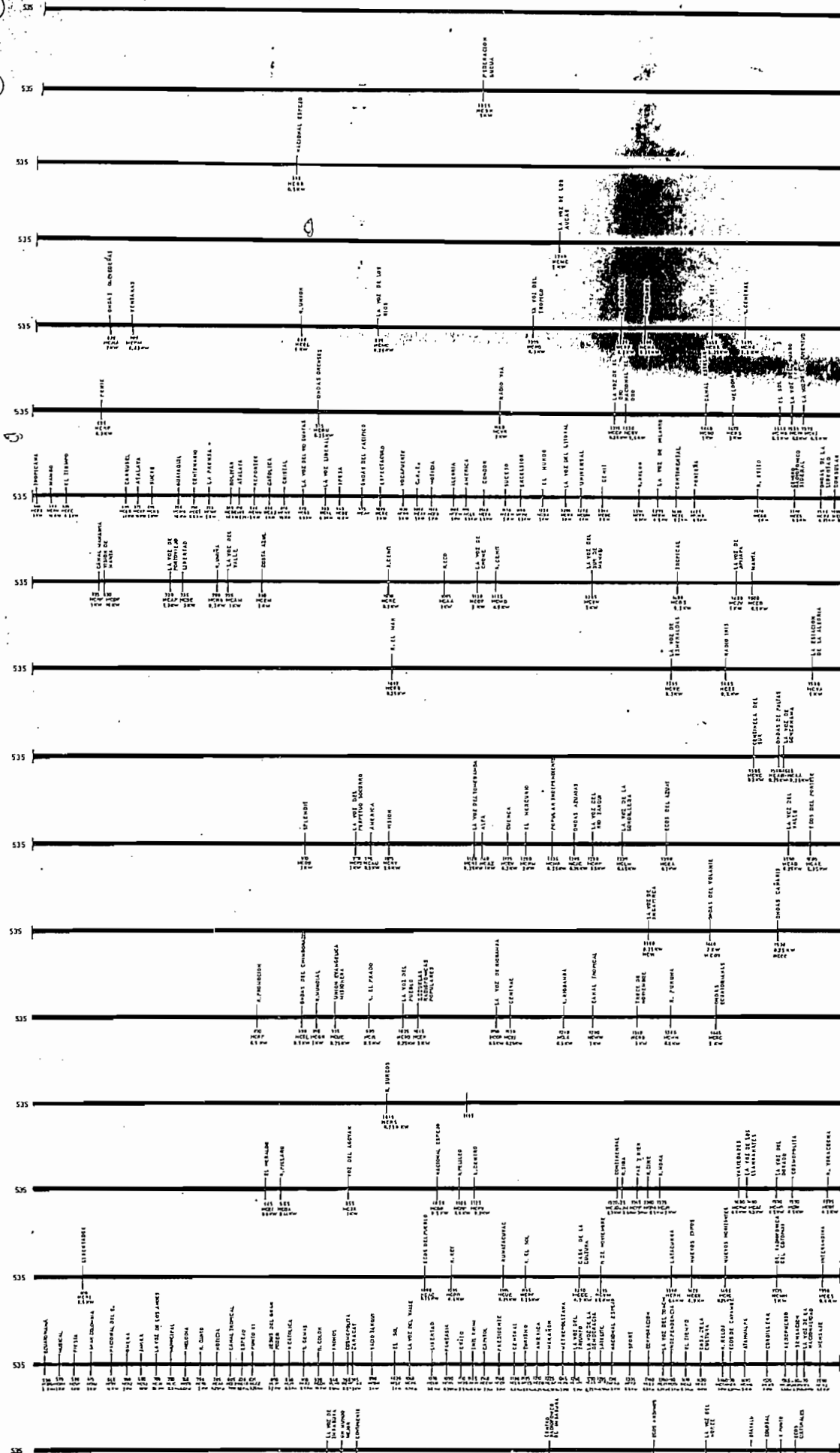
La radiodifusión constituye el mejor medio de información, llega a un mayor número de oyentes con mayor rapidez de la que pueda conseguirse por otro sistema de comunicación. Sabiendo elegir todas las condiciones técnicas en relación a la frecuencia el alcance de la misma es muy grande. En principio las aplicaciones fijadas para la radiodifusión son múltiples, tales como: educativas, informativas, recreativas, comerciales y políticas.

Las bandas asignadas para radiodifusión son: en ondas hectométricas, decamétricas (tropicales e internacionales), métricas y centimétricas para FM y TV. El presente trabajo trata tan solo radiodifusión en las bandas media y cortas tropicales.

La banda media constituye en la actualidad el servicio más congestionado y desorganizado en nuestro país. En el cuadro 0.1 se observa que el número de estaciones o canales concedidos en esta banda corresponden a 212 y van desde los 535 KHz. a 1.605 KHz. Las ciudades de Quito y Guayaquil poseen el 36% del número total de estaciones del país, - 44 Radiodifusoras en la ciudad de Quito y 34 en Guayaquil.

19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2

1605 ZAMORA CHINCHIPE
1605 MORONA SANTIAGO
1605 PASTAZA
1605 NAPO
1605 LOS RIOS
1605 EL ORO
1605 GUAYAS
1605 MANABI
1605 ESMERALDAS
1605 LOJA
1605 AZUAY
1605 CAÑAR
1605 CHIMBORAZO
1605 BOLIVAR
1605 TUNGURAHUA
1605 COTOPAXI
1605 PICHINCHA
1605 IMBABURA



CUADRO NUMERO 0-1

Se observa un excesivo número de estaciones de Radiodifusión en esta banda, la separación correspondiente entre las emisiones adyacentes no corresponde a las recomendaciones internacionales o a un mínimo de protección entre las mismas. Según las normas técnicas existentes para esta clase de servicio se trata siempre de proveer protecciones de posibles interferencias entre canales adyacentes o interferencias producidas por productos de intermodulación. En las ciudades de Guayaquil y Quito se tienen muchos problemas de esta banda por las causas antes anotadas, y en las demás ciudades problemas de menor gravedad.

Para conceder licencias en este servicio no se ha realizado un análisis técnico como lo recomiendan las normas internacionales o el sentido común de la ingeniería en este campo. No se comprobaban el mínimo de datos técnicos y administrativos tales como: la potencia del transmisor el tipo de antena, ubicación de la estación, etc., para ubicar a la emisora en la frecuencia que corresponda a las características indicadas. Según se observa en el cuadro 0.1- no existe un orden en relación a la potencia, pues hay emisoras en la parte baja de la banda media con potencia reducida o en la parte alta de la banda con excesiva potencia.

En la radiodifusión ecuatoriana un gran porcentaje de estaciones emiten sus señales desviadas en relación -

a la frecuencia central asignada, emiten armónicas, y además la potencia que ha sido asignada por el organismo regulador no corresponde a la que en verdad se está utilizando. En las ciudades de Quito y Guayaquil hay una gran cantidad de señales espúreas que producen malestar entre las mismas estaciones de radiodifusión, debido a que dichas estaciones carecen de filtros adecuados para evitar la emisión de armónicas, carecen de un buen blindaje del equipo transmisor, de antenas bien diseñadas para esta clase de servicio y además tienen las instalaciones cercanas unas a otras o dentro del perímetro urbano.

En la actualidad no se dispone de canales libres para ciertos servicios públicos o de bienestar social; sean estos: educacionales, culturales, horarios, para fomento agrícola etc., pudiendo conseguirse estos objetivos con una buena organización de las frecuencias en esta banda de radiodifusión. En los programas regulares de las estaciones no existe un orden específico como en otros países de igual o mayor desarrollo que el nuestro.

Hasta el momento no se han tomado las medidas necesarias para contrarrestar la influencia de emisiones de los países adyacentes en este rango de frecuencias; como es el caso de Colombia, Perú y aún de Venezuela, en las zonas Norte y Sur de nuestro país existen una gran cantidad de señales e

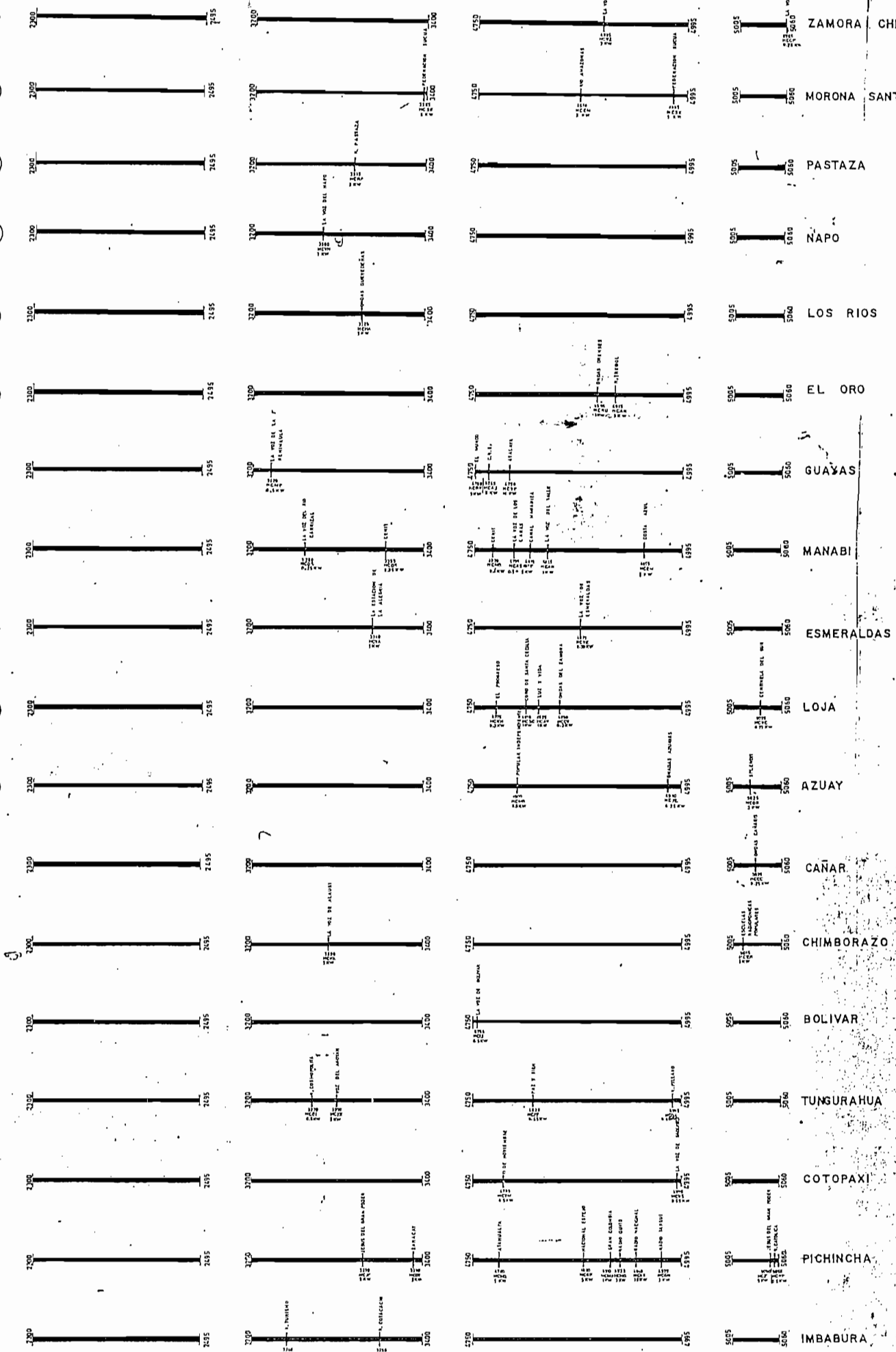
mitidas por estaciones de radiodifusión de los países antes anotados, y en muchos casos estas señales tienen una intensidad de campo eléctrico apreciable, constituyendo esto un problema social, político y de nacionalidad. Al respecto no existen acuerdos regionales con los países vecinos a pesar de que en el año de 1.940 se pensó ya en efectuar estos acuerdos en la reunión celebrada en Santiago de Chile, los cuales no tuvieron el éxito esperado.

En cuanto a la Radiodifusión en la zona tropical se utilizan las recomendaciones de la unión internacional de telecomunicaciones para la asignación de frecuencias, tomando en cuenta que el Ecuador está considerado en la Región-2, para la cual se han determinado las siguientes bandas: - 2.300-2.495 KHz., 4.750-4.995 KHz., 5.005-5.060 KHz. La zona tropical para la Región dos corresponde a toda la zona que se extiende entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, pudiendo extenderse además hasta el paralelo 330 Norte como se indica en la figura 0.1.

Según se puede observar en el cuadro 0.2 existen 53 canales ocupados en las bandas asignadas a Radiodifusión tropical. En la banda de 2.300-2.495 KHz., no existe ninguna concesión para radiodifusión.

La radiodifusión de la zona tropical se le uti

19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2



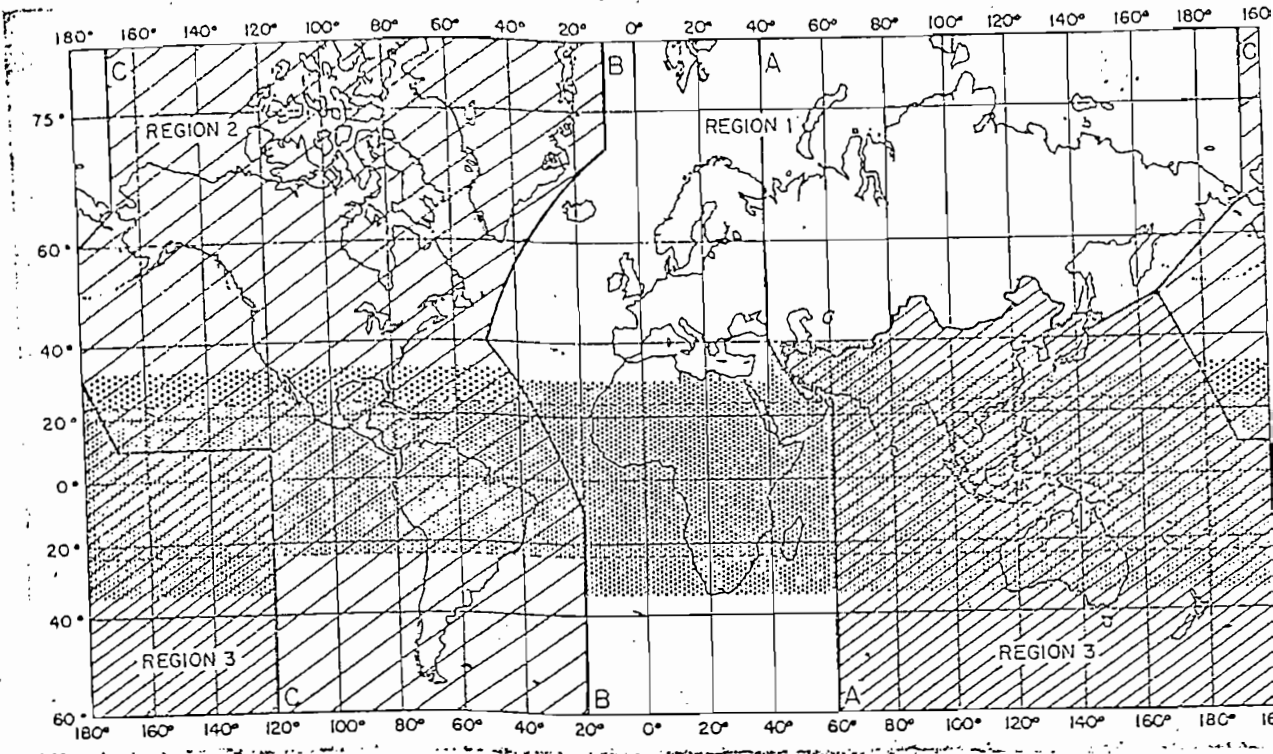


Fig. O.1.- Mapa de las regiones según el Reglamento Internacional de Telecomunicaciones. La parte sombreada representa la zona tropical definida.

liza para uso interno de los países, ya que a causa del alto nivel de parásitos atmosféricos y de las dificultades de propagación, no es posible asegurar económicamente un servicio mejor mediante el empleo de ondas hectométricas o métricas. Según recomienda el Reglamento Internacional, este servicio de radiodifusión tendrá prioridad sobre los demás servicios que comparten estas bandas, no debiendo la potencia de las estacio

nes exceder, del valor que asegura económicamente un servicio de buena calidad dentro de los límites del país que se trata.

En la radiodifusión en la banda media y en la radiodifusión tropical, existen varias razones por las cuales se ha llegado al estado actual en esta clase de servicio. El organismo que administra en nuestro país el espectro de frecuencia, esta bajo la influencia de la política nacional, teniendo el caso que gran porcentaje de canales radiofrecuentes para radiodifusión han sido conseguidos bajo presiones, sin que intervenga en estos casos la técnica adecuada.

La falta de planificación, reglamentación y organización en la radiodifusión ecuatoriana, ha influido notablemente en la situación actual en que se encuentra esta clase de servicio en nuestro país. En los tres últimos años recién se ha comenzado a planificar y reglamentar, tomándose en cuenta el avance social y tecnológico, ya que todos los Reglamentos existentes no cumplen con el objetivo marcado, puesto que fueron elaborados cuando la radiodifusión en el Ecuador era insipiente.

En los años anteriores no se contaba con el personal técnico adecuado en Telecomunicaciones; en la década anterior se inicia la formación de Ingenieros en Electrónica y Telecomunicaciones, a más de un curso para Tecnólogos de

nivel intermedio en Telecomunicaciones. Como consecuencia inmediata, los organismos afines a estas especializaciones ya cuentan con personal calificado, notándose una transformación positiva a corto plazo.

En una encuesta realizada en el año de 1.970 - con el objetivo de conocer el nivel de preparación del personal que trabaja en las estaciones de radiodifusión en todo el país, se encontró una situación alarmante ya que el mayor porcentaje no tenía concluida su preparación secundaria y eran pocos los que alcanzaban un nivel Universitario.

Un gran número de empresarios hacen radiodifusión mirando tan solo el lucro personal y sin cumplir con la misión encomendada a esta clase de servicio. Existen personas que en años anteriores consiguieron varias concesiones en la misma banda, para luego dejar la explotación a terceras personas que formaban la empresa, luego de lo cual tenían que dejarla por no tener la concesión, beneficiando a aquellos que consiguieron inicialmente dichas concesiones. En otros casos vendían el derecho que habían conseguido del Gobierno, sin informar como era su deber al organismo que regula estos servicios.

Del análisis expuesto, se ve la necesidad de efectuar un estudio técnico completo en estas bandas de radio

difusión, que sirva para reglamentar y mejorar los aspectos técnicos en esta clase de servicios y por lo tanto se llegue a una explotación racional del espectro radioeléctrico.

El presente estudio trata de enfocar todos los elementos técnicos necesarios para enrumbar este servicio. Como primer punto se realiza un análisis acerca de la propagación de las ondas electromagnéticas en estas bandas y demás factores que intervienen en la recepción de las señales radiofrecuentes, incluyendose también un estudio de las Recomendaciones Internacionales que se aplicarán en la distribución de los Canales. A continuación y como segundo punto se efectúa la parte experimental, mediante la cual se logra determinar el valor de la Conductividad de la tierra en las diferentes zonas del país y que serán aplicadas en el proyecto a elaborarse en lo relacionado al alcance de la onda de superficie. Como tercera etapa se tiene la aplicación de los dos puntos anteriores en la elaboración del proyecto. Finalmente y como último punto se anotan las recomendaciones necesarias para complementar una exitosa aplicación de este trabajo.

C A P I T U L O I

BASES TEORICAS PARA LA DISTRIBUCION DEL ESPECTRO EN LAS
BANDAS DE ONDA MEDIA Y CORTAS TROPICALES

1.1 ESTUDIO DE LA PROPAGACION EN ESTAS BANDAS

1.1.1 Introducción.- Antes de comenzar el estudio de propagación para las ondas medias y cortas tropicales, es importante el efectuar un breve análisis de la propagación para cualquier gama de frecuencias.

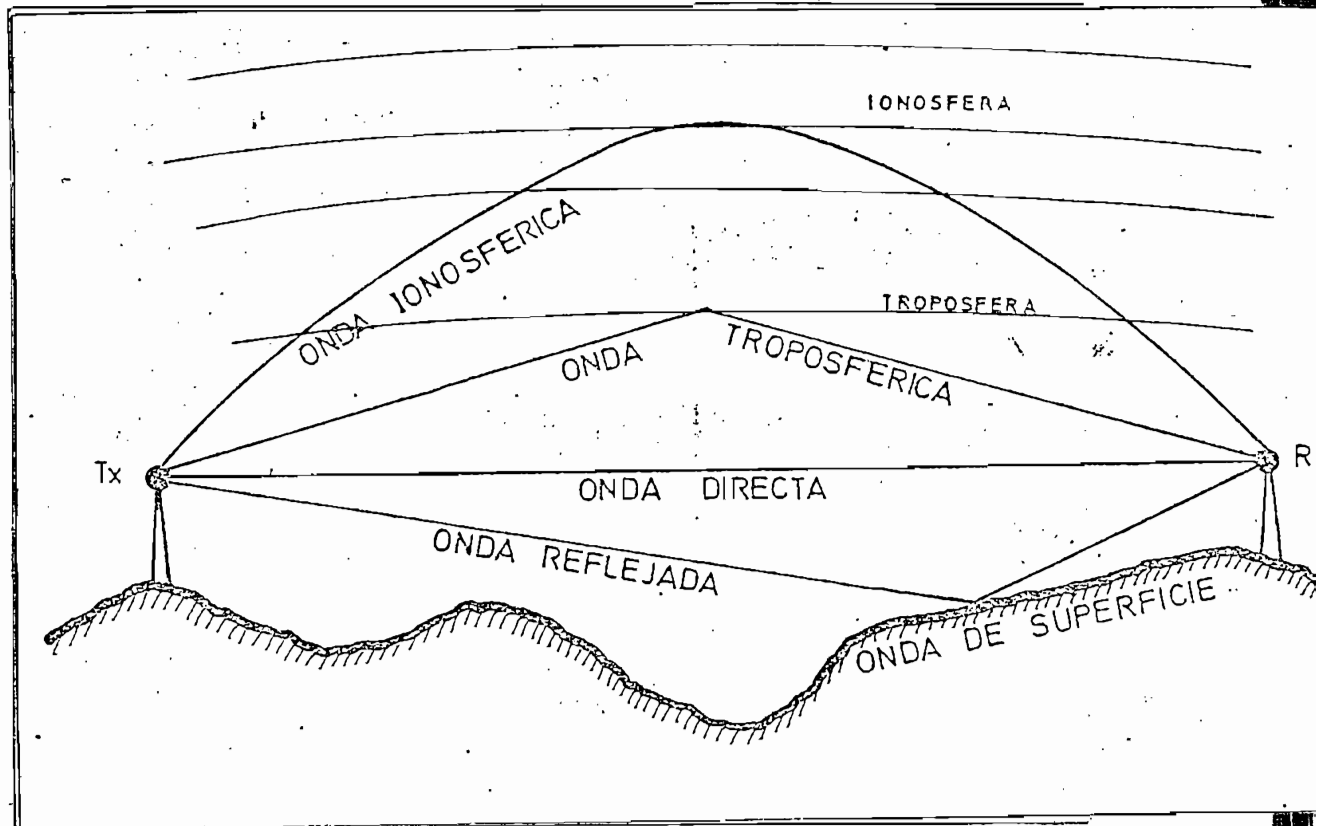


Fig. 1.1 Formas de propagación.

Este estudio, trata de la forma en que las ondas radioeléctricas se transmiten desde una antena transmisora hasta una antena receptora a través del medio que los separa.

Las ondas radioeléctricas están formadas de campos eléctricos y magnéticos, viajando a través del espacio, con una velocidad aproximada a la de la luz. Estas leyes obedecen a las mismas leyes físicas que gobiernan la reflexión y refracción de las ondas luminosas. Ellas están influenciadas durante su recorrido por las capas ionizadas de gas de la atmósfera terrestre, por los campos magnéticos y eléctricos de la tierra y por las propiedades eléctricas del terreno sobre el cual viaja.

La energía radiada desde una antena transmisora puede llegar a una antena receptora por diferentes caminos tal como se ilustra en la figura 1.1.

Entonces de acuerdo a la forma en que se propagan se tiene los siguientes tipos de ondas: ionosféricas, troposféricas y terrestres, estas últimas a su vez se subdividen en ondas directas, reflejadas y superficiales.

La onda ionosférica es aquella que se refleja en la ionósfera, que es la parte de la atmósfera terrestre que rodea la tierra a una altura comprendida entre 60 y 400 Km. por encima de su superficie. La onda troposférica es aquella que se refleja en la tropósfera siendo esta una capa gaseosa situada a 10 Km., de la superficie terrestre y que al sufrir un cambio abrupto en la constante dieléctrica efectiva de la

misma, hacen que se produzca esta reflexión. Las ondas que se propagan de cualquier otra forma se los denomina ondas terrestres y están compuestas por las tres ondas anotadas anteriormente. La onda directa, es aquella que va directamente de la antena transmisora a la receptora. La onda reflejada, es aquella que se refleja en la superficie terrestre antes de llegar a la antena receptora. La onda directa y la reflejada, forman la onda espacial. La onda superficial, es aquella que viaja por la superficie de la tierra, semejante a una onda electromagnética que viaja a través de una línea de transmisión.

La energía radiada, en las diferentes formas que se anotan, es transmitida por medio de una onda transversal, esto es una onda en la cual los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares a la dirección de propagación.

En la figura 2.2 aparecen la relación entre las direcciones del campo eléctrico, magnético, y la dirección de propagación, así como la distribución en el espacio, en un instante de tiempo dado sobre una distancia igual a una longitud de onda. El campo eléctrico, es siempre perpendicular al campo magnético, en el espacio, y ellos están en fase en el tiempo, o sea para un campo magnético máximo en un punto del espacio, el campo eléctrico es un máximo en el mismo instante (Polarización lineal).

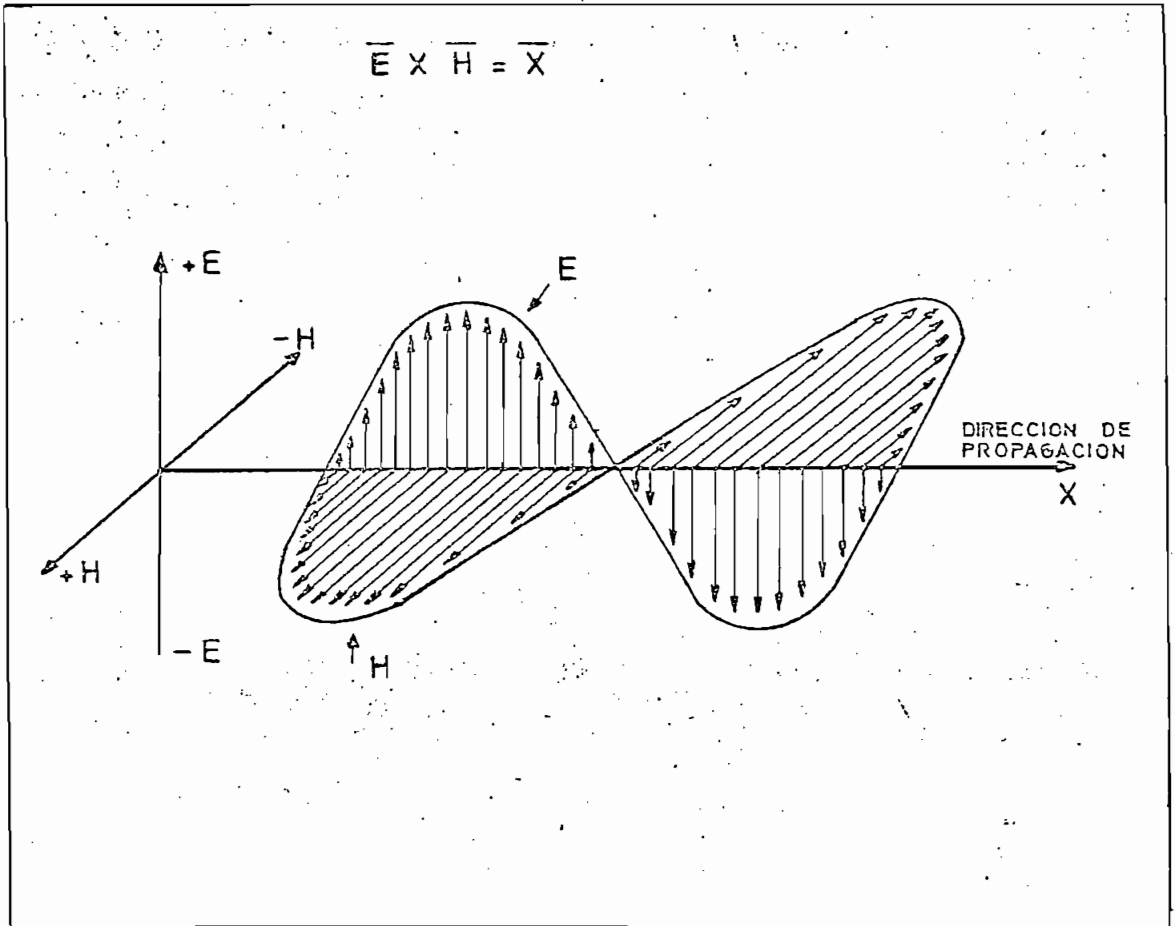


Fig. 1.2 Onda de Radio Plana de Polarización Vertical.

Todas las ondas radioelctricas estn afectadas Por, el desvanecimiento, la absorcin, la reflexin, la refraccin y la dispersin, pero en este caso, tanto su naturaleza - como el grado de efecto depende de la banda de frecuencias- considerada.

1.1.2. Propagacin bajo de los 30 MHz.- La propagacin de una - seal radioelctrica - puede alcanzar su destino mediante uno o ms de las for -

mas de propagación en 1.1.1, pero en cualquier caso y en función principalmente de la banda de frecuencias utilizada, predominará una de ellas.

Las bandas de frecuencia inferiores a 30 MHz. se subdividen en dos sectores de acuerdo a la propagación; - las frecuencias inferiores a 2 MHz., siendo la onda de superficie el principal mecanismo de propagación y de 2 a 30 MHz., - en cuyo caso la onda ionosférica es la que predomina en la propagación.

1.1.3. Onda Terrestre. - La onda terrestre está formada por la onda espacial y la onda superficial, la primera a su vez se divide en ondas directa y reflejada. En la figura 1.3 se puede ver el mecanismo de propagación por onda terrestre.

Somnérfield hace un análisis tomando la radiación desde una antena dipolo vertical y considerando a la tierra plana y conductor finito. [1]

- Las expresiones de campo eléctrico, - tomando las consideraciones anteriores y en coordenadas cilíndricas se indican en las ecuaciones (1.2) y (1.3).

Los números escritos dentro del paréntesis [] , indican las referencias Bibliográficas.

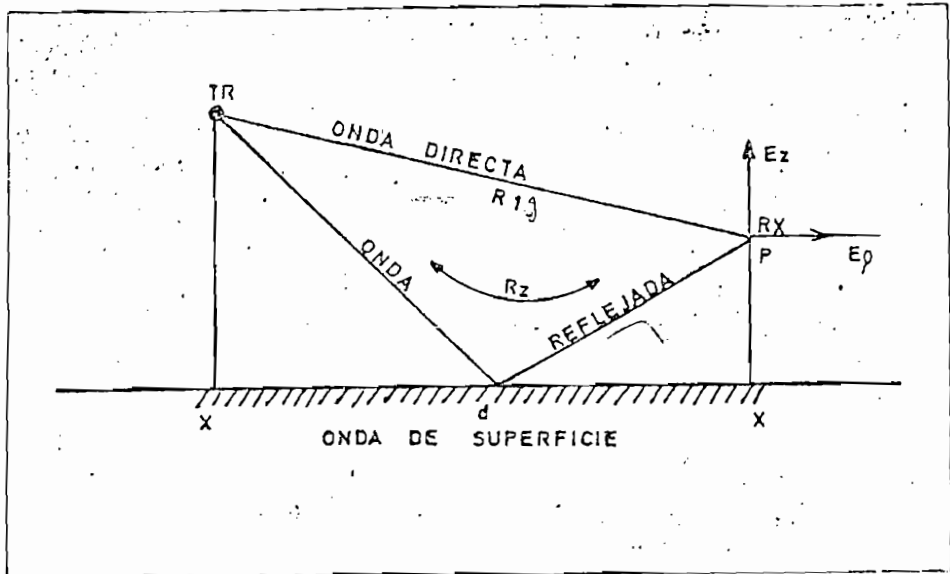


Fig. 1.3. Mecanismo de propagación para onda terrestre considerando a la tierra plana y conductor finito.

En las expresiones (1.2) y (1.3), los términos de grados superiores a $\frac{1}{R_1}$ y $\frac{1}{R_2}$ han sido despreciados, porque P es un punto alejado de la antena transmisora.

$$E_z = j30\beta I dl \left[\cos^2 \psi \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + R_v \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right) + (1 - R_v)(1 - \mu^2 + \mu^4 \cos^2 \psi) F \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right] \quad (1.2)$$

$$E_p = -j30\beta I dl \left[\sin \psi \cos \psi \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + R_v \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right) - \cos \psi (1 - R_v) \mu \sqrt{1 - \mu^2 \cos^2 \psi} F \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \left(1 + \sin^2 \frac{\psi}{2} \right) \right]$$

(1.3)

[1]

en donde

E_z : componente del campo eléctrico en Z.

E_r : componente radial.

F : función de atenuación, que depende de las constantes de la tierra y de la distancia al punto de recepción.

σ : conductividad de la tierra (mho/m)

R_1 : distancia desde el dipolo al punto P. (dir).

R_2 : distancia desde el dipolo al punto P (ref).

ϵ_r : permitividad relativa de la tierra = $\frac{\epsilon}{\epsilon_v}$

β : constante de desplazamiento de fase = $\frac{2\pi}{\lambda}$

R_v : coeficiente de reflexión de la tierra para una onda plana con polarización vertical =

$$= \frac{(\epsilon_r - jx) \sin \psi - \sqrt{(\epsilon_r - jx) - \cos^2 \psi}}{(\epsilon_r - jx) \sin \psi + \sqrt{(\epsilon_r - jx) - \cos^2 \psi}}$$

$$u^2 = \frac{1}{\epsilon_r + jx}$$

$$x = \frac{1.8 \times 10^6 \sigma \text{ mho/m}}{f^2 mc}$$

Las ecuaciones (1.2) y (1.3) están formadas por dos componentes: una que contiene el inverso de las distancias desde el dipolo y su imagen al punto P denominada onda espacial y otra que contiene el factor de atenuación F, que es la onda superficial (denominada onda superficial de Norton).

El campo eléctrico total de la onda espacial, - estará dado por la siguiente expresión:

$$E_{TOTAL} (EIP) = \sqrt{E_z^2 (EIP) + E_P^2 (EIP)} =$$

$$= \sqrt{\left[j30 \beta I dl \cos^2 \psi \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + R_v \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right) \right]^2 + \left[-j30 \beta I dl \sin \psi \cos \psi \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + R_v \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right) \right]^2} =$$

$$= j30 \beta I dl \cos \psi \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + R_v \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right) \sqrt{\sin^2 \psi + \cos^2 \psi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{TOTAL} (EIP) = j30 \beta I dl \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + R_v \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right) \quad (1.4)$$

El campo eléctrico total de la onda de superficie estará dada por:

$$E_{TOTAL} (SUP) = \sqrt{E_z^2 (SUP) + E_P^2 (SUP)} =$$

$$= \sqrt{\left[j30 \beta I dl (1 - R_v) (1 - \mu^2 + \mu^4 \cos^2 \psi) \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right]^2 + \left\{ -j30 \beta I dl \left[-\cos \psi (1 - R_v) \sqrt{1 - \mu^2 \cos^2 \psi} \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} (1 + \sin^2 \frac{\psi}{2}) \right] \right\}^2} =$$

$$= j30 \beta I dl (1 - R_v) \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2}$$

$$\cdot \sqrt{(1 - \mu^2 - \mu^4 \cos^2 \psi)^2 + \cos^2 \psi \mu^2 (1 - \mu^2 \cos^2 \psi) (1 + \sin^2 \frac{\psi}{2})^2}$$

Los términos que contienen μ^4 pueden ser despreciados por ser muy pequeños. Por lo tanto:

$$E_{TOTAL(SUP)} = j30 \beta I d l (1 - R_v) F \frac{-j\beta R_2}{R_2}$$

$$\cdot \sqrt{(1 - 2u^2) + \cos^2 \psi u^2 (1 - u^2 \cos^2 \psi) (1 + \operatorname{sen}^2 \frac{\psi}{2})^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{TOTAL(SUP)} = j30 \beta I d l (1 - R_v) F \frac{-j\beta R_2}{R_2} \quad (1.5)$$

$$\cdot \sqrt{(1 - 2u^2) + \cos^2 \psi u^2 (1 + \operatorname{sen}^2 \frac{\psi}{2})^2}$$

1.1.4 Onda de superficie. - Cuando el dipolo está sobre la superficie de la tierra, la expresión en forma vectorial de la onda de superficie será:

$$E_{TOTAL(SUP)} = E_z(SUP) \bar{k} + E_p(SUP) \bar{r}$$

Siendo \bar{k} y \bar{r} vectores unitarios paralelo y perpendicular respectivamente al dipolo vertical.

Por tanto:
$$E_{TOTAL(SUP)} = j30 \beta I d l (1 - R_v) F \left(\frac{e^{-j\beta R}}{R} \right)$$

$$\cdot \left[\bar{k} (1 - u^2) + \bar{r} \cos \psi (1 - \operatorname{sen}^2 \frac{\psi}{2}) u \sqrt{1 - u^2 \cos^2 \psi} \right] \quad (1.6)$$

R): es la distancia desde el transmisor al punto de recepción.

$$F = 1 + j\sqrt{\pi \omega a^{-\omega}} \operatorname{erfc}(-j\sqrt{\omega})$$

$$\operatorname{erfc}(-j\sqrt{\omega}) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-j\sqrt{\omega}}^{\infty} e^{-v^2} dv$$

$$\omega = \frac{j\beta R u^2 (1 - u^2 \cos^2 \psi)}{2} \left[1 + \frac{\tan \psi}{u \sqrt{1 - u^2 \cos^2 \psi}} \right]$$

La función de atenuación es dependiente de la distancia, de la frecuencia y de las constantes de la tierra por la cual viaja la onda.

En la superficie de la tierra o sea para $\psi = 0$, $|F|$ se lo ha evaluado y se denomina "factor de atenuación" de la onda de tierra A.

$$\begin{aligned} A &= |F| \\ &= \left| 1 + j\sqrt{\pi\omega} \bar{a}^{-\omega} \operatorname{erfc}(-j\sqrt{\omega}) \right|_{\psi=0} \\ &= \left| 1 + j\sqrt{\pi\omega} \bar{a}^{-p} \operatorname{erfc}(-j\sqrt{p}) \right| \end{aligned} \quad (1.7)$$

En donde

$$\psi = 0 \Rightarrow \omega = p \quad \wedge \quad p = p_0 e^{j\delta}$$

p : distancia numérica, que depende de la frecuencia, de la constante de la tierra y de la distancia del punto de recepción al de transmisión = $\frac{\pi R \cos^2 b''}{\lambda x \cos b'}$ $\approx \frac{\pi R \cos b''}{\lambda x}$ (1.8)-

b : constante de fase, que es una medida del ángulo del factor de potencia de la tierra = $(2b'' - b')$ $\approx \tan^{-1} \frac{\epsilon_r + 1}{\chi}$ (1.9)

es proporcional a la distancia y al cuadrado de la frecuencia e inversamente proporcional a la conductividad de la tierra.

$$\bar{b}'' : \text{ángulo del factor de potencia real} = \text{tag}^{-1} \frac{\epsilon_r}{\epsilon_x}$$

$$b' = \text{tag}^{-1} \frac{\epsilon_r - \cos^2 \psi}{x} \approx \text{tag}^{-1} \frac{\epsilon_r - 1}{x}$$

El factor de atenuación A, en función de p y b- se lo puede evaluar gráficamente de la figura 1.4 correspondiente a la fórmula (1.7).

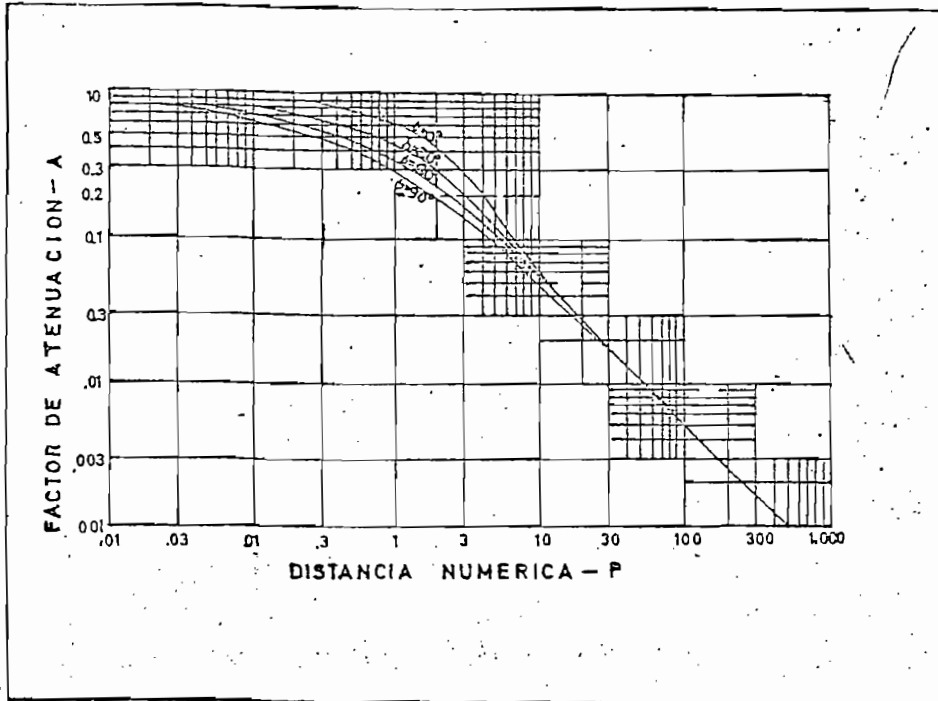


Fig. 1.4 Factor de atenuación de la onda de superficie A

Cuando $x \gg \epsilon_r$, dependiendo de la frecuencia y los valores de conductividad, entonces el ángulo del factor de potencia será cercano a cero y la impedancia de la tierra será principalmente resistiva. Esto corresponde a un terreno de buena conductividad (promedio, ó mejor que el promedio) y a frecuencias de radiodifusión en la banda media.

El valor de A se lo ha podido representar empíricamente por varias fórmulas, tomando en cuenta los valores de b y p, en la práctica se utiliza el método gráfico.

En la práctica para los cálculos se emplea la siguiente expresión, la cual proviene del análisis realizado por Sommerfeld.

$$E = \frac{E_0}{R} A \quad (1.10) \quad [1]$$

En donde

E_0 : intensidad de campo de la onda en la superficie de la tierra a una unidad de distancia de la antena transmisora, despreciando las pérdidas en la tierra.

R : distancia desde el punto de recepción a la antena transmisora.

A : factor de atenuación

Existen valores típicos de E_0 y que proviene de las siguientes consideraciones:

Para un irradiador isotrópico, tomando una distancia suficiente, como para considerar a la onda plana, la densidad de potencia viene dada por:

$$P = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{P_t}{4\pi r^2} \quad (1.11) \quad [1]$$

En donde:

P_t : potencia radiada por la antena.



E : intensidad de campo eléctrico.

r : distancia del transmisor al punto de transmisión, unitario

$$\text{Luego } \frac{E_0^2}{30} = \frac{P_t}{r} \Rightarrow E_0 = \frac{30 P_t}{r}$$

En el estudio que estamos efectuando, las antenas utilizadas son monopolos verticales, por tanto:

$$\text{Luego } \frac{G(\text{MONOPOLO})}{G(\text{ISOTROPICO})} = 3$$
$$E_0 = \frac{\sqrt{3 \times 30 P_t}}{r} = \frac{\sqrt{90 P_t}}{r} \quad (1.12)$$

Un dato de mucha utilidad para el cálculo de la onda de superficie, se obtiene reemplazando en la expresión anterior para potencia de un Kilovatio y una distancia r de un Kilómetro, $\Rightarrow E_0 = 300 \frac{mV}{m.}$

1.1.5. Constantes de la tierra y su relación con las frecuencias y otros factores en la propagación de la onda de superficie.- Los valores de la conductividad y la constante dieléctrica relativa de la tierra, son de gran importancia para los cálculos de la onda de superficie, generalmente son valores promedio en relación a la profundidad de penetración en la cual todavía existe una intensidad apreciable de la onda de superficie. Para las ondas cortas se tiene una profundidad de 1.5 a 3 metros y de 15 o más metros para las ondas medias de radiodifusión. Estas profundidades de penetración

son dependientes a su vez de la conductividad, de la constante dieléctrica y de la frecuencia.

La profundidad de penetración δ , se define como la profundidad en la cual la onda ha sido atenuada a un valor igual a $1/e$, que es aproximadamente un 37% de su valor original. La profundidad de penetración está dada por:

$$\delta = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\omega \sqrt{\frac{\mu \epsilon}{2} (\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 \epsilon^2}} - 1)}} \quad [1]$$

En donde: la conductividad σ , la permeabilidad μ y la constante dieléctrica, son constantes del medio.

Para buenos conductores la profundidad de penetración está dada por:

$$\delta = \frac{1}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \sigma}} \quad (1.13) \quad [1]$$

Para valores bajos de frecuencia, se cumple $\frac{\omega \epsilon}{\sigma} \ll 1$ y la tierra es considerada como un buen conductor, quedando definida δ por la expresión (1.13).

Las constantes de la tierra varían en mayor proporción con el grado de humedad del suelo. La humedad del suelo permanece constante durante todo el año, a profundidades mayores a un metro, la humedad puede aumentar cuando llueve; terminada la lluvia, el curso natural de las aguas y la evaporación en la superficie reducen la humedad a su valor

normal. Sin embargo, en un suelo determinado pueden registrarse variaciones de humedad considerables de un lugar a otro a causa de las diferentes estructuras geológicas generales, cuya consecuencia es un desague más o menos rápido, según sea la estructura.

En general las variaciones de las constantes del terreno no varían propiamente por la naturaleza química del suelo, sino más bien por su capacidad de retención de la humedad. En una zona dada no existen terrenos homogéneos a lo largo de un trayecto determinado, y las constantes equivalentes dependen no solamente de la naturaleza de los suelos que forman la capa superficial, sino también de las capas subyacentes. Estas últimas pueden formar parte del medio que atraviesan las ondas, e incluso tener una influencia indirecta determinando el nivel de las aguas en las capas superiores.

En estudios de laboratorio, han demostrado que hay una variación de las constantes del suelo con la frecuencia, las que dependen en gran medida de su grado de humedad. Sin embargo apreciables variaciones de la conductividad con la frecuencia, solo existen para valores de humedad normalmente bajos.

A continuación se muestra la tabla 1.1, en la que se dan valores de las constantes para diferentes clases de terrenos.

T A B L A 1.1

CONSTANTES DE TERRENOS TIPICOS

TIPO DE TERRENO	ϵ_v	$\sigma = \text{mho/m}$
Agua de mar.	81	4.600×10^{-3}
Agua dulce.	80	$10 \text{ a } 20 \times 10^{-3}$
Tierras de pastoreo, colinas bajas, terrenos fecundos.	20	$5 \text{ a } 10 \times 10^{-3}$
Tierras de pastoreo, colinas medianas, montes.	13	5×10^{-3}
Terrenos rocosos, arenosos.	12	2×10^{-3}
Ciudades, zonas industriales.	5	1×10^{-3}

1.1.6 Propagación por reflexiones en la ionósfera.- la io -

nósfera es la parte de la atmósfera terrestre comprendida entre unos 60 a 400 kilómetros por encima de la superficie de la tierra; está formada por varias capas en estado altamente enrarecido en las mismas que existen libremente iones y electrones, los cuales se originan por efectos de las radiaciones solares, siendo especialmente los rayos ultravioletas y X que al incidir en la atmósfera, producen este efecto físico. Por esta razón las condiciones de la ionósfera varían con las estaciones del año, con el número de manchas solares y con el grado de obscuridad o luz, pero no están in

fluidas por las condiciones climáticas en la superficie.

El número de iones libres en la ionósfera, también dependen de la presión existente en cada nivel de ionización o capas que están formando la ionósfera. Las capas inferiores soportan una presión mayor y la intensidad de ionización es menor, en cambio en las capas superiores la presión de los gases es inferior y por lo tanto hay mayor densidad de iones.

Las capas o principales niveles de ionización que forman la ionósfera son:

CAPA D.- Se encuentra a una altura comprendida entre unos 65 y 85 kilómetros por encima de la superficie terrestre, esta capa solo existe durante el día, por la noche desaparece, en el ocaso se produce una rápida recombinación de las moléculas ionizadas retornando los gases a la condición eléctrica neutra.

CAPA E.- Está comprendida entre 90 y 130 Km. sobre la superficie de la tierra, tiene muy pocas variaciones diurnas y entre estaciones, el nivel de ionización responde a una configuración regular. Esta capa es esencialmente diurna.

CAPA F₁.- Está localizada a una altura comprendida entre 150 y 250 Km. sobre la superficie de la tierra. Existe principalmente en las horas del día y es una capa re

gular diurna. Por la noche se confunde con la capa F₂.

CAPA F₂. - Se encuentra a una altura comprendida entre unos 250 y 400 Km., a la inversa de las capas anteriores tiene considerables cambios durante el día y con las estaciones, también depende de la latitud. Esta capa existe durante el día y la noche y es utilizada principalmente para comunicaciones a larga distancia.

Además se debe anotar que existe un tipo de ionización irregular y no apreciable, el cual es objeto de muchos estudios y ocurre a un nivel igual al de la capa E regular. A esta se la denomina CAPA E esporádica, la misma que puede aparecer y desaparecer en un tiempo de minutos o de varias horas. La presencia de la Capa E esporádica permite a veces realizar la transmisión con frecuencias mucho más elevadas de las que pueden lograrse con las capas regulares.

Las capas no desaparecen abruptamente durante las horas de obscuridad, ya que el tiempo que necesitan para la recombinación varía para cada capa. La velocidad de extinción de la ionización depende de la presión de los gases ionizados. En las capas inferiores en las que la intensidad de ionización es más baja debido a la alta presión que soportan, la recombinación se produce rápidamente, en cambio que las capas más altas, en las que la intensidad de ionización es más elevada, la

recombinación es lenta y pueden subsistir durante las horas de oscuridad.

1.1.7 Mecanismo físico con el que la ionósfera afecta la propagación de las ondas de radio.- La ionósfera posee características diferentes a las del espacio libre, ya que es un dieléctrico que contiene iones y electrones libres. Por tanto los valores de las constantes correspondientes a la ionósfera, serán distintos a los del espacio libre, la constante dieléctrica relativa es menor y la conductividad ya no es igual a 0. Estas constantes están definidas por las siguientes relaciones:

$$\epsilon_r = 1 - \frac{Ne^2}{\epsilon_0 (\nu^2 + \omega^2)} \quad (1.14)$$

$$\sigma = \frac{Ne^2 \nu}{m (\nu^2 + \omega^2)} \quad (1.15)$$

[1]

En donde

N : densidad de electrones o iones por metro cúbico.

m : masa del electrón.

e : carga del electrón.

ν : frecuencia de colisión.

ϵ_r : constante dieléctrica de la ionósfera.

σ : conductividad de la ionósfera.

ϵ_0 : constante dieléctrica del vacío.

Si consideramos un electrón en el vacío despreciando el campo magnético, aparte del débil campo magnético de la onda, el campo eléctrico ejerce una fuerza sobre el electrón que varía sinusoidalmente con el tiempo y hace que el electrón vibre sinusoidalmente en una trayectoria paralela a las líneas de flujo de la onda. Siendo el campo eléctrico de la forma:

$$E = E_0 e^{j\omega t}$$

Por tanto

$$F = E e \tag{1.16}$$

En donde

F : fuerza sobre el electrón.

E : intensidad de campo eléctrico de la onda electromagnética.

Si v es la velocidad instantánea promedio en la dirección del campo eléctrico, y es de la forma:

$$v = v_0 e^{j\omega t}$$

La ecuación de movimiento sería:

$$E e = m \frac{\partial v}{\partial t} \tag{1.17}$$

La onda se propaga con la velocidad de grupo,

la cual está relacionada con la velocidad de fase y la velocidad de la luz. La velocidad de fase de una onda en un medio que tiene pérdidas despreciables está dado por:

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{c}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}}$$

En donde c es la velocidad de la luz en el vacío y usualmente se considera que:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Si se asume que la permeabilidad de la ionósfera no cambia por la presencia de los iones y electrónes, o sea para $\mu_r = 1$, entonces:

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1.18)$$

De la expresión anterior se deduce que la velocidad de fase es mayor que la velocidad de la luz, ya que la constante dieléctrica es menor que la correspondiente al vacío como se puede ver de la ecuación (1.14).

Además la velocidad de grupo es menor que la velocidad de la luz, en la misma medida que la velocidad de la luz lo es con la velocidad de fase, como se tiene en la siguiente relación:

$$v_g = \frac{c^2}{v_p} \quad (1.19)$$

La desviación de la trayectoria de la onda, alejándose de la zona de mayor densidad de electrones, se debe a que el frente de onda que se encuentra en la zona de mayor densidad electrónica tiene mayor velocidad, y en consecuencia, avanza más rápidamente, desviando así la trayectoria hacia la zona de menos densidad. Al mismo tiempo, la velocidad de grupo resulta progresivamente menor que la velocidad de la luz, por cuanto la velocidad de fase resulta progresivamente mayor. Es así que a medida que aumenta la densidad electrónica, la verdadera velocidad con que se propaga la energía resulta menor.

Como la carga en movimiento es una corriente eléctrica, cuya densidad está dada por:

$$i = Nev \quad (1.20)$$

El electrón de vibración actúa como una pequeña antena que sustrae energía de la onda de radio y luego vuelve a irradiar esta energía con una fase distinta.

En estas condiciones, el efecto inmediato sobre la zona ionizada es el de alterar la dirección en que circula la energía resultante, en tal forma que hay una gran debilidad electrónica hacia la zona de menos densidad. La magnitud de este efecto varía con la amplitud y la velocidad de los electrones en vibración, en consecuencia, resulta progresivamente

creciente a medida que la frecuencia de la onda disminuye. - los iones existentes en la trayectoria de la onda actúan en forma muy parecida a la de los electrónes, pero debido a su mayor masa, los iones se mueven mucho más lentamente que los electrónes bajo la influencia de la misma fuerza, y en consecuencia, tienen efectos que en comparación son despreciables.

1.1.8 Reflexión y Refracción.- La onda electromagnética, toma una trayectoria semejante a la que se observa en la figura 1.5 al incidir en la ionósfera.

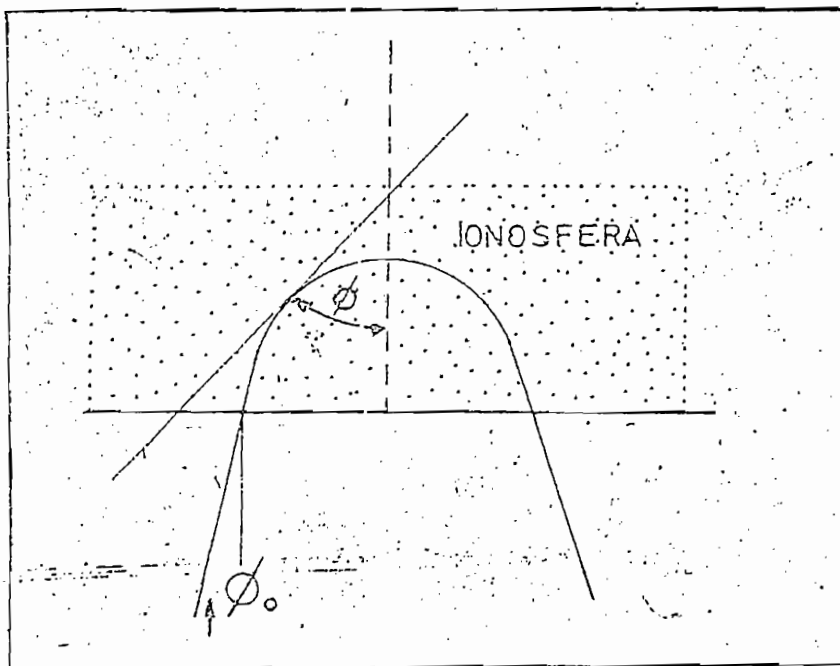


Fig. 1.5 Reflexión en la ionósfera de la onda electromagnética.

Siendo ψ_0 el ángulo de incidencia y ψ el ángulo formado entre la normal y la curva en cualquier punto y la vertical. Aplicando la ley de Snell's se tendrá:

$$\text{Sen } \psi = \frac{\text{Sen } \psi_0}{n} \quad (1.21)$$

Siendo n el índice de refracción, en donde se considera la reflexión. El índice de refracción para un medio dado está expresado por:

$$n = \frac{c}{v_p} \quad (1.22)$$

De las expresiones (1.18) y (1.22) se tiene:

$$n = \sqrt{\epsilon_r} \quad (1.23)$$

Para las frecuencias que estamos considerando, el valor de la conductividad es despreciable, además la reflexión se realiza en la capa F donde la frecuencia de colisión es pequeña, de tal manera que $\omega^2 \gg \nu^2$, cumpliéndose:

$$\epsilon_r' = 1 - \frac{Ne^2}{m \epsilon_r (\nu^2 + \omega^2)} = 1 - \frac{Ne^2}{m \epsilon_r \omega^2}$$

Reemplazando:

$$e = 1.59 \times 10^{-19} \text{ coulombios}$$

$$m = 9.00 \times 10^{-31} \text{ kilogramos}$$

Se tiene:

$$\epsilon_r = 1 - \frac{81 N}{f^2} \Rightarrow \quad (1.24)$$

$$n = \sqrt{1 - \frac{81 N}{f^2}} \quad (1.25)$$

Quando el ángulo de incidencia es 90° , entonces la onda está viajando horizontalmente en la ionósfera, luego:

$$n = \text{sen } \phi_0 = \sqrt{1 - \frac{81 N_1}{f^2}}$$

$$N_1 = \frac{f^2 \cos^2 \phi_0}{81} \quad (1.26)$$

Si N_1 satisface la ecuación anterior en el punto más alto alcanzado por la onda, la onda retorna a tierra desde ese nivel; en caso contrario la onda se refracta y atraviesa la capa.

1.1.9 Frecuencia crítica y altura virtual. - Cuando la onda penetra en la región de mayor densidad de iones y electrones, el ángulo de refracción aumenta y el índice de refracción decrece. La mayor densidad de electrones requerida para que exista refracción ocurre cuando el ángulo de incidencia es igual a cero o sea para incidencia vertical. Por tanto:

$$N_{\text{MAXIMO}} = \frac{f_c^2}{81} \quad (1.27)$$

En donde f_c es la frecuencia crítica, que es la frecuencia más elevada en la cual las ondas que inciden verticalmente en la capa son devueltas a tierra, y esta dada por:

$$f_c = \sqrt{81 N_{\text{MAXIMO}}} \quad (1.28)$$

La altura virtual de la capa es aquella altura en la que se produce la reflexión para incidencia vertical, es decir cuando se tiene una densidad de iones y electrones máxima. La altura virtual es siempre mayor que la altura real, cuando la onda pasa a través de una zona ionizada.

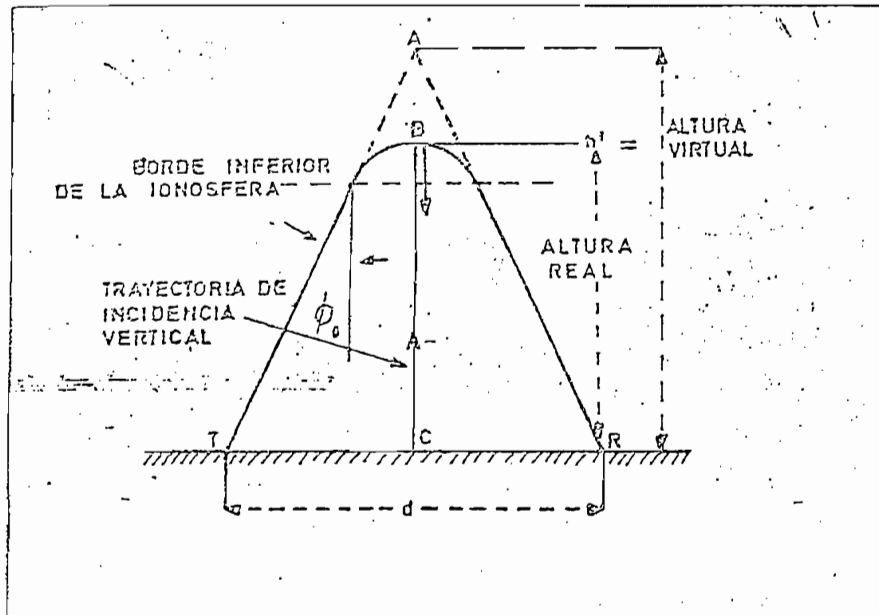


Fig. 1.6 Trayectoria real en la ionósfera, juntamente con la trayectoria triangular equivalente que define la altura virtual.

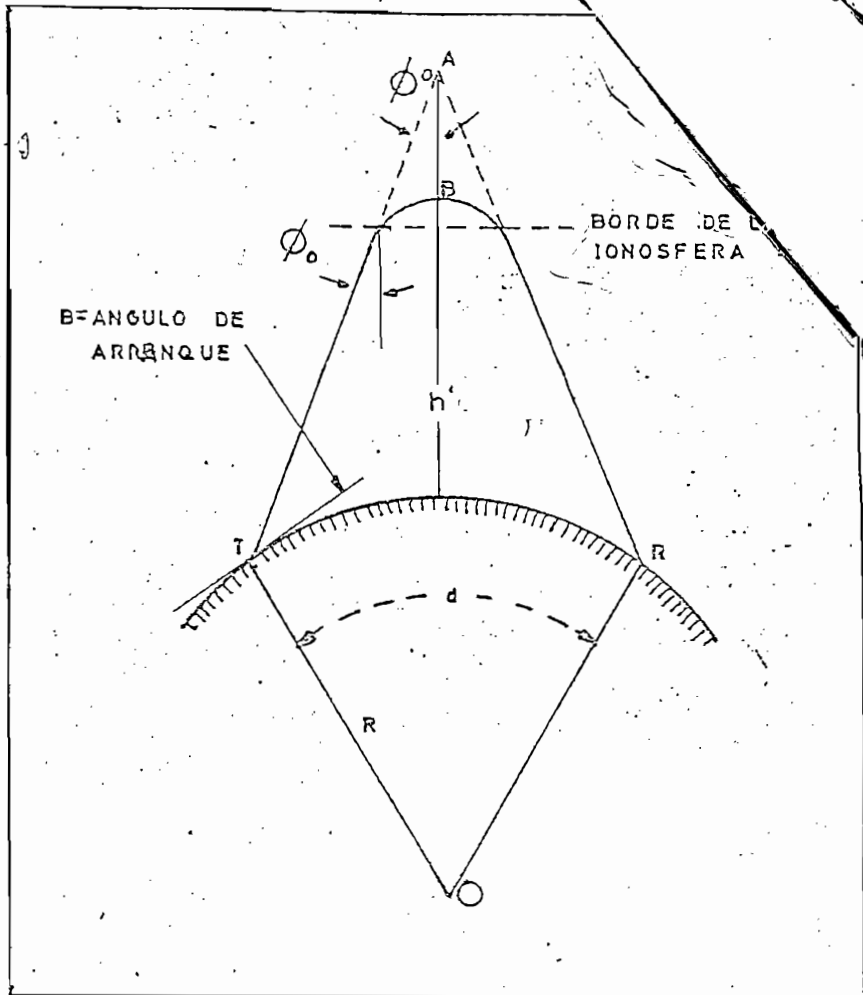


Fig. 1.7 Caso en que se tenga en cuenta la curvatura de la tierra.

En la figura 1.6, la altura virtual corresponde a la altura del triangulo TAR, formado por las prolongaciones de la trayectoria. El tiempo requerido por la onda en una trayectoria TBR, es igual al de TAR, si se considera para el segundo caso que se lo hace con la velocidad de la luz.

Para problemas prácticos, se aplica la Figura 1.6 o sea para una tierra plana, hasta un alcance de 1.000 Km.; en caso de que el alcance sea mayor se aplica la figura 1.7 que toma en cuenta la curvatura de la tierra.

1.1.10 Frecuencia máxima utilizable.- Si el ángulo de incidencia de la onda con relación a la capa es diferente, la onda seguirá una trayectoria diferente a través de la capa.

Si consideramos la misma capa, y un rayo que incida en la capa según el mismo ángulo pero con frecuencias diferentes, la dirección de propagación de la onda resultará desviada de la vertical pero no en idéntica proporción, ya que la refracción es función de la frecuencia.

Como es natural, el ángulo de incidencia de una onda radioeléctrica en la ionósfera está relacionada con el ángulo de elevación o ángulo de salida con el cual el rayo parte de la antena transmisora. La distancia entre el transmisor y el punto en el que la onda regresa a la superficie de la tierra está relacionada con este ángulo de salida y con la altura de la capa de la que procede la onda.

Si se toma una frecuencia mayor que la frecuencia crítica y ángulos de incidencia diferentes, como se observa

en la Figura 1.8, a medida que se aumenta el ángulo de salida del rayo, la distancia del transmisor a la cual el rayo retorna a la tierra es menor.

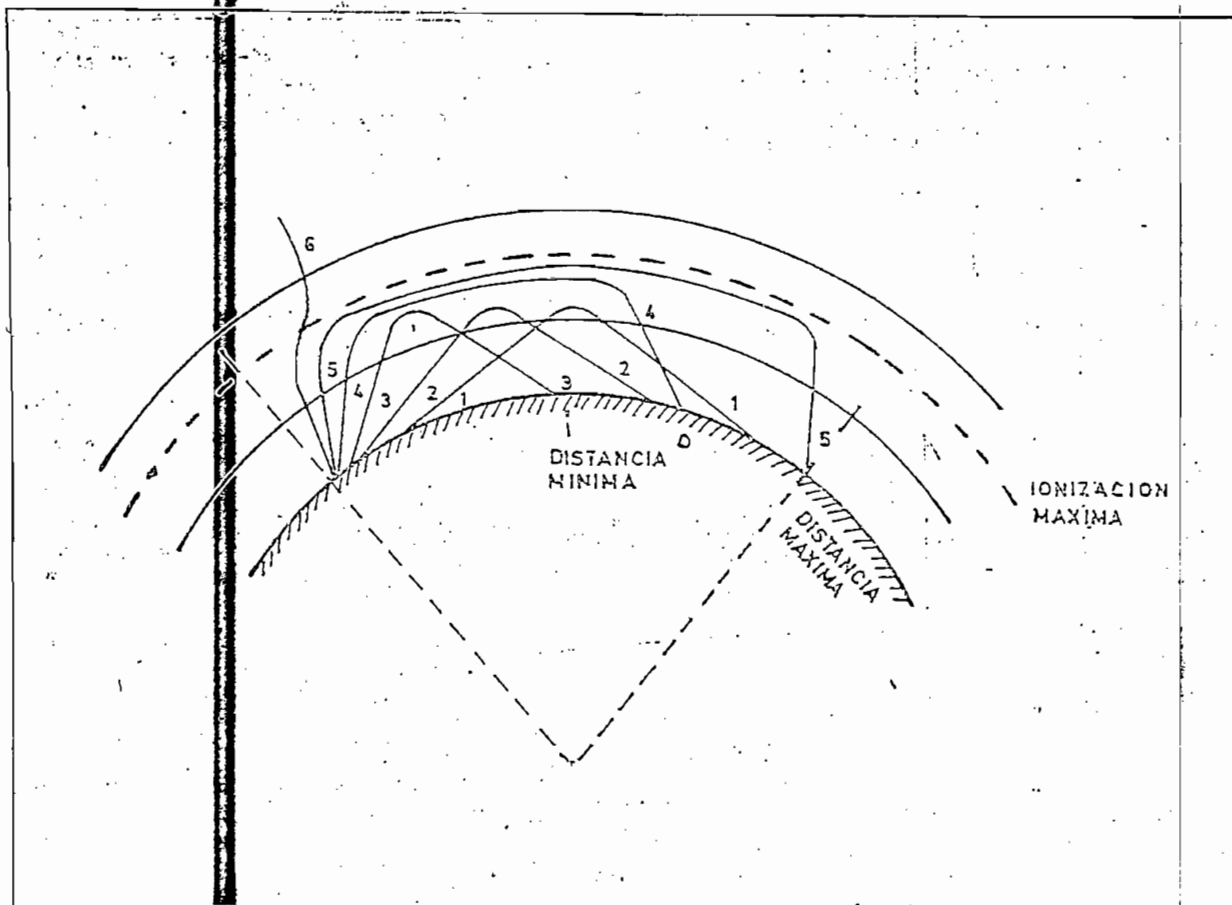


Fig. 1.8 Trayectos de rayo para frecuencia fija con elevación-variable. La frecuencia fija de trabajo en este caso es superior a la frecuencia crítica de la capa.

Finalmente, se alcanza la distancia del salto y ningún rayo puede llegar a la tierra en un punto más cercano del transmisor que éste. Los ángulos con un rayo de salida ligeramente supe

rior no penetran inmediatamente en la capa, sino que tienden a seguir una trayectoria próxima a la línea de máxima ionización de la capa y regresan a la tierra a distancias superiores.

Por consiguiente, en cualquier punto más allá - de la distancia del salto pueden detectarse rayos con dos ángulos diferentes de llegada; estos rayos se denominan: rayo inferior o normal, y rayo superior o de Pédersen. A la distancia del salto, los dos rayos se confunden en uno solo y la frecuencia en que esto ocurre en una distancia determinada se conoce con el nombre de frecuencia máxima utilizable o MUF. La expresión que define a la MUF, se puede obtener de las ecuaciones (1.26) y (1.27):

$$\text{sen } \psi_0 = \sqrt{1 - \frac{81(f_c^2/81)}{f_{\text{MAXIMO}}^2}} = \sqrt{1 - \frac{f_c^2}{f_{\text{MAXIMO}}^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{\text{MAXIMO}}^2 = f_c^2 \text{sec}^2 \psi_0 \Rightarrow f_{\text{MAXIMO}} = f_c \text{sec } \psi_0 \Rightarrow$$

$$\text{MUF} = f_c \text{sec } \psi_0 \quad (1.29)$$

De la figura 1.6 se tiene:

$$\text{sec } \psi_0 = \frac{\sqrt{h'^2 + \left(\frac{d_{\text{MAXIMO}}}{2}\right)^2}}{h'}$$

Luego:

$$\text{MUF} = f_c \frac{\sqrt{h'^2 + \left(\frac{d_{\text{MAXIMO}}}{2}\right)^2}}{h'} \quad (1.30)$$

En donde

h' = altura virtual

d_{max} = distancia máxima del salto

De la ecuación anterior se puede observar que la MUF depende de las condiciones de la ionósfera y ésta a su vez de otras condiciones que varían con la hora del día y las estaciones del año.

1.1.11 Variaciones de la ionósfera.- La ionización de las capas de la ionósfera se debe a las radiaciones solares, por lo tanto las propiedades de la ionósfera varían durante el día y la noche y en las distintas estaciones del año.

Cuando un sector de la ionósfera está fuera de la zona iluminada por el sol, se inicia la recombinación de iones y electrones en las capas, cambiando las condiciones de la ionósfera. Esta recombinación no es igual en todas las capas, debido a que la intensidad de las radiaciones solares es mayor al aumentarse la altitud de las capas, y además por la diferencia de presión de cada una de ellas; también influye la disposición geométrica de la línea de visibilidad de las radiaciones solares, teniéndose un mayor tiempo de luz en las capas superiores. Por lo tanto existirán variaciones de la densidad de electrones N entre capa y capa, habiendo variaciones de la fre -

cuencia crítica y de la MUF para cada capa y cada hora.

La latitud influye en las condiciones ionosféricas, por cambiar el ángulo cenital y también correspondientemente, a la estación del año, dando lugar a los cambios estacionales de la MUF.

El tercer factor principal se relaciona con el número de manchas solares, que influye en la intensidad de la radiación solar. Las radiaciones que provocan la ionización de las capas de la ionósfera tienen su origen en la superficie solar. El número de manchas solares se observa diariamente y de estos valores se extrae una media mensual, los cuales a su vez dan origen a una media móvil anual designada como R12. Cada once años dan mínimos sucesivos, correspondiendo el mínimo próximo en 1.975/76. Durante los años de alta actividad, los valores de la MUF son consiguientemente elevados. La relación entre R12 y la MUF es una relación esencialmente lineal, excepto para los valores muy altos de R12.

También se debe anotar la influencia de la variación de la longitud, que obedece al efecto del campo magnético terrestre, aunque solo existe una influencia considerable en la capa F2.

Las variaciones anotadas anteriormente son regulares; a más de éstas la ionósfera experimenta a veces tormen-

tas ionosféricas y otras perturbaciones, denominadas perturbaciones de Dellinger. Estas perturbaciones de Dellinger, se cree que provienen de ráfagas de rayos X hiper-energéticos procedentes de regiones de elevadísima temperatura en la corona solar, tienen una influencia rápida en las propiedades de absorción de la capa D y sus efectos son pronunciados en las frecuencias bajas, ventajosamente son de corta duración con un máximo de dos horas y solo se producen durante las horas del día.

En cambio que las tormentas ionosféricas están relacionadas con ciertos fenómenos solares y terrestres, como por ejemplo: las tormentas magnéticas y los fenómenos aurorales. Se cree son causadas por la radiación de partículas del sol que pueden tardar unos dos días en alcanzar la tierra, y, que al llegar a ella provocan una disminución del nivel de ionización de la ionósfera. Estas tormentas pueden durar varios días y a veces se repiten al cabo de 27 días, período de rotación solar. Afectan tanto a la parte iluminada como a la parte oscura de la tierra aproximadamente al mismo tiempo.

1.1.12 Efecto del campo magnético terrestre. - Hasta el momento

no se ha tomado en cuenta la influencia del campo magnético terrestre B_0 debido al cual existe una fuerza adicional que influencia al campo eléctrico de la onda electromagnética. La ecuación del movimiento para un electrón, considerando el efecto del campo magnético estacionario es:

$$F = q(E + v \times B_v) = m \frac{dv}{dt} \quad (1.31)$$

El efecto del campo magnético terrestre en la ondas que atraviesan la ionósfera provoca la división de éstas en dos componentes, una con un campo eléctrico paralelo al campo magnético estacionario terrestre B_0 y otra con un campo eléctrico perpendicular. Las dos ondas tienen diferentes velocidades, van por diferentes caminos y se refractan en forma diferente en la ionósfera.

A estas dos ondas se las denomina, rayo ordinario y rayo extraordinario. El rayo ordinario tiene una velocidad igual a la que se obtuviera sin la influencia del campo magnético terrestre y sufre una absorción menor, en cambio que el rayo extraordinario viaja a una velocidad diferente y sufre una gran atenuación.

Como consecuencia de lo anterior, existirán dos frecuencias críticas, una correspondiente al rayo ordinario y la otra al rayo extraordinario. La frecuencia crítica correspondiente al rayo extraordinario es ligeramente más elevada que la correspondiente al rayo ordinario.

1.1.13 Atenuación de la onda ionosférica. - Al propagarse la onda ionosférica entre la tierra y el borde inferior de la ionósfera, prácticamente no sufre atenuación, y la intensidad de campo recibida es inversa-

mente proporcional a la distancia.

En la ionósfera existe absorción debido al resultado de las colisiones entre los electrones en vibración y las moléculas gaseosas. Por la noche la intensidad es casi constante, debido a que la ionósfera presenta muy poca absorción, en el día las condiciones cambian debido a la presencia de la capa D, que es la de mayor absorción en la ionósfera, esta absorción aumenta la atenuación en el trayecto de la onda radioeléctrica.

La absorción que tiene lugar cuando una onda pasa a través de una zona ionizada es la denominada no desviante y la otra es la absorción desviante, esta última tiene lugar en cualquier capa en donde existe reflexión.

El factor de atenuación viene dado por:

$$\alpha = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{\epsilon_r^2 + \left[(1 - \epsilon_r) \frac{v}{\omega} \right]^2} - \frac{\epsilon_r}{2}} \quad (1.32) [1]$$

Para frecuencias no cercanas al MUF y en condiciones en que $\sigma/\omega\epsilon_0$ se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \frac{60\pi\sigma}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60\pi N e^2 v}{\sqrt{\epsilon_r} m (v^2 + \omega^2)} \quad (1.33) [1]$$

una forma de obtener la absorción total de la onda ionosférica, sería integrado a lo largo del camino que toma el rayo.

1.1.14 Consideraciones para el cálculo de la propagación por ondas ionosféricas.- Para la elección de una frecuencia óptima de trabajo, FOT, se considera que ésta debe estar entre la máxima frecuencia utilizable MUF y la más baja frecuencia útil LUHF; el valor más próximo a la MUF es el que proporciona las mínimas pérdidas.

La MUF depende de las condiciones de la ionósfera y por tanto varía con la hora del día y las estaciones del año. En los organismos internacionales existen datos tabulados para las diferentes distancias del salto, frecuencias y localidades.

La LUHF para una distancia y potencia de transmisor dados, se define como la más baja frecuencia que proporcionará recepción satisfactoria. Así como la MUF depende del estado de la ionósfera y la distancia entre los puntos de transmisión y recepción; para la LUHF se deben tomar en cuenta otros factores: la potencia efectiva radiada, la absorción debida a la ionósfera y la intensidad de campo requerida.

La potencia efectiva radiada, depende del valor del ángulo vertical de radiación que es el que va a influenciar en el valor de la señal en el receptor. Este ángulo depende de la capa involucrada, la distancia al receptor y el número de saltos.

Se deben evaluar las pérdidas por absorción en la ionósfera y si existen varios saltos considerar las pérdidas por reflexión en la tierra. En la práctica la intensidad de campo no absorvida para cualquier distancia se obtiene de un gráfico que toma en cuenta los factores antes anotados.

La intensidad de campo requerida para recepción satisfactoria, en un tipo de servicio, depende entre otras cosas de la sensibilidad del receptor, del nivel de ruido y el tipo de modulación.

En general se pueden hacer las siguientes consideraciones para facilitar el cálculo con una buena aproximación.

- a) Se debe considerar que la onda se refleja en una capa determinada, despreciando otras posibilidades.
- b) Que el ángulo de reflexión es igual al de incidencia.
- c) Se toma el coeficiente de reflexión equivalente de la ionósfera del orden de 0,25 independientemente de la frecuencia y del ángulo de incidencia.
- d) Con excepción de las absorciones en la ionósfera la intensidad de la onda varía en forma inversamente proporcional a la distancia recorrida.

1.1.15 Forma de propagación en la onda media y de radiodifusión tropical.- En estas frecuencias el objeto es entregar a los receptores una señal que sea suficientemente intensa para sobrepasar las interferencias ordinarias y que resulte lo menos distorsionada posible y libre de interferencias.

Para una estación de radiodifusión en ondas medias, la propagación se efectúa de dos maneras diferentes: por la onda de superficie y por señales reflejadas en la ionósfera.- El área servida por la onda de superficie se denomina área de servicio primario y es la que prevalece fundamentalmente durante las horas del día, por cuanto la onda ionosférica para estas frecuencias resulta absorvida completamente durante el día por la capa D. En consecuencia, la intensidad de las señales para onda media de radiodifusión durante el día, sigue los principios anotados en la propagación de la onda de superficie, dependiendo de la conductividad de la tierra y de la frecuencia de la señal. En general, las señales se atenúan rápidamente a medida que resulta menor la conductividad del terreno y es mayor la frecuencia de la señal.

La onda de superficie es muy estable en condiciones normales, dando una zona de muy buena recepción. Si se considera el caso ideal de una emisión omnidireccional, el alcance útil o sea el radio del círculo logrado como zona primaria en la figura 1.9, depende de la intensidad de la señal en el punto de

recepción, la que a su vez es dependiente a más de la conducti-
vidad del terreno y la frecuencia emitida, de la potencia del
transmisor, del rendimiento de su antena, del porcentaje de mo-
dulación de la portadora, etc. Se considera además que la in-
tensidad de campo requerida depende del nivel del ruido, toman-
do en cuenta que debe ser más elevada para zonas muy pobladas-
que para zonas rurales.

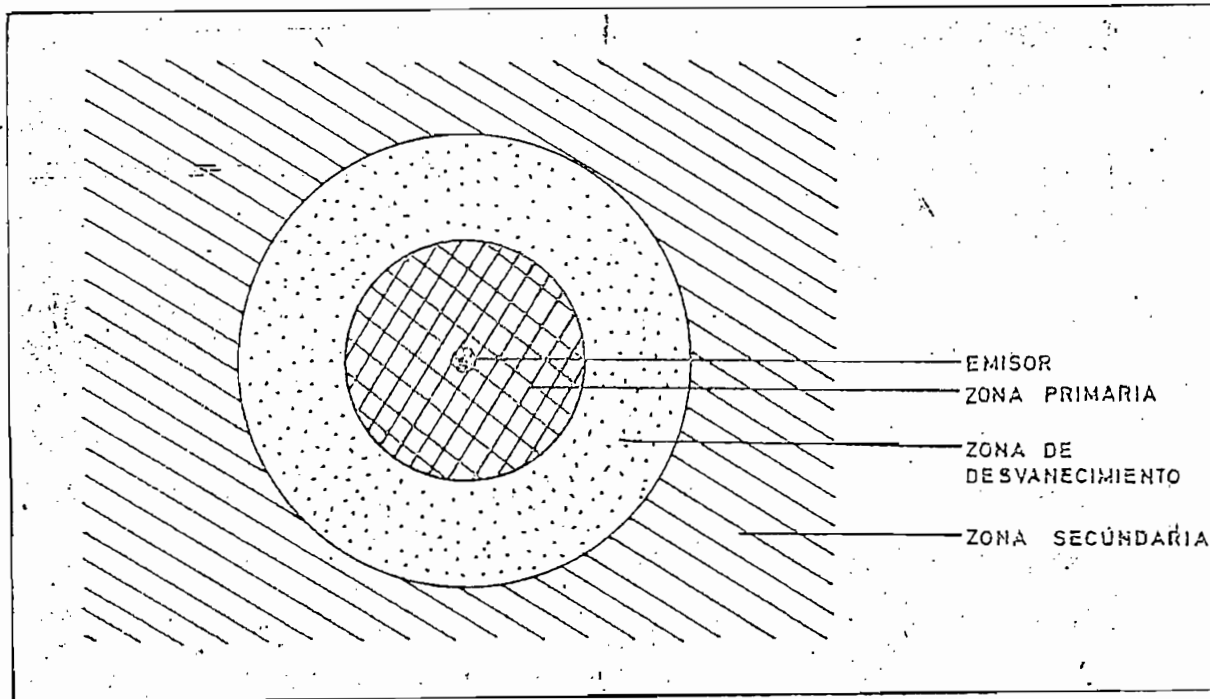


Fig. 1.9. Diagrama idealizado de las distintas zonas que se forman alrededor de una emisora de radiodifusión con sistema irradiante omnidireccional.

Considerando potencias relativamente elevadas,
para una conductividad del terreno de un valor medio y para-

las frecuencias más bajas en esta banda, la zona de servicio primario va desde unos 80 a 160 Km. Si la conductividad es baja y la frecuencia mayor, el área sobre el cual se tiene el servicio primario es mucho menor.

La zona que está servida por señales reflejadas en la ionósfera, se denomina área de servicio secundario y las señales existentes son las que se reflejan en la ionósfera. Contrariamente a lo que ocurre con la onda de superficie, las señales son captadas a mucha mayor distancia del transmisor y con una calidad inferior, ya que su intensidad de campo es dependiente de condiciones variables de la ionósfera.

Durante la noche, las ondas ionosféricas de las señales emitidas en estas frecuencias, se reflejan en la ionósfera y son devueltas a la tierra, por reflexiones en la capa F2. En las proximidades del transmisor la onda ionosférica es relativamente débil en comparación con la onda terrestre, siendo esta última la que predomina. A medida que aumenta la distancia al transmisor, la onda terrestre resulta atenuada, mientras que la onda ionosférica resulta mayor, a mayor distancia todavía la onda ionosférica tiende a ser más intensa y la terrestre despreciable. Depende del ángulo de incidencia del rayo y de la altura de la capa para que la distancia del salto sea mayor o menor. Para ángulos mayores, la distancia del salto es menor y es por eso que se tiene varias reflexiones para

cubrir una gran distancia, en cambio que para ángulos rasantes la distancia del salto es mayor y se puede llegar al punto de recepción deseada con una sola reflexión.

Las razones de este comportamiento de la onda ionosférica se deben al hecho que, a medida que aumenta la distancia al transmisor, la onda ionosférica que llega al receptor representa energía irradiada con ángulos crecientemente mayores, con respecto a la vertical, y las características de las antenas en este servicio son tales que la energía irradiada es mayor a medida que sea menor el ángulo medido respecto al horizonte.

Entre las áreas primarias y secundarias existe una zona, denominada de desvanecimiento que las separa. En esta superficie que podría ser idealmente representada por una área anular semejante a la representada en la figura 1.9 pueden hallarse intensidades variables de señales muy debilitadas provenientes de la onda terrestre y de la onda espacial. Desde el punto de vista de la prestación de un servicio de radiodifusión es prácticamente inservible. Normalmente la intensidad de estas señales depende de factores que actúan independientemente de la potencia del transmisor, pero muy ligados al tipo de antena utilizado, conductibilidad del suelo y a cambios de la ionósfera.

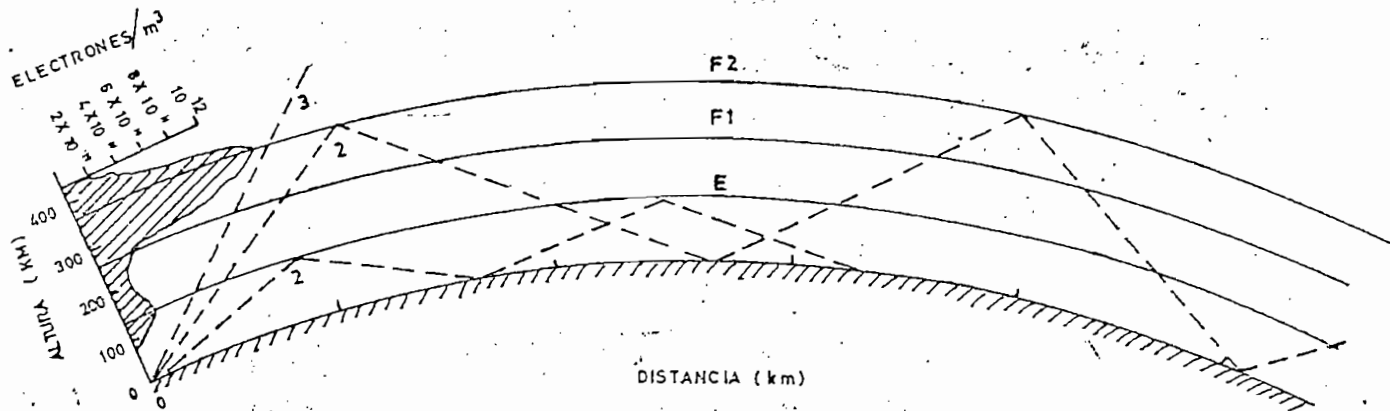
La zona en que las ondas terrestre y ionosférica tiene aproximadamente igual intensidad, es de especial im-

portancia. La señal resultante corresponde a la suma vectorial de las dos ondas que viajan por caminos diferentes. Esta diferencia de caminos si se la compara con longitudes de onda se observará que cambia mucho con la variación de la frecuencia, las bandas laterales se combinan en diferentes formas, mientras en unas se suman en otras se restan. Esto da como resultado una distorsión de frecuencia y las señales recibidas son de mala calidad. Además, los pequeños cambios que existen en la ionósfera, hacen variar la diferencia de la longitud de la trayectoria en media longitud de onda y por lo tanto transformarían las sumas de las ondas en restas, o viceversa. Esto hace que la portadora y las componentes individuales de las bandas laterales se desvanezcan casi independientemente, lo que resulta por lo tanto zona de desvanecimiento selectivo.

En cambio, en lo que se relaciona a la atenuación de la onda terrestre, una atenuación elevada, producida ya sea por una baja conductividad del terreno o una frecuencia alta reducen mucho la zona cubierta durante el día y también hace que la zona de desvanecimiento selectivo nocturno se acerque al transmisor.

El principal mecanismo de propagación para las ondas de radio en la radiodifusión tropical, es por onda ionosférica, también existe propagación por onda de superficie, el alcance es muy reducido; teniendo utilidad tan solo para -

calidad en la cual esta situada la estación; esto se debe a que las frecuencias son más altas que en las ondas medias.



10 Transmisión ionosférica.

Como se trata de un servicio interior nacional, o de servicio de un transmisor para radiodifusión en la tropical no es deseable que exceda de 800 Kilómetros. Así se trata de asegurar que los transmisores en este servicio puedan prestar un servicio sin zonas de silencio, teniendo servicio diurno y nocturno.

Dependerá de la frecuencia, para que se tengan reflexiones en las diferentes capas. Las ondas de frecuencia alta se reflejarán en las capas superiores. Es evidente-

que pueda establecerse una transmisión entre dos puntos mediante reflexiones de la ionósfera según modos diferentes, es decir después de una sola reflexión de la capa E, F_1 o F_2 , dos reflexiones en las mismas capas etc., como se observa en la figura 1.10. Esta forma de propagación corresponde a transmisiones diurnas y a unas dos horas después del ocaso.

En la noche se tiene reflexiones en la capa F_2 tan solo, debido a que la capa E desaparece y la capa F_1 se confunde con la F_2 .

En la radiodifusión en la zona tropical; donde se proyecta el servicio desde el transmisor hasta el límite de la zona de servicio, es decir, sin salto, se requiere incidencia vertical así pues, la MUF, en este caso coincide con la frecuencia crítica del rayo extraordinario que al ser más alta, se toma como valor de la MUF.

1.2 DETERMINACION E INFLUJO DEL RUIDO

Para determinar el nivel mínimo de señal requerido para una recepción satisfactoria, en ausencia de señales no deseadas, es necesario conocer el valor del ruido en el lugar de recepción. En el conjunto del problema hay que tener en cuenta el tipo de modulación y la influencia de las características detalladas del ruido en la recuperación de la información contenida en la señal transmitida.

El valor de la intensidad de campo en el punto de recepción depende de la potencia del transmisor, de la ganancia de la antena transmisora y de los factores antes anotados sobre propagación. Al llegar a la antena receptora, la señal debe superar el nivel de ruido también presente en ese punto. El ruido puede revestir varias formas, pero generalmente predominará un solo tipo de ruido.

El ruido se lo puede dividir tomando su origen, sea este en el sistema de recepción o interno y que es debido a las pérdidas en la antena, en la línea de transmisión o el originado en el propio receptor; sus características son iguales a las del ruido térmico. El otro sería el ruido en el exterior de la antena y que a su vez tiene varios tipos, cada uno de los cuales tiene sus propias características. Las más importantes son los de origen atmosférico, galáctico e industrial.

De todas las clases de ruido mencionados anteriormente, el que predomina es el ruido atmosférico en las bandas de frecuencias que se está analizando en el presente trabajo, a los otros se los puede despreciar; la razón por la cual se toma esta consideración, es debido a que el valor del ruido atmosférico es alto en relación a los otros tipos de ruido. En la figura 1.11, se tiene la distribución espectral aproximada de los valores del factor de ruido de una antena de referencia en una forma cuantitativa aproximada, que ha sido evaluada en el Brasil por el instituto de Telecomunicaciones de Sao Paulo, en el cual se observa el valor de los diferentes tipos de ruido en relación a la frecuencia.

1.2.1. Ruido Atmosférico.- El ruido atmosférico de radio, comúnmente llamado electrostático, proviene de las tormentas eléctricas que se producen en diferentes puntos de la atmósfera terrestre. Los rayos que se observan durante tales tormentas revisten la forma de ondas electromagnéticas y se propagan según los mismos mecanismos que examinamos en propagación. El espectro de frecuencias de estas ondas es muy ancho y sus características de amplitud son erráticas. Pueden propagarse a través de zonas muy vastas. La suma de todas estas ondas electromagnéticas que llegan al punto de recepción constituyen el ruido atmosférico. Las tormentas son concentradas en las regiones tropicales, debido a que la intensidad de campo del ruido decrece con la distancia recorrida, la cantidad es progresivamente más pe-

queña en las latitudes de las zonas templadas y de las regiones polares.

Las ondas de ruido están limitadas por la MUF de la misma manera que las señales de los transmisores, por lo que el ruido total en cualquier punto es inferior cuanto más elevada es la frecuencia, ya que algunas de las ondas de ruido pasan a través de la ionósfera y no contribuyen al nivel de ruido recibido.

El ruido atmosférico ha sido medido en algunos lugares del mundo en diferentes períodos del año y a diferentes horas del día en la frecuencia de referencia de 1 MHz.- Mediante familias de curvas, se determina la variación que cabe preveer en otras frecuencias, mientras que otros gráficos indican, en términos de distribución estadística, la variación del ruido en torno a los niveles medianos derivados de los mapas.

Como la mayor parte del ruido cósmico es producido por tormentas, el nivel de ruido en cierta localidad es producto de tormentas lejanas y cercanas. Durante una tormenta en la misma localidad, el nivel de ruido promedio es alrededor de 10 dB mayor que el promedio de ruido para el mismo período. De esta forma se puede ver que el ruido atmosférico está relacionado directamente con las condiciones del tiempo. Debido a su posición el ruido ecuatorial tiene influencia en

el ruido atmosférico en casi todas las localidades; esta influencia varía de un día a otro y tiene un movimiento estacionario de Norte a Sur con el sol. La región principal de tormentas está en la región ecuatorial, presentándose un 50% de los días y esta actividad parece ser la fuente principal de ruido atmosférico en distancias lejanas. Se cree que hay 2.000 tormentas instantáneas en el mundo.

El ruido atmosférico de fuentes locales se presenta como un estampido discreto similar a un ruido de baja duración, mientras que el ruido atmosférico proviene de fuentes lejanas consiste de fluctuaciones rápidas e irregulares de frecuencia de 10 a 20 KHz., en un tren de ondas oscilantes amortiguadas. La amplitud de la perturbación de un rayo varía aproximadamente con el inverso del cuadrado de la frecuencia y su propagación es en toda dirección tanto en ondas terrestres como en ondas ionosféricas.

La práctica demuestra que la intensidad de ruido general, es mayor durante la noche que en el día para frecuencias comprendidas entre 1 y 5 MHz. debido a la gran absorción de estas frecuencias durante el día.

1.2.2 Ruido externo en el sistema de recepción. - La potencia de ruido procedente de una fuente exterior a la antena o ruido de antena puede expresarse acertadamente como un factor de ruido efectivo de antena f_a .

$$f_a = \frac{P_n}{KT_{ob}} = \frac{T_a}{T_o} \quad (1.34) \quad [2]$$

P_n : Potencia disponible de ruido en una antena e
quivalente sin pérdidas (watts)

K : Constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ Jou -
lios por grado Kelvin.

T_o : Temperatura de referencia que se toma igual-
a 288° K.

b : Anchura de banda efectiva del ruido en el re-
ceptor, en c/seg.

T_a : Temperatura efectiva de la antena en presen-
cia del ruido externo.

De acuerdo a lo anterior, se cumple que:

$$10 \log_{10} K T_o = - 204 \text{ db} \quad \text{con respecto a un joule}$$

F_a y T_a son independientes de la anchura de banda.

Otra forma de especificar el ruido esta dada por:

$$E_n = F_a - 65,5 + 10 \log_{10} f \quad (\text{M c/seg.}). \quad (1.35) \quad [2]$$

E_n : es el valor mediano eficaz de la intensidad-
del ruido, en decibelios con relación a 1
 μV , para una anchura de banda de 1 KHz.

F_a : es el valor eficaz del ruido en la frecuen-
cia requerida f .

f : es la frecuencia en MHz.

Puede obtenerse el valor de la intensidad de campo para una anchura de banda de b c/seg, que no sea 1 Kc/seg, sumando $(10 \log_{10} b - 30)$ a En.

1.2.3. Relación señal/ruido (s/n). - El factor de limitación para una comunicación satisfactoria es la relación señal/ruido expresada en dB y no sus magnitudes absolutas. Esto es verdad si la señal esta dentro de los límites de un buen grado de servicio. Los aspectos de irritabilidad del ruido en presencia de una señal pueden ser evaluados únicamente mediante experimentación. Los requerimientos en la calidad de la señal de salida depende del uso que se le vaya a dar; siendo los requerimientos para radiodifusión de alta calidad. La relación señal/ruido para recepción inteligible ha sido obtenida haciendo que un grupo de personas escuchasen cierta señal en presencia de ruido y registrando el número de personas que consideran la transmisión satisfactoria, solamente los efectos de irritabilidad de ruido al azar o sus fluctuaciones son consideradas. La señal en el receptor debe ser de suficiente magnitud para que anule el efecto del ruido, la relación señal/ruido necesaria no es un factor fijo, sino que depende de la naturaleza del servicio que ha de asegurar el circuito. En el servicio de radiodifusión en las bandas de las cuales se ocupa el presente estudio la relación señal/ruido es del orden de 35 a 40 dB.

Para mejorar la relación señal/ruido, puede aumentarse la potencia de salida del transmisor. En la mayoría de las explicaciones prácticas, la potencia de ruido que afecta un receptor es directamente proporcional a su anchura de banda. Se deduce, por lo tanto, que el nivel de ruido puede reducirse eficazmente, y aumentarse la relación señal/ruido, reduciendo la anchura de banda del receptor; claro es, que se requiere cierta anchura de banda para poder captar el mensaje contenido en la señal deseada, no obstante, cualquier anchura de banda suplementaria del receptor no agregará nada al mensaje recibido, sino que permitirá que se reciba mayor ruido, con la consiguiente degradación de la relación señal/ruido.

Existen varias formas para definir la relación señal/ruido, las más comunmente usadas son:

$$S/N = \frac{\text{señal de voltaje R.M.S.}}{\text{voltaje de ruido R.M.S.}} = \frac{\text{Señal de voltaje de pico}}{\text{Voltaje de ruido pico}}$$

$$= \frac{\text{señal de potenc. promed.}}{\text{potenc. de ruido promed.}}$$

La relación más usada es la del voltaje R.M.S.

1.3 DETERMINACION DE LA INTENSIDAD DE CAMPO MINIMA A PROTEGER

Es posible obtener una comunicación provechosa solo cuando la intensidad de la señal es suficientemente grande para anular los efectos del ruido. Por lo tanto la degradación es tolerable cuando la intensidad de campo de la señal deseada rebasa el valor medio del nivel del ruido en una cantidad igual a la relación de señal/ruido; esta intensidad de campo se denomina intensidad mínima de Campo, E_{min} . En la figura 1.12 se puede ver la cobertura que se obtendría, al considerar el valor de E_{min} , con los valores que se indican.

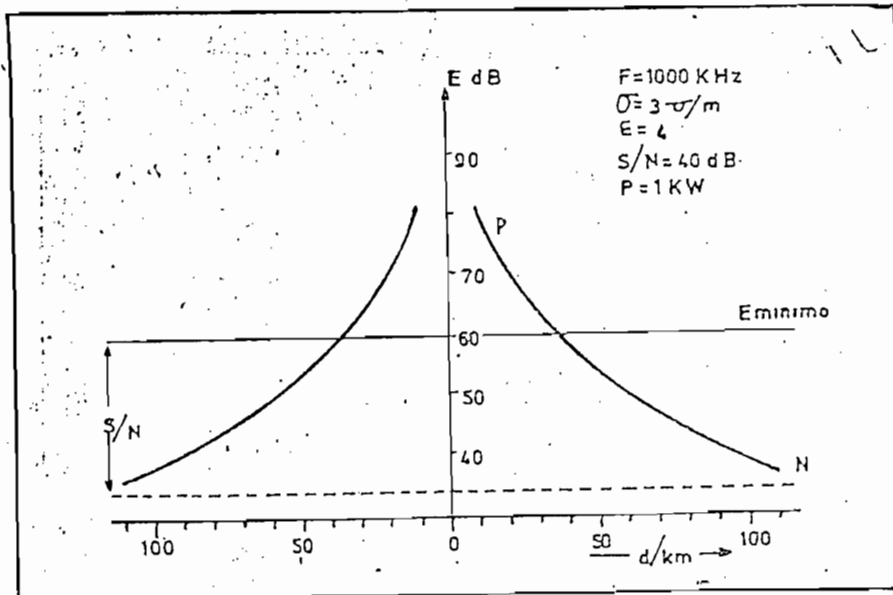


Fig. 1.12 Cubertura limitada por el ruido

El valor de la intensidad de campo mínima a proteger puede variar según las regiones del mundo, la hora del-

día y la época del año. Además, depende de la frecuencia.

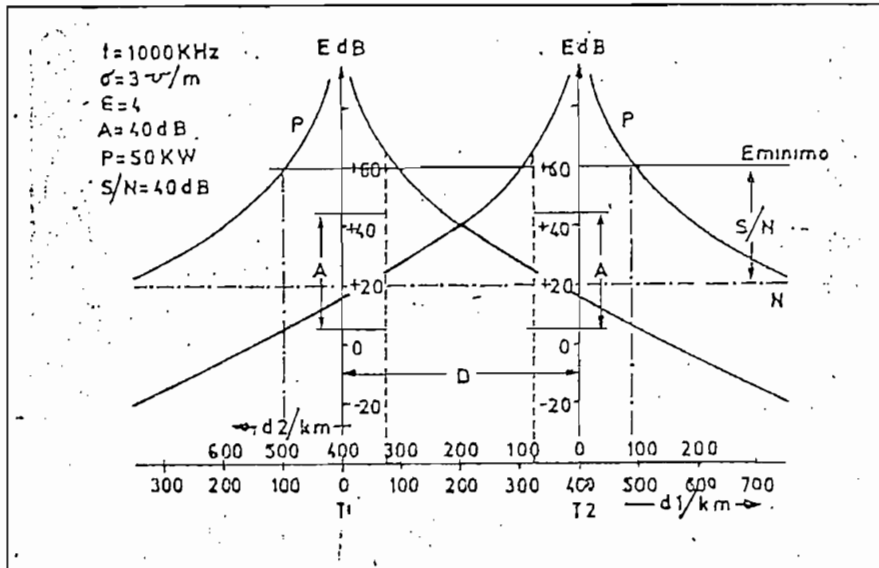


Fig. 1.13 Cubertura limitada por el ruido y la interferencia.-

Tenemos que tomar también en consideración, las interferencias perjudiciales producidas por otras estaciones. Para una utilización eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas se hace necesario utilizar algunas frecuencias para dos o más estaciones en canal común. Si observamos la figura 1.13, en el caso en que T1 y T2 comparten el mismo canal, y si los dos transmisores estarían a una distancia suficiente como para no causar interferencias, la zona de servicio será independiente de las condiciones que impone el uso múltiple del canal. Si la distancia D es tal que el efecto perturbador de la

señal no deseada en ausencia de ruido es importante, la interferencia limitaría la zona de servicio, en una forma semejante al ruido radioeléctrico. En ausencia de ruido la degradación de la calidad de recepción se considera tolerable cuando la intensidad de campo de la señal deseada es superior a la no deseada en una cantidad igual a la relación de protección A. Este valor de la intensidad de campo de la señal deseada se denomina intensidad de campo protegida (E Prot.).

También se deben considerar las interferencias en canales adyacentes, cuando la separación entre cada canal no es la adecuada. En muchos casos la interferencia de canal común tiene valores cercanos a los del canal adyacente; cuando existe una separación de 5 KHz. es un valor mayor, por lo que es aconsejable el buscar una mayor separación entre canales adyacentes.

En las consideraciones para examinar la relación señal/ruido, sería quizás conveniente tomar en cuenta la relación, señal/ (ruido + interferencia).

La finalidad de la Administración de Frecuencias es asegurar que la interferencia provocada por otras estaciones que utilizan el mismo sector del espectro de frecuencias radioeléctricas no haga descender la relación señal/ruido de manera considerable por debajo del límite establecido por el ruido atmosférico.

1.3.1 Cálculo de la intensidad de campo mínimo. - El valor mínimo del nivel de señal necesario para asegurar la recepción satisfactoria en presencia de ruido está dado por la expresión:

$$E_s = E_n + B + S/N + C \quad (\text{dB con relación a } 1 \mu\text{W/m}) \quad (1.36) \quad 3$$

En donde

E_n : es el valor eficaz del ruido con una anchura de banda de 1 KHz.

S/N : relación señal/ruido necesario para el servicio deseado, siendo de 35 a 40 dB para radiodifusión.

C : es la protección contra las variaciones de la señal y del ruido, siendo 17 dB para el 90% del tiempo o 22 dB para el 96% del tiempo.

$B = 10 \log_{10} b$. Siendo b el ancho de banda dado en KHz.

1.4 NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES.

El Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (C.C.I.R.) y la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (I.F.R.B.); organismos que pertenecen a la unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.), de la cual el Ecuador forma parte, dan a todos los países de la Unión; informes, recomendaciones, resoluciones y normas en el campo de las Telecomunicaciones de gran utilidad en los mismos; en la que está incluida la radiodifusión que se trata en el presente trabajo. A continuación se anotará todas las normas técnicas aplicables en el plan de distribución de frecuencias para radiodifusión en las bandas medias y cortas tropicales.

1.4.1 Propagación por onda de superficie ionosférica. - En las

figuras 1.14 y 1.15, se tiene la forma de propagación de la onda de superficie para las frecuencias de 500 y 1.000 KHz.; también existen para 700 y 1.500 KHz. que no constan en el presente trabajo. Estas están basadas en las recomendaciones y estudios del C.C.I.R. [6] y en datos sacados de las tablas (A-S, P.8) de las Normas Técnicas de I.F.R.B. [4], para diferentes conductividades, considerando al suelo uniformemente homogéneo. Se han supuesto, tanto al transmisor como el receptor situados en tierra. El nivel de referencia para el campo producido en el punto de recepción por la onda de superficie o por la onda ionosférica, es una intensidad de campo

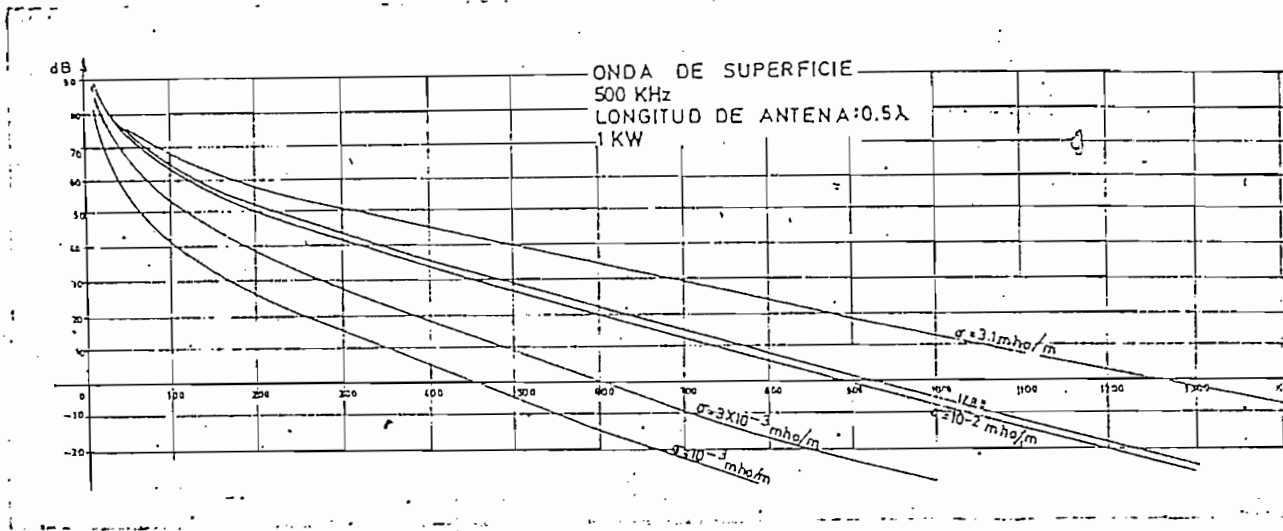


Fig. 1.14 Curvas de propagación de la onda de superficie; para $f = 500 \text{ KHz}$.

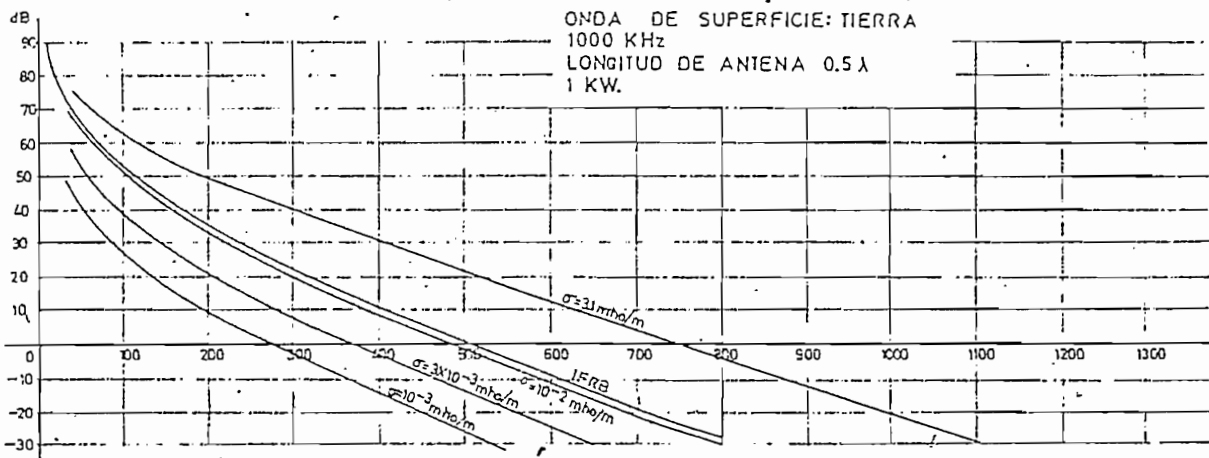


Fig. 1.15 Curvas de propagación de la onda de superficie; para $f = 1.000 \text{ KHz}$.

no atenuada de 300 mV/m a la distancia de 1 Km. de la antena emisora, campo que corresponde a la radiación a la altura del suelo de una antena vertical, sin pérdidas, más corta que un cuarto de longitud de onda, colocada en la superficie de una tierra plana perfectamente conductora y a la que se suministra una potencia de 1 Kw.

En las figuras 1.16 y 1.17, se tiene la forma de propagación de la onda ionosférica en las mismas frecuencias y con las mismas características. Se basan en el informe 264- 1 del C.C.I.R. [6] y el cuadro (A-S, P.8) de las normas técnicas del I.F.R.B. [4] ; el mismo, se basa en los registros de intensidad de campo efectuados hasta 1.962 en la zona europea de radiodifusión durante un total de más de 67.000 horas de observación.

También se tiene tablas para encontrar la forma de propagación de la onda de superficie y onda ionosférica para las ondas cortas tropicales. En este caso el nivel de referencia para el campo producido en el punto de recepción, es una intensidad de campo no atenuada de $222 \frac{\text{mV}}{\text{m}}$ a la distancia de 1 Km de la antena emisora, campo que corresponde a la radiación en el plano ecuatorial de un dipolo de media onda, sin pérdidas, aislado en el espacio, al que se suministra una potencia de 1 Kw. En los cuadros (A-S, P.12; P.13; P.14 y P.15) de Normas técnicas de I.F.R.B. [4] se tiene estos datos para el trazo de las curvas.

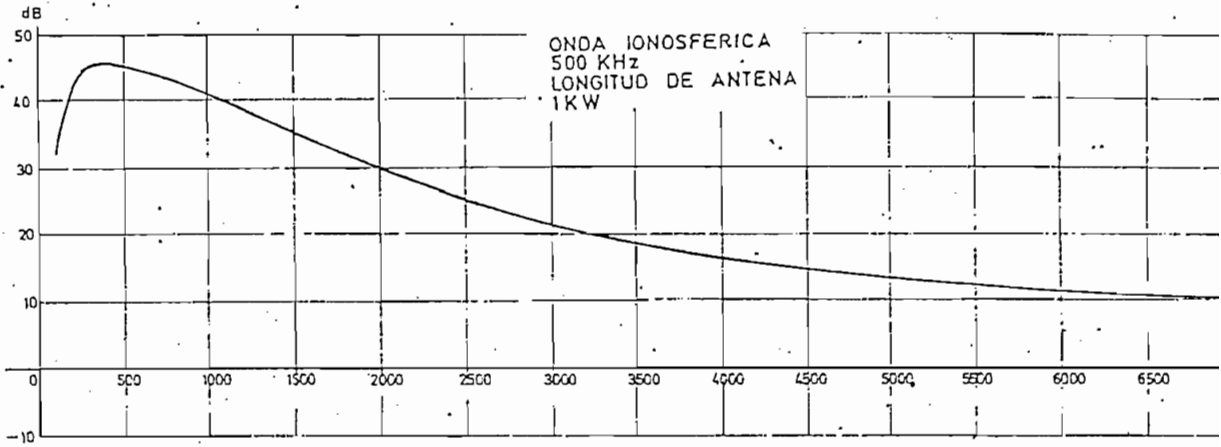


Fig. 1.16 Curva de propagación de la onda ionosférica; para $f = 500$ KHz.

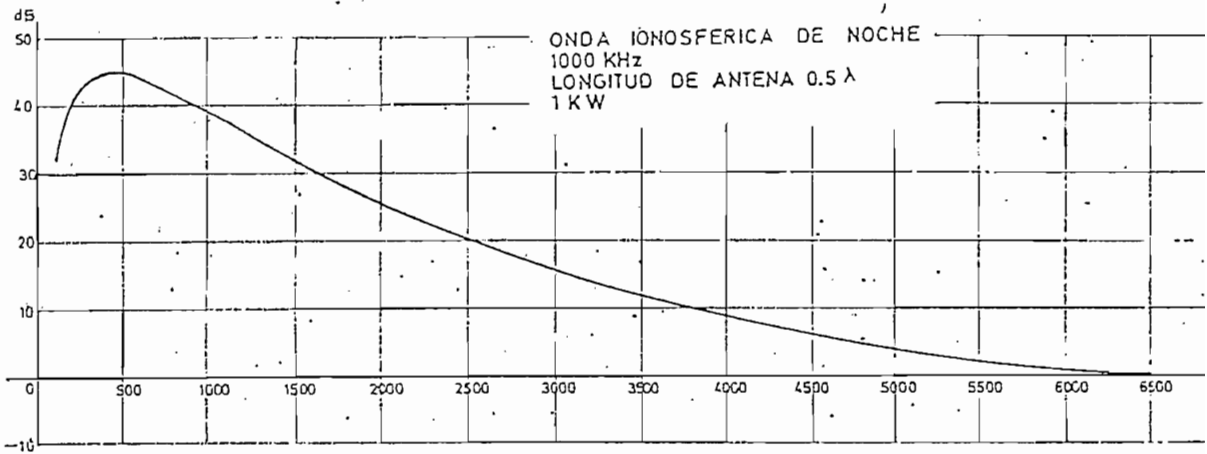


Fig. 1.17 Curva de propagación de la onda ionosférica; para $f = 1.000$ KHz.

Sobre estos datos de propagación de las ondas de superficie y de las ionosférica, se analizarán posteriormente - las áreas de cobertura con los valores de intensidad de campo mínima a proteger.

1.4.2 Relaciones de protección.- El C.C.I.R. recomendó para la radiodifusión en la banda media, una relación de régimen estable de 47 dB entre el valor de Cresta de la señal de RF y el valor eficaz de la potencia de ruido correspondiente a una relación portadora/ruido 41 dB.

En la tabla (A-1, P.6) de las Normas Técnicas del I.F.R.B. 4 para la banda media de radiodifusión en potencia portadora, la relación de protección señal/ruido se considera de 35 a 40 dB.

En el caso de la radiodifusión para ondas cortas tropicales se aplica la recomendación 339-1 del C.C.I.R. (7) que es para telefonía de buena calidad comercial con modulación de doble banda lateral, donde se pide 35 dB de protección; en estos 35 dB están incluidos 10 dB por la mejora obtenida utilizando supresores de ruido, no empleados en las emisiones de radiodifusión, dicho valor corresponde a la relación señal de cresta/ruido de 45 dB, o una relación portadora/ruido de 39 dB; el ancho para radiodifusión corresponde a 10 KHz. frente a 6 KHz. en la telefonía. La corrección de anchura de banda viene-

a ser de 2 dB, por lo que cabe emplear el valor de 41 db para definir el grado de servicio.

T A B L A 1.2

Diferencia de Frecuencia (KHz)	Relación de Protección (dB)
0	40 /
0.1	41
0.2	45
0.5	53.5
1.0	58
2.0	59.5
3.0	57
4.0	52
5.0	46
6.0	39
7.0	30
8.0	20
9.0	8
10.0	7
12.0	0
20.0	15

Cabe señalar también la protección cuando existe uso en canal común o sea para el caso de varias emisiones en la misma frecuencia. La recomendación N^o-448 de C.C.I.R. [8],

dice que para bandas medias de radiodifusión la relación de protección señal deseada/señal no deseada debería ser de 40-dB para las transmisiones en canal común. 9

En la recomendación anterior no se incluyen las protecciones que se deben dar en caso de canal adyacente; por lo que en la recomendación N^o 440 del C.C.I.R. [5] incluye la tabla 1.2 para diferentes frecuencias de separación en canal adyacente.

1.4.3. Ancho de banda y tolerancia de frecuencias.- El ancho de banda asignado es una banda de frecuencias cuyo centro coincide con la frecuencia asignada a la estación y cuya anchura es igual a la anchura de banda necesaria más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencias. En cambio que tolerancia de frecuencia es la desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por una emisión, o entre la frecuencia de referencia y la frecuencia característica. La tolerancia de frecuencia se expresa en Hz.

El informe N^o 181-1 [5] del C.C.I.R. da como ancho de banda para radiodifusión 10 KHz y como tolerancia 10 KHz. De aquí parte la recomendación 328-1 del C.C.I.R. 5 en la que pide que el 1% de la potencia radiada pueda estar fuera de la banda, en tal forma que el 0,5% de la potencia total pue

de ser radiada arriba de los límites del ancho de banda y el otro 0.5% abajo de los límites. Por lo tanto el 99% de la potencia está dentro de la banda de los 10 KHz.

1.4.4. Valores del grado de ruido.- Según las Normas Técnicas del I.F.R.B. [4], el grado de ruido (expresado como la mediana de los valores horarios, durante cuatro horas consecutivas de la potencia de ruido radioeléctrico en una antena receptora vertical corta, con relación al ruido térmico, en una frecuencia de 1 MHz.) en función de la altitud y longitud del punto de recepción, se puede determinar fácilmente de una mapa mundial de contornos en proyección cilíndrica, que se ha superpuesto sobre cada una de las tablas. De acuerdo a las estaciones del año, se tiene cuatro tablas que corresponden a los siguientes períodos:

DC	Diciembre	-	Febrero
MR	Marzo	-	Mayo
JA	Junio	-	Agosto.
SN	Septiembre	-	Noviembre

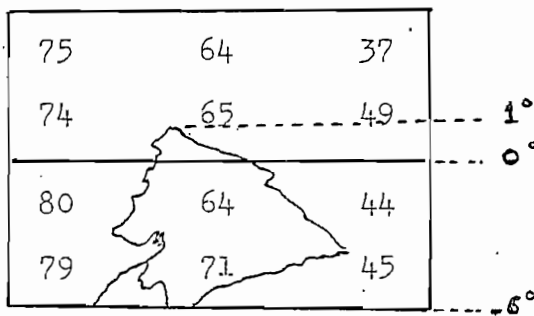
A su vez en cada tabla para cada lugar se tiene pequeños cuadros, en los cuales constan seis valores, correspondientes cada uno a cuatro horas consecutivas la cual da en total las veinte y cuatro horas del día, pertenecientes a horas locales, las cuales estan representadas de la forma siguiente:

00.00 - 04.00 horas N2
04.00 - 08.00 horas T1
08.00 - 12.00 horas J1
12.00 - 16.00 horas J2
16.00 - 20.00 horas T2
20.00 - 24.00 horas N1

Luego en las tablas aparecen los cuadros en relación a la hora de la siguiente manera:

N2	T1	J1
N1	T2	J2

En las tablas (A.S, P.4; P.5; P.6; y P.7) de las Normas Técnicas del I.F.R.B. [4], en donde se tienen los valores de grado de ruido en función de la latitud y longitud del lugar de recepción, se tiene que el Ecuador estaría considerado en 2 cuadros y que van de -10° de latitud y 75° a 90° de longitud oeste, así para el período DC.



Escogemos las horas correspondiente a los períodos J1 y N1, debido a que son las horas de mayor sintonía en-

esta clase de servicio, esto es: de 08.00 - 12.00 horas y 20.00 - 24.00 horas.

$$J1 = 37 \text{ y } 44$$

$$N1 = 74 \text{ y } 79$$

Por lo tanto, el valor del ruido que correspondería tomarlo para los meses de Diciembre, Enero y Febrero y para las horas anotadas sería:

$$J1 = 44 - \frac{44 - 37}{60 + 10}$$

$$N1 = 79 - \frac{79 - 74}{60 + 10}$$

Analogamente se puede hacer para los otros períodos del año y con las diferentes horas del día. A continuación se tiene una tabla que se ha elaborado para todos los períodos del año y para las horas que hemos anotado (J1 y N1).

T A B L A 1.3

Período del año	J1	N1
	08.00-12.00 h.	20.00-24.00 h.
DC	43	78
MR	47	75
JN	41	75
SE	61	97

1.4.5 Determinación de la intensidad de campo mínima a proteger

Los valores de la intensidad de campo mínima a proteger (expresada en dB con relación de 1 (μ V/m) varía según la ubicación geográfica del punto de recepción, la frecuencia utilizada y la hora de transmisión.

Los valores de la intensidad de campo mínima a proteger incluyen márgenes para la variación diaria del ruido atmosférico, para fluctuaciones de largo período de la intensidad de la señal. Se basan en que la intensidad de campo de una señal durante el 90% de los días rebasa a la del ruido, en la relación señal/ruido mínima requerida.

Si se desea conocer la intensidad de campo mínima a proteger en cualquier ubicación, hora y frecuencia, se busca el grado de ruido en las tablas correspondientes como ya se ha detallado, que pertenece a la ubicación del punto de recepción, en la estación del año y la hora. Luego en la tabla (A-S P.22) de las Normas Técnicas del I.F.R.B. [4], teniendo a la izquierda los valores del grado de ruido se busca en la columna correspondiente a la frecuencia considerada, leyéndose el valor de la intensidad de campo mínima a proteger (en dB con relación a 1 μ v/m) en la misma. Como no existen todos los valores del grado de ruido, es necesario realizar interpolaciones.

Para evitarnos estas interpolaciones se puede seguir el siguiente método:

- Para una misma frecuencia, seleccionamos todos los diferentes valores de la intensidad de campo mínima a proteger correspondientes a grados de ruido existentes en la tabla (0, 10, 20100), para un período horario como J1 y N1; con estos datos trazamos una curva, grado de ruido V_s intensidad de campo mínima a proteger.

- Con los valores promedios de J1 y N1 obtenidos anteriormente llevados sobre el eje de grado de ruido se obtiene la intensidad de campo mínima a proteger para los diferentes períodos y frecuencias.

Con estos datos se pudo elaborar la tabla 1.4, utilizando el procedimiento descrito; para el Ecuador y para los valores de ruido de la tabla 1.3.

T A B L A 1.4

INTENSIDAD DE CAMPO MÍNIMO A PROTEGER

Frecuencia (KHz)	Período de Bajo Ruido		Período de alto Ruido	
	J1 = 44	N1 = 76	J1 = 61	N1 = 97
500	53	77	71	98
1.000	41	71	58	92
1.500	37	69	52	88

1.4.6 Determinación de la distancia mínima entre transmisores que trabajan en la misma frecuencia (canal común) y con diferentes potencias.- Para la determinación de la distancia mínima entre transmisores que trabajan en canal común se utiliza el siguiente método:

- Se construye sobre una hoja adecuada un sistema de coordenadas de intensidad de campo eléctrico Vs distancia, trazados a las mismas escalas que las curvas del C.C.I.R. enunciadas en 1.4.1
- Se normaliza la potencia de los transmisores con relación a 1 Kw.

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P \text{ (Kw.)}}{1 \text{ (Kw.)}}$$

- Se hace coincidir los ejes en el cual están las curvas, con los del papel construido a escala.
- Con el valor de grado de ruido y los datos correspondientes, se determina el valor de intensidad de campo mínima a proteger. Llevamos este valor a la escala del campo eléctrico de las curvas de 1.4.1 y se traza una horizontal desde este punto hasta que intercepte la curva correspondiente a la conductividad del terreno.
- Desde este punto se baja una perpendicular por un valor igual a la protección señal/ruido o sea 40 dB, obteniéndose un nuevo punto el cual se le traslada a la hoja dibujada a

escala.

- Dando la vuelta a la hoja donde están dibujadas las curvas de 1.4.1, de manera que el eje de las distancias crezca ahora de derecha a izquierda, empezamos a desplazar la hoja de la curva de derecha a izquierda, hasta que la curva de conductividad deseada, se encuentre con el último punto. En el papel -dibujado a escala, la distancia existente entre los dos ejes es la distancia que cubre.
- La misma operación, se hace para las dos estaciones, por lo tanto la suma de las dos distancias, dará la distancia total que debe existir entre las dos estaciones.
- En el caso en que las potencias sean diferentes a 1 Kw. se debe corregir como primer paso los dB de diferencia en potencia; esto es, se debe desplazar verticalmente al eje los dB. necesarios. Ej: cuando se trata de una estación de 10 Kw. de potencia, la normalización realizada en 1 Kw. sería:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} \frac{10 \text{ Kw}}{1 \text{ Kw}} = 10 \log_{10} 10 = 10 \text{ dB}$$

Luego se deberán desplazar 10 dB verticalmente hacia arriba, en la curva del papel a escala.

A continuación, en las tablas 1.5; 1.6; 1.7; 1.8, se encuentran las distancias mínimas entre transmisores a diferentes potencias, con las curvas del I.F.R.B. y diferentes valores de conductividad.

T A B L A 1.5

DISTANCIAS MINIMAS PARA TRANSMISORES EN CANAL COMUN

Período: Bajo Ruido ($J_1 = 44$)

Intensidad de campo mínima a proteger: 53 db

Frecuencia = 500 KHz.

Potencia (Kw)	0,25	0,5	1	2,5	5	10
0,25	710 656 404 252					
0,5	740 694 428 268	780 734 458 292				
1	764 720 442 270	800 764 472 300	846 804 508 328			
2,5	810 760 466 288	884 800 496 312	894 844 530 340	950 900 574 380		
5	826 790 480 300	886 830 514 320	930 874 546 346	984 930 594 386	1026 972 624 416	
10	890 832 500 312	928 872 534 340	974 920 570 366	1030 976 812 400	1068 1016 644 436	1110 1038 678 466

T A B L A 1.6

Período : Bajo Ruido ($J_1 = 44$)

Intensidad de campo mínima a proteger : 41 dB

Frecuencia : 1.000 KHz.

Potencia (Kw)	0,25	0,5	1	2,5	5	10
0,25	526 494 340 226					
0,5	540 508 341 230	566 536 372 250				
1	560 526 360 238	586 552 382 256	618 580 406 278			
2,5	584 546 378 246	612 572 400 266	642 600 424 288	680 642 460 318		
5	600 564 392 256	630 590 414 276	660 620 438 300	694 660 474 330	730 688 500 354	
10	626 588 410 270	654 614 432 288	684 640 460 312	724 680 490 340	750 708 520 366	784 740 546 392

T A B L A 1.7

Período: Alto Ruido : J = 61

Intensidad de campo mínima a proteger: 71 db

Frecuencia: 500 KHz.

Potencia (Kw)	0,25	0,5	1	2,5	5	10
0,25	370 342 200 112					
0,5	378 354 208 116	414 386 230 130				
1	394 360 216 120	426 400 240 134	470 436 262 152			
2,5	420 380 224 126	450 421 250 141	490 450 272 156	530 508 312 180		
5	434 400 228 130	470 436 254 144	506 472 274 160	564 522 316 186	608 556 332 208	
10	452 420 244 140	490 454 268 152	530 490 290 168	590 570 324 190	630 580 356 216	674 620 386 238

T A B L A 1.8

Período: Alto Ruido : J = 61

Intensidad de campo mínima a proteger: 71 db

Frecuencia: 500 KH^z

Potencia (Kw)	0,25	0,5	1	2,5	5	10
0,25	314 284 186 116					
0,5	320 292 190 116	344 312 206 130				
1	334 304 194 118	356 324 210 132	380 346 230 146			
2,5	350 320 200 120	372 340 218 134	398 362 236 148	430 400 260 170		
5	366 332 210 122	386 354 226 136	410 380 248 150	440 410 272 174	466 434 296 192	
10	380 346 218 126	400 368 236 140	426 390 254 156	476 424 280 178	480 446 300 196	510 476 324 216

1.4.7 Distancia mínima entre canales adyacentes.- En el numeral

1.4.2. se tiene la tabla 1.2, en la cual se da la relación mínima de protección para canales adyacentes. Haciendo un análisis de estos valores se observa, que 10 KHz. de separación es lo apropiado; porque, para valores mayores a 10 KHz la relación de protección es alta, desperdiciandose el espectro radioeléctrico y para valores menores los probables serían 8 o 9 KHz., lo que también es inconveniente, debido a que los países vecinos utilizan frecuencias terminadas en cero o cinco, dando lugar a que las señales locales y las provenientes de estos países en la noche originen frecuencias de batido.

La relación de protección para canales adyacentes con separación de 10 KHz. es de 7 dB, o sea que la intensidad de campo interferente puede ser aproximadamente la mitad de la señal deseada. Por lo tanto, la distancia mínima será aquella en los límites del área de cubrimiento, la intensidad de campo interferente sea menor que el 50% de la señal deseada.

En la tabla 1.9 se indican las distancias mínimas requeridas entre transmisores para canales adyacentes con separación de 10 KHz., para las frecuencias de 500 y 1.000 KHz. el método empleado para la elaboración de la tabla 1.9, es el mismo que el utilizado en el numeral 1.4.6 para canal común, utilizando 7 dB de protección señal/interferencia en lugar de 35 dB.

T A B L A 1.9

MINIMA DISTANCIA REQUERIDA (Km.) PARA TRANSMISORES DE CANALES
ADYACENTES CON SEPARACION DE 10 KHz.

f = 500 KHz.

BAJA CONDUCTIVIDAD				
Potencia (Watts)	100	250	1.000	10.000
100	18	24	36	66
250	24	27	39	69
1.000	36	39	45	75
10.000	66	69	75	90

MEDIA CONDUCTIVIDAD				
Potencia (Watts)	100	250	1.000	10.000
100	24	33	45	99
250	33	39	51	105
1.000	45	51	67	111
10.000	99	105	111	150

f = 1.000 KHz.

BAJA CONDUCTIVIDAD				
Potencia (Watts)	100	250	1.000	10.000
100	18	24	30	56
250	24	27	33	59
1.000	30	33	36	62
10.000	56	59	62	75

MEDIA CONDUCTIVIDAD				
Potencia (Watts)	100	250	1.000	10.000
100	24	33	39	74
250	33	39	45	80
1.000	39	45	48	83
10.000	74	80	83	105

1.5 CONCLUSIONES.

Del estudio anterior se desprenden las siguientes conclusiones:

- Para efectuar la distribución de canales para radiodifusión en la banda media y cortas tropicales, se acogerá en lo posible a las normas y recomendaciones internacionales, siempre que la práctica o experiencias obtenidas en el país no digan lo contrario. Esta medida se adoptará debido a que en nuestro país no se han efectuado estudios técnicos sobre parámetros que se utilizan en propagación, u otros datos importantes para planificar en este campo técnico. Además los organismos encargados de estos estudios, tienen a su cargo técnicos de reconocida capacidad y seriedad suficiente como para aceptar sus recomendaciones.
- Como ya se ha mencionado es fundamental el disponer de datos sobre parámetros que intervienen en estos estudios como la conductividad y valores de ruido atmosférico para cada hora del día y período del año. En lo referente a la conductividad, se ha conseguido valores con una primera aproximación para las diferentes zonas del país, que van a ser de mucha utilidad en el presente estudio, como se indican en el Capítulo II. Además se aplica las recomendaciones del C.C.I.R. como ya se ha descrito. En lo referente al ruido atmosférico, el C.C.I.R. ha tabulado los valores del mismo, para cada hora del día y período del año, para todos los países del mundo.

Como los datos de ruido enviados por los organismos internacionales han sido obtenidos para grandes regiones, no tienen la exactitud deseada. Por lo cual los valores indicados para nuestro país son más altos de los que en la realidad le corresponden. Según estos valores solo existirían comunicaciones por onda ionosférica para estaciones que sobrepasan de los 50 Kw., lo que en verdad no sucede.

En el informe enviado por el Sr. Ferdinandus, - Ingeniero del Directorio de Asistencia Técnica Internacional de Holanda en nuestro país al Sr. Director de Telecomunicaciones, el 21 de Mayo de 1.968, coincide en que los valores de ruido atmosférico dados por el I.F.R.B. son muy altos.

También en observaciones efectuadas en el Brasil, demuestran que las investigaciones y valores dados por el C.C.I.R. y el I.F.R.B. no tienen la debida aproximación para Sudamérica, especialmente para las regiones situadas en la zona ecuatorial.

- En la banda media de radiodifusión no se aplicarán siempre iguales criterios que para las bandas cortas tropicales, especialmente por la diferente técnica de propagación utilizada en cada caso, teniéndose un alcance diferente, y por la diferencia en la calidad de la señal recibida. -

- El área de cobertura depende en una forma directa de la raíz-cuadrada de la potencia de los transmisores. Para casos en que la potencia sea pequeña, el alcance será reducido, por lo tanto, tomando en cuenta los datos calculados para "distancias mínimas en canal común", se podría utilizar una misma frecuencia para varias estaciones. Esta sería una manera conveniente para dar cabida un mayor número de radiodifusoras y aprovechar en la forma más óptima el espectro radioeléctrico.
- La separación entre canales adyacentes será de 10 KHz. a lo largo de toda la banda, tanto para la banda media como para las cortas tropicales. Una separación mayor de 10 KHz. no se justificaría, debido a que los valores de protección señal/interferencia son pequeños, como se puede ver en la tabla 1.2. Separaciones menores a 10 KHz., no son aconsejables, ya que las posibilidades que quedarían son: 8 KHz. o 9 KHz., y en vista de que los países vecinos que llegan con sus señales utilizan frecuencias que terminan en cero o cinco, y si en el Ecuador existiere una separación de 8 KHz. o 9 KHz. entre canales adyacentes, entonces habría una diferencia de separación entre las señales locales y las de los otros países menores a 5 KHz., produciéndose frecuencias de batido que causarían graves disturbios en la recepción de la señal. Para valores menores, la protección señal/interferencia es muy alta, por lo que no es posible utilizar una separación menor a 8 KHz. en

tre canales adyacentes.

Por lo tanto, como la banda media de radiodifusión se extiende de 535 KHz. a 1.605 KHz. y considerando la separación de 10 KHz. entre canales adyacentes en toda la banda, se tendrá un total de 107 canales, por lo que es necesario la emisión de varias señales en la misma frecuencia para dar cabida a un número adecuado de estaciones de radiodifusión. En cambio que para las bandas cortas tropicales no se puede al momento anotar el número de canales, debido a que el servicio de radiodifusión en estas bandas tiene que compartir las mismas con otros servicios, lo cual será objeto de estudio en el capítulo que sigue a continuación.

- Por tener que utilizar frecuencias con varias emisiones a la vez, en la banda media para radiodifusión, es necesario el clasificar a las estaciones de acuerdo a su potencia, con lo que se consigue un aprovechamiento racional del espectro radioeléctrico y un mejor servicio.

C A P I T U L O I I

MEDICIONES A EFECTUARSE

2.1 MEDICIONES DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO DE ALGUNAS DE LAS ESTACIONES EXISTENTES

Para las mediciones de campo eléctrico de algunas de las estaciones de radiodifusión en la banda media, como paso previo para la determinación de la conductividad del suelo en las diferentes regiones del país, se utilizaron los siguientes equipos:

- Un receptor TELEFUNKEN, tipo E103 AW/4; de alta sensibilidad y con regulación manual.
- Una antena vertical de 1.5 metros de altura.
- Un generador de señales sinusoidales ADVANCE, tipo E, modelo 2.1.

Las lecturas obtenidas con el receptor y generador de señales eran de voltaje, por lo que fue necesario utilizar un método de conversión mediante un medidor de intensidad de campo eléctrico NEMS CLARKE, modelo 120 D, serie 453, con lo que se consigue en valores de intensidad eléctrico a partir de las lecturas de voltaje.

Para efectuar la calibración, se siguió el siguiente procedimiento:

- En el medidor de intensidad del campo eléctrico se tenía las lecturas directas de los valores absolutos de la intensidad de campo eléctrico E (mv/m) y en el receptor con el genera -

dor de señales los valores de voltaje V (mv), correspondientes a emisiones radioeléctricas encontradas a lo largo de la banda media de radiodifusión.

Con estas lecturas se encontró los valores del factor de conversión K que relaciona linealmente el valor absoluto de la intensidad de campo eléctrico y el voltaje. La ecuación que define al factor de conversión K, esta dado por:

$$K = \frac{E \text{ (mv/m)}}{V \text{ (mV)}} \quad (2.1)$$

- Luego se tendrán tantos valores de K como lecturas se efectúen; con estos valores se trazó la curva K Vs frecuencia, que se tiene en la figura 2.1.

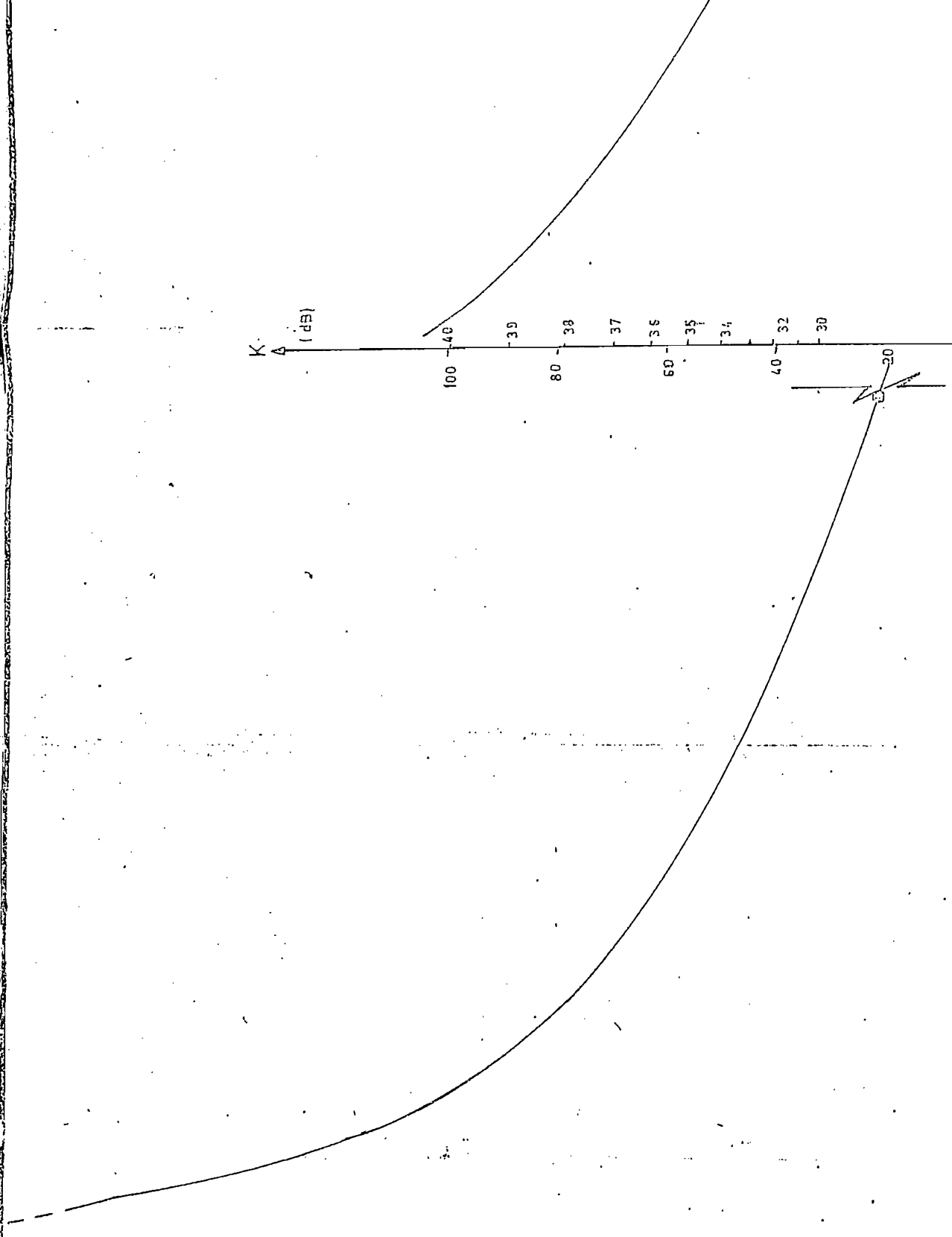
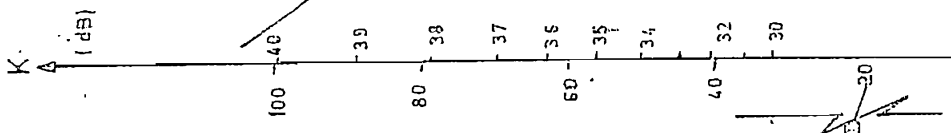
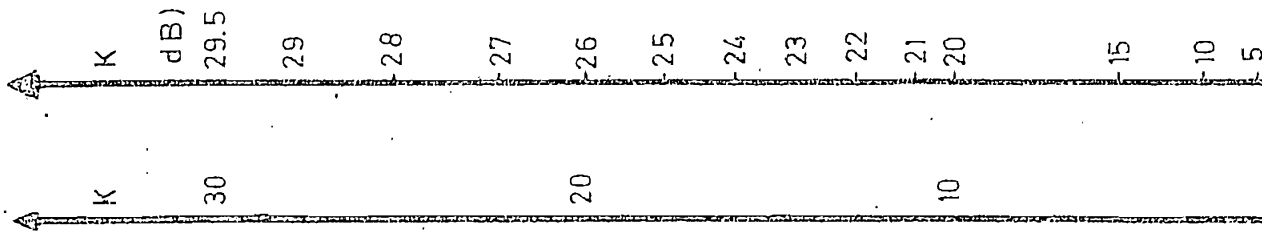
Para facilitar la transformación de los valores de voltaje obtenidos con el receptor y el generador de señales, a valores de intensidad de campo eléctrico, se transformó la relación lineal a una relación logaritmica de la forma siguiente:

$$KdB = EdB - VdB$$

En donde:

$$EdB = 20 \log_{10} \frac{E \text{ (}\mu\text{v/m)}}{1 \text{ }\mu\text{v/m}}$$

$$VdB = 20 \log_{10} \frac{V \text{ (}\mu\text{v)}}{1 \text{ }\mu\text{v}}$$



Entonces:

$$\begin{aligned} \text{KdB} &= 20 \log_{10} E - \log_{10} V \\ \text{KdB} &= 20 \log_{10} \frac{E}{V} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Con los valores que se obtuvieron aplicando la ecuación (2.2), se construyó la escala de KdB como se tiene en la figura 2.1.

En la curva de la figura 2.1, se observa una discontinuidad en la frecuencia de 1.370 KHz.; esto se debe, a que en el receptor TELEFUNKEN se utilizó dos bandas que cubrían los rangos de 534-1.370 KHz. y 1.330-3.280, luego al cambiar de banda se altera la impedancia de entrada del receptor, como consta en el manual del equipo.

2.1.1 Mediciones en el Receptor con el generador de señales. - -

La forma en que se llevaron a cabo las mediciones fue la siguiente:

- Se sintoniza la estación de la cual se está efectuando la medición en el receptor TELEFUNKEN.
- Luego se sitúa a la aguja del indicador de la tensión de entrada de R.F. en el punto medio, en el receptor.
- Se reemplaza la antena vertical con el generador de señales sinusoidales, en la forma como se indica en la figura 2.2.
- Se sintoniza la señal del generador con la frecuencia de la-

estación; que se está examinando, ajustando la frecuencia del generador hasta obtener la máxima señal.

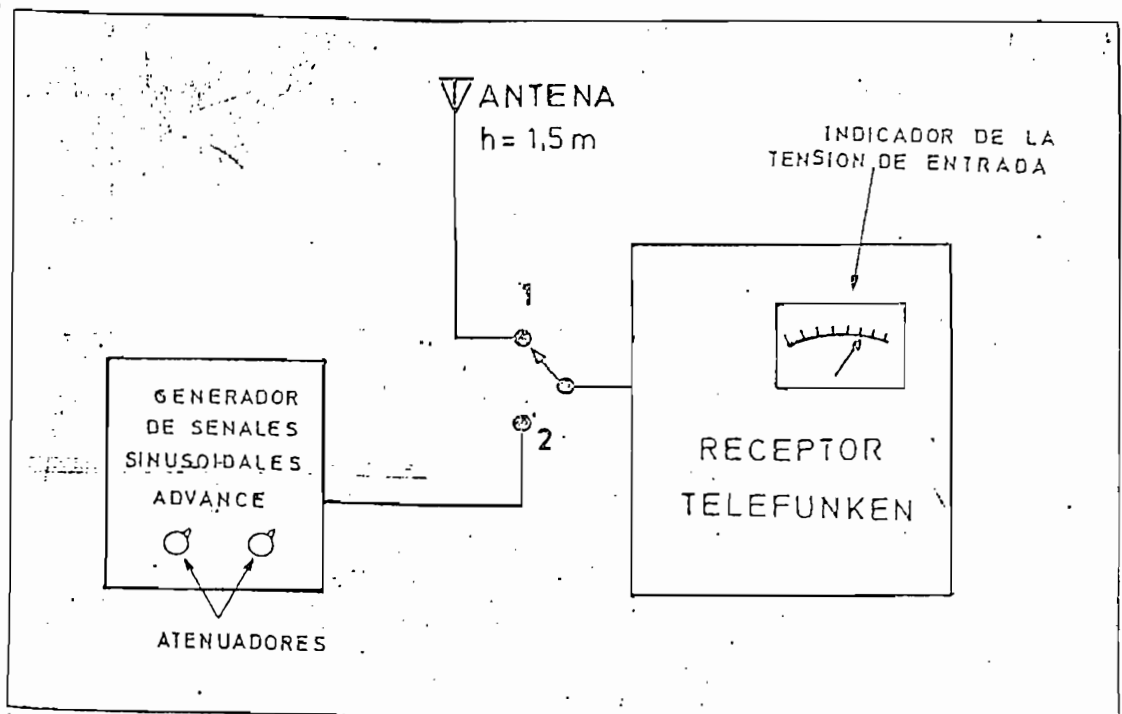


Fig. 2.2 Diagrama de bloques del sistema empleado en las mediciones.

- Por último se acciona los divisores de voltaje en el generador de señales, hasta tener igual lectura en el indicador de la tensión de entrada de R.F. del receptor, teniendo la lectura directa en el divisor de voltaje correspondiente en el generador de señales.

Para obtener el valor de la intensidad de campo eléctrico, se utiliza las curvas de conversión de la figura 2.1

En las tablas 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5 se tienen todos los valores de la intensidad de campo eléctrico obtenidos de la conversión de los valores de voltaje medidos en las carreteras que se anotan en las tablas y efectuados en la estación de comprobación técnica móvil de la Dirección Nacional de Frecuencias. La potencia de los transmisores de las diferentes estaciones que se anotan en las tablas se midieron el mismo día en que se obtenían los valores de voltaje; además, la distancia entre los lugares en que están emplazados los transmisores y los puntos de medición se obtuvieron en mapas de mayor escala - (1:50.000 y 1:500.000).

T A B L A 2.2

DESDE MANTA HASTA GUAYAQUIL

DESDE MANTA HASTA GUAYAQUIL

Frecuencia (MHz)	Ubicación Potencia (kw)	1. Medición Dist. (km)	2. Medición Dist. (km)	3. Medición Dist. (km)	4. Medición Dist. (km)	5. Medición Dist. (km)	6. Medición Dist. (km)	7. Medición Dist. (km)								
560	Guayaquil 10	22,2	62,2	111	62,6	93	64,6	59	82,2	2	14	24				
650	Manta 5,2	11	94,4	27	80,4	47	75,4	86	--	137	--	162				
675	Guayaquil 4,8	149	5116	135	51,6	115	52,4	79	55,2	23	84,2	2	95,6			
720	Portoviejo 1,21	23	74,6	19	76,6	56	70,6	70	50,6	112	--	127	--			
800	Guayaquil 9,8	147	49	129	49	112	51	77	54	20	89	6	65,3	5	103	
900	Chone 0,75	70	41	72	33	88	32,6	114	49	138	--	152	--	166	--	
975	Guayaquil 10	--	35,1	--	35,5	--	45,3	--	50,5	--	85,5	--	86,3	--	91,1	--
1155	Portoviejo 0,35	23	48	19	42	56	--	70	--	112	--	127	--	137	--	--
1270	Guayaquil 10	148	32,9	131	25,9	115	36,4	78	42,9	21	79,3	6	51,3	5	53,3	--

DESDE STO. DOMINGO HASTA ESMERALDAS

DESDE STO. DOMINGO HASTA ESMERALDAS

Frecuencia (MHz)	Ubicación Potencia (kw)	1. Medición Dist. (km)	2. Medición Dist. (km)	3. Medición Dist. (km)	4. Medición Dist. (km)	5. Medición Dist. (km)	6. Medición Dist. (km)	7. Medición Dist. (km)	8. Medición Dist. (km)	9. Medición Dist. (km)	10. Medición Dist. (km)										
550	Quito 5	80	56,5	77	42,6	85	40,2	111	40,2	124	42,2	158	34,1	153	41,5	162	40,7	170	44,6	179	30,6
560	Guayaquil 10	207	46,6	217	45,4	250	43,6	244	43,5	272	40,1	282	36,6	295	--	303	24,7	351	36,6	380	--
650	Manta 5	185	--	192	--	195	39,1	192	39,1	212	34,4	215	36	225	31,5	119	48,4	232	36,4	239	--
700	Quito 50	96	50,8	84	56,8	102	41,9	128	41,2	140	48,3	154	36,4	169	35,2	177	38,8	186	47,4	194	--
800	Guayaquil 10	218	29,6	222	29,6	242	30,2	258	30,3	286	26,3	296	--	315	--	320	--	337	--	336	--
965	Sto. Dgo. 1	6	69,6	10	51	29	45,5	56	45,3	82	27	96	--	116	--	124	--	135	--	142	--
1060	Sto. Dgo. 1	8	49,2	10	30	29	22,6	56	22,5	82	--	96	--	116	--	124	--	133	--	142	--
1310	Quito 5	77	28,2	74	19,2	84	21,6	111	21,5	124	18	140	-6	105	-8	164	--	171	6	180	--
1395	Esmeraldas 0,3	142	--	135	--	117	--	80	--	62	--	48	--	30	47,6	21	66,4	12	76,5	3	87,6
1450	Quito 10	76	46,6	74	41,6	84	--	111	--	124	--	140	--	105	--	165	--	175	--	181	--
1490	Esmeraldas 0,2	142	--	135	--	117	--	89	--	62	--	48	--	30	43,6	21	63,6	12	71,6	3	84,8
1560	Sto. Dgo. 0,2	8	65,2	10	48,2	23	40,2	56	40,2	82	27	96	--	116	--	124	--	133	--	142	--

T A B L A 2.3

DSSDE
DALZAR

ESTIA
GCAICICIL

Frecuencia (KHz)	Ubicación (Km)	Potencia (Kw)	1. Medición Dist. E (km)	2. Medición Dist. E (db) (km)	3. Medición Dist. E (km)	4. Medición Dist. E (db) (km)	5. Medición Dist. E (km)	6. Medición Dist. E (db) (km)	7. Medición Dist. E (km)							
540	Guayaquil	10	88	89,92	70	87,4	53,5	98	35	97	24	96,2	16,5	100	9	104,4
560	Guayaquil	10	64,5	101,5	45	98,6	27,5	106	9	107,5	1	124,6	-9	117,5	20,5	105
~ 655	Guayaquil	3	77,5	73	58,5	74,2	41	80,2	24	83	15	85,3	6,5	93	4,5	96
675	Guayaquil	4,8	82,5	77,2	64	75	41,5	83,6	30	90,6	21,5	90,7	12,5	93,5	2	96,5
800	Guayaquil	9,8	79	71,7	60,5	75	45	88	22	89,8	18,5	88,8	9,5	92,5	2	109
870	Guayaquil	13	80,5	73,5	62	75	45	86,5	28,5	91	20	89,4	10	95,4	1	110,5
945	Guayaquil	10	96,5	66	78	66	60,5	70	44	72,5	35	71,4	26,5	75,6	16	72,6
1050	Guayaquil	5	88,5	63,2	69,5	64	52	64	34,5	--	25	--	16,5	--	8,5	87,6
1270	Guayaquil	10	79,5	63,2	61	71	45,5	93,6	27,5	87,6	18	82,6	10	--	1	109
1435	Guayaquil	0,5	85	--	66,5	--	49	--	33	45	24	--	15	48,5	4,5	59

DSSDE
GUAYQUIL

ESTIA
SALINAS

Frecuencia (KHz)	Ubicación (Km)	Potencia (Kw)	1. Medición Dist. E (km)	2. Medición Dist. E (db) (km)	3. Medición Dist. E (km)	4. Medición Dist. E (db) (km)	5. Medición Dist. E (km)	6. Medición Dist. E (db) (km)	7. Medición Dist. E (km)
------------------	----------------	---------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------

540	Guayaquil	10	2,5	121	12,5	116	21	102	41	98	56,5	97	71	89
560	Guayaquil	10	17,5	100	22	98	30	97	49	85	65	79	75	79
655	Guayaquil	3	10,5	90,5	18	89	26,5	73	47	63	62,5	58	75	56
675	Guayaquil	4,8	6,5	97,5	17	80	25	76	45	72	60,5	66	75	58
800	Guayaquil	9,8	10,5	86,5	19	71	28	76	48	78	64	62	77	57
870	Guayaquil	13	9,5	91	19,5	81	28	78	48,5	69	64	67	78	58
945	Guayaquil	10	12	89,5	20	88	26	74	45	66	60	66	76	60
1050	Guayaquil	5	2,5	107	12,5	93	21	81	41	70	56,5	64	71	64
1270	Guayaquil	10	9,5	82	19	78	27,5	70	48	59	64	64	58	--

T A B L A 2.4

DESDE GUAYAQUIL HASTA CUENCA

Frecuencia (KHz)	Ubicación	Potencia (Kw)	1. Medición Dist. E (Km) (db)	2. Medición Dist. E (Km) (db)	3. Medición Dist. E (Km) (db)	4. Medición Dist. E (Km) (db)	5. Medición Dist. E (Km) (db)	6. Medición Dist. E (Km) (db)	7. Medición Dist. E (Km) (db)	8. Medición Dist. E (Km) (db)								
540	Guayaquil	10	9	118	17	107	27	104	38,5	98	52,5	99	75,5	97	91	80,5	108,5	87
560	Guayaquil	10	29	100	36	101	46,5	100	56	97	75	96	92	96	108	76,5	124	82
655	Guayaquil	3	13,5	90	21,5	84,5	31,5	90	42	78	62	75	78	72	95	54	112	62
675	Guayaquil	4,8	5,5	95	15,5	92	24	91	35,5	77	55	80	70,5	72	88	50	106	72
800	Guayaquil	9,8	10	79,5	18	89	25	88	38,5	80	58,5	73,5	75	72	92	60	106,5	61,5
870	Guayaquil	13	7,5	95	15	94	25,5	89,5	36	81	56	77	72,5	72,5	89	61	106	65,5
1050	Guayaquil	5	9,5	91	17,5	90,5	28	85	39	75	59	74	74	65	91,5	52	109	64
1270	Guayaquil	10	8	92	16	90	26	81,5	36	71	57	66	73	59,5	90	60	107	63
1425	Guayaquil	0,5	5	--	15	68	25,5	57,5	35	50	54	--	70	--	87	--	10E	--

DESDE CUENCA HASTA RIOBAMBA

Frecuencia (KHz)	Ubicación	Potencia (Kw)	1. Medición Dist. E (Km) (db)	2. Medición Dist. E (Km) (db)	3. Medición Dist. E (Km) (db)	4. Medición Dist. E (Km) (db)	5. Medición Dist. E (Km) (db)	6. Medición Dist. E (Km) (db)	7. Medición Dist. E (Km) (db)							
970	Cuenca	5	2,5	71	10	70	20	57,5	27,5	58,5	43	--	57	--	71,5	--
1015	Cuenca	1,15	2	77	10	67	19,5	65	28	69	43,5	49,5	57,5	45	72,5	33
1140	Cuenca	0,53	4	72	11	72	21,5	61,5	29	56,5	44	--	58	--	72,5	--
1175	Cuenca	0,3	4	72	11	72	21,5	54,5	29	60	44	43,5	58	32,5	72,5	--
1200	Cuenca	2	3,5	70	10	70,5	20	55	27	53	42,5	43	56	31	71,5	27

T A B L A 2.5

DESDE
ALAISSI

HASTA
RIBAMBHA

Frecuencia (KHz)	Ubicación	Potencia (Kw)	1. Medición Dist. E (Km)		2. Medición Dist. E (Km)		3. Medición Dist. E (Km)		4. Medición Dist. E (Km)	
			(db)	(Km)	(db)	(Km)	(db)	(Km)	(db)	(Km)
910	Ribamba	1	62,5	-	44,5	30,1	26	31,5	14,5	41
980	Ribamba	0,6	-	-	44,5	51	26	53,5	14,5	65,0
1170	Ribamba	0,25	-	-	44,5	39	26	-	14,5	59
1240	Ribamba	0,15	-	-	44,5	33,5	26	35	14,5	44

DESDE
RIBAMBHA

HASTA
AVIATO

Frecuencia (KHz)	Ubicación	Potencia (Kw)	1. Medición Dist. E (Km)		2. Medición Dist. E (Km)		3. Medición Dist. E (Km)		4. Medición Dist. E (Km)		5. Medición Dist. E (Km)	
			(db)	(Km)	(db)	(Km)	(db)	(Km)	(db)	(Km)	(db)	(Km)
645	Ambato	0,4	48,5	36	41	49	36	74	19	75,9	2	91
980	Ribamba	0,6	-	85,5	10	72	18	66,5	30	47	46,5	45,3
1150	Ribamba	0,2	-	81	10	65,5	18	64	30	42	46,5	39,5
1240	Ribamba	0,35	-	66,5	10	59	18	56,5	30	33,5	46,5	-
* 1345	Ambato	2	48,5	-	41	-	36	-	19	-	2	-

T A B L A 2.6

DRSDE
QUITO

IIASTA
AMBATO

Frecuencia (kHz)	Ubicación	Potencia (W)	1. Medición		2. Medición		3. Medición		4. Medición		5. Medición		6. Medición	
			Dist. (Km)	(dB)	Dist. (Km)	(dB)	Dist. (Km)	(dB)	Dist. (Km)	(dB)	Dist. (Km)	(dB)	Dist. (Km)	(dB)
570	Quito	1	27	79	43	69	37	57	86	-	103	45	-	-
640	Quito	-	20	67	36	46	50	-	79	-	96	-	109	-
700	Quito	50	30	91	45	77	56	64	84	60	100	57	115	51
810	Quito	1	27	67	43	55	57	39	86	29	103	31	117	-
900	Quito	10	22	90	38	75	52	55	81	47	95	47	111	47
1180	Quito	5	22	68	38	55	52	34	81	30	95	-	111	-
1220	Quito	-	22	61	38	47	52	-	81	32	103	-	111	-
1500	Quito	5	19	69	35	60	48	42	78	38	97	-	108	-
1450	Quito	1	21	62	37	-	50	-	80	-	-	-	-	-
1450	Quito	-	27	67	43	55	57	-	86	-	98	-	110	-

2.2 DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD EN DIFERENTES ZONAS DEL

PAIS

La conductividad es un parámetro importante para el cálculo de la onda de superficie. En el Ecuador no se han efectuado investigaciones para determinar los valores de la conductividad de los suelos en las diferentes zonas del país; siendo, uno de los principales objetivos del presente trabajo. Existen diversos métodos para determinar la conductividad, varios de los cuales se anotan en el informe 229 del C.C.I.R. [6]. El método que se aplica en el presente trabajo es el 4.4 del informe mencionado y cuyo procedimiento es: "Se mide la atenuación de las ondas de superficie en función de la distancia y se deduce la conductividad del suelo con las curvas de propagación basadas en teorías rigurosas, de la recomendación 368 del C.C.I.R. [6], mencionadas en el capítulo primero". Este método es aplicable para todas las frecuencias. En las tablas 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5 y 2.6 en que se tienen los valores de la intensidad de campo eléctrico y las distancias correspondientes, dan la atenuación de las ondas de superficie en función de la distancia. Con estos valores se construyen las curvas de intensidad de campo eléctrico-

(expresados en dB) Vs distancia (en kilómetros), en las figuras 2.3; 2.4; 2.5; 2.6; 2.7; 2.8; 2.9; 2.10; 2.11; 2.12; 2.13; - 2.14, que corresponden a cada una de las regiones examinadas.

Los valores de la conductividad correspondientes a los suelos de las regiones en las cuales se efectuaron las mediciones en relación al lugar en donde estaban situados los transmisores de las estaciones de radiodifusión, se determinan superponiendo las curvas antes mencionadas con las normalizadas de la recomendación 368 del C.C.I.R. [6] y las del I.F.R.B. [4]; como la mayor parte de las curvas no coinciden directamente, se tiene que evaluarlas por interpolación.

Los valores encontrados para la conductividad de los suelos aplicando el método descrito fueron trasladados a un mapa del Ecuador, como se puede ver en la figura 2.15. Además, para dar mayor exactitud a las conclusiones finales, se hizo un exámen minucioso en mapas en los cuales constan las zonas agrícolas, asociaciones de suelos, datos climatológicos, estructuras geológicas, que son factores que afectan a los valores de la conductividad como ya se mencionó en el capítulo primero, los cuales, coinciden en sus características. Además, de acuerdo a todos los factores que se anotan anteriormente se hizo una aproximación para las otras regiones del país, como se puede ver en la figura 2.16. No se ha tomado en cuenta para este caso a la región Oriental por no tener ningún dato.

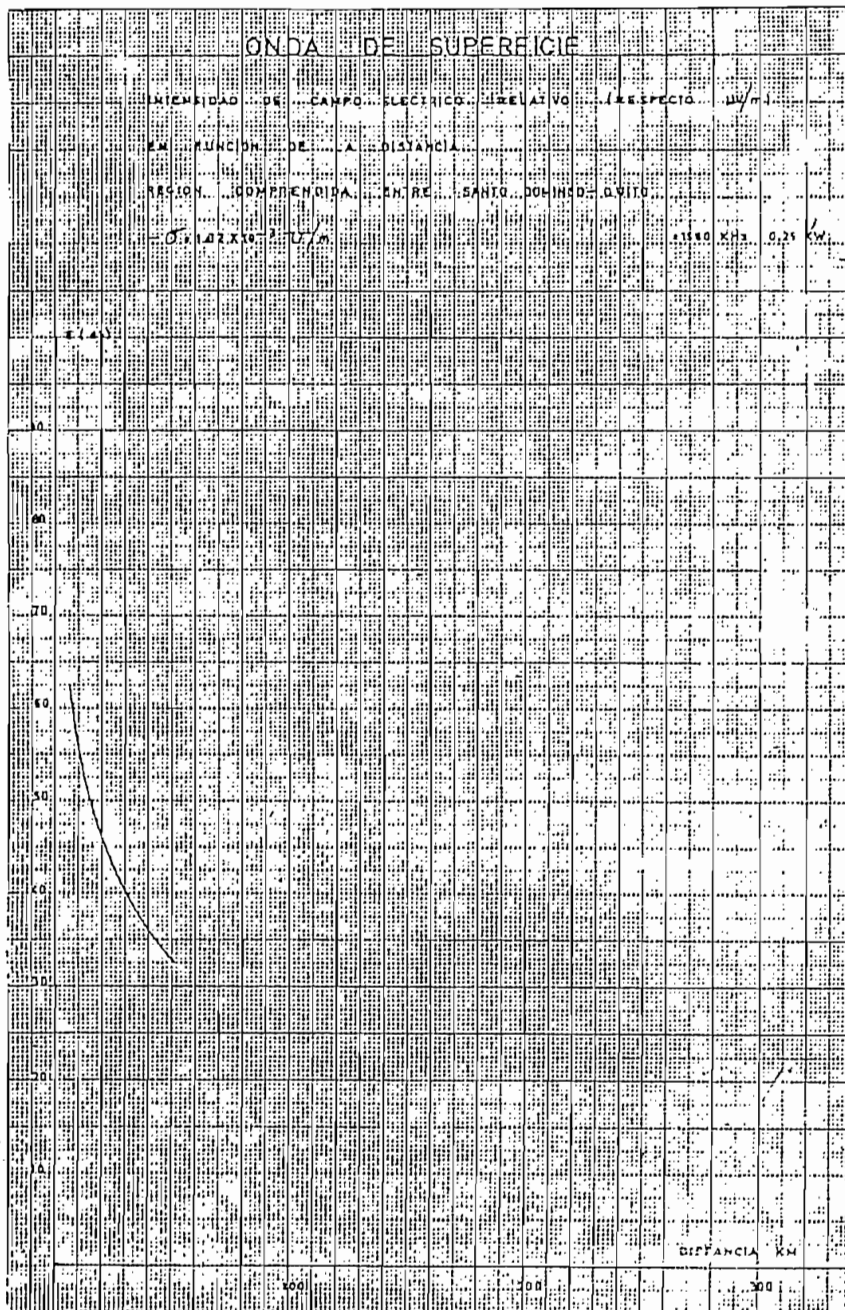


Fig. 2.3 Onda de superficie: Santo Domingo-Quito

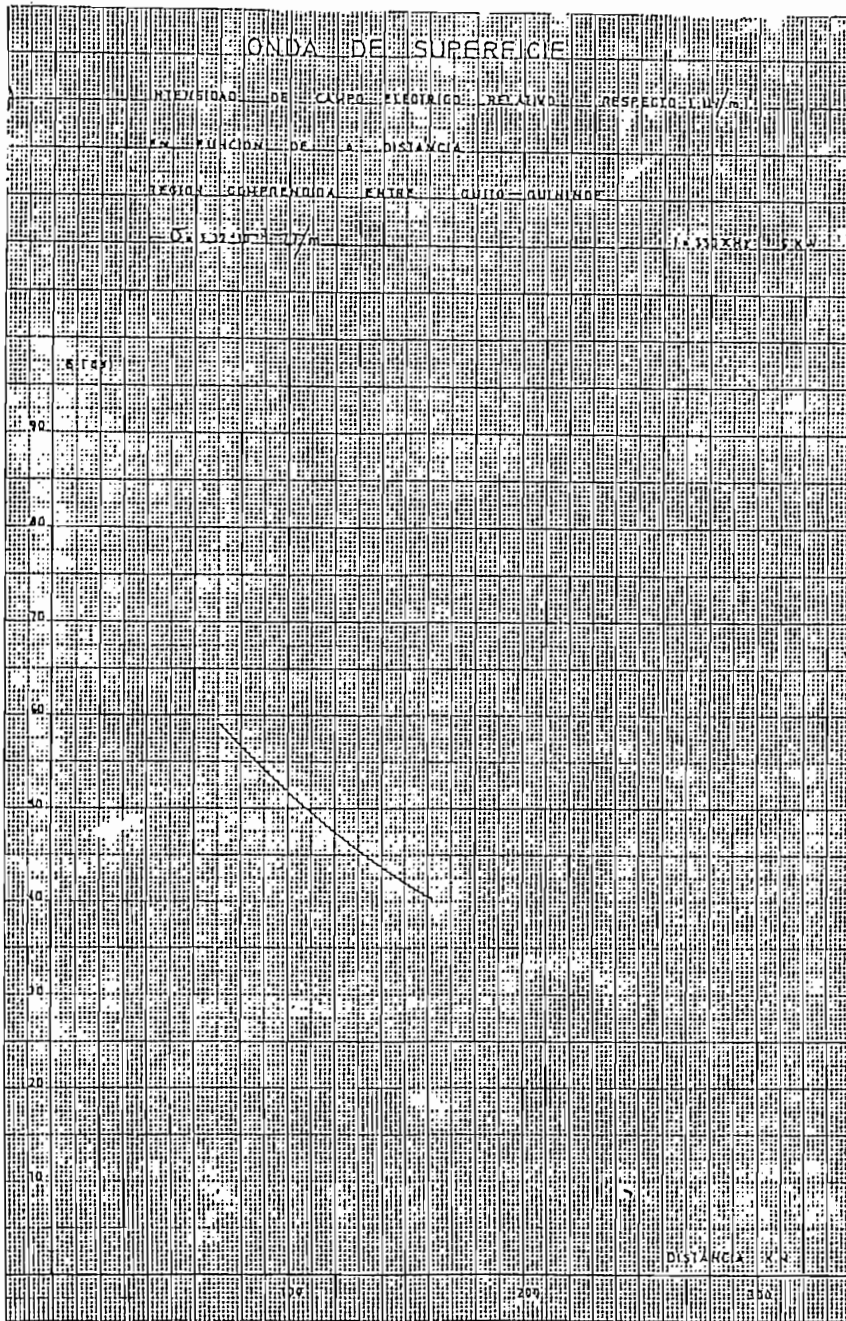


Fig. 2.4 Onda de superficie: Quito-Quinindé.

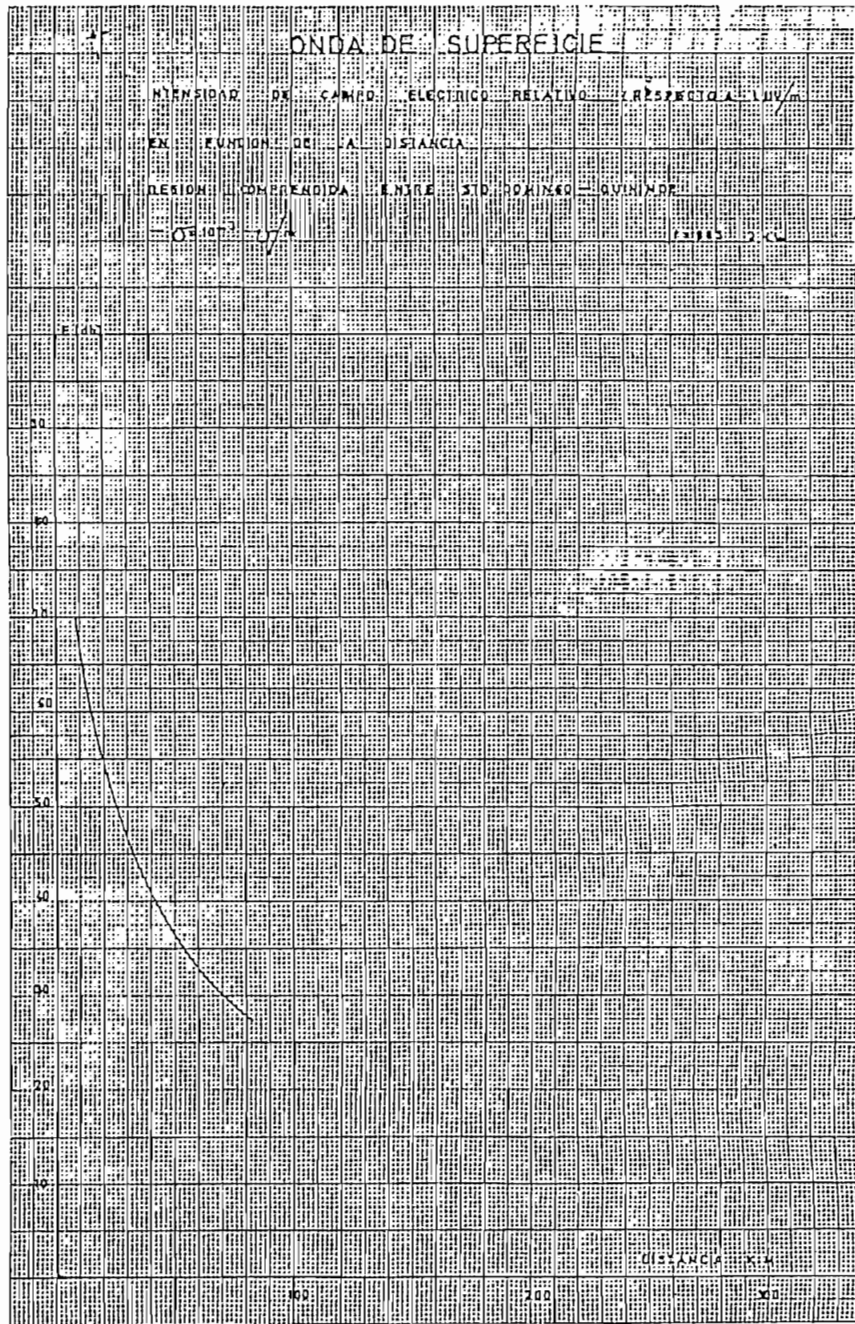


Fig. 2.5 Onda de superficie: Santo Domingo-Quinindé

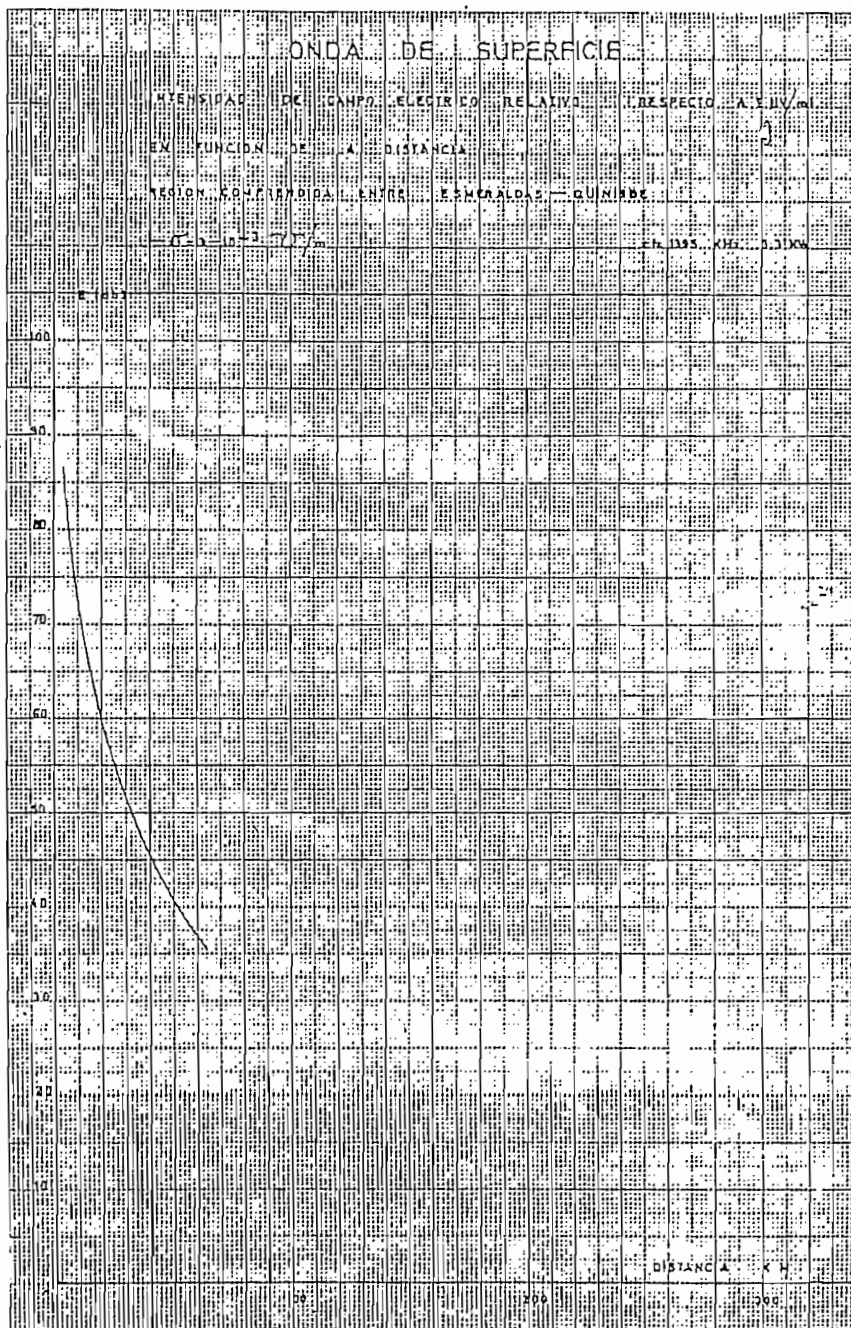


Fig. 2.6 Onda de superficie: Esmeraldas-Quinindé.

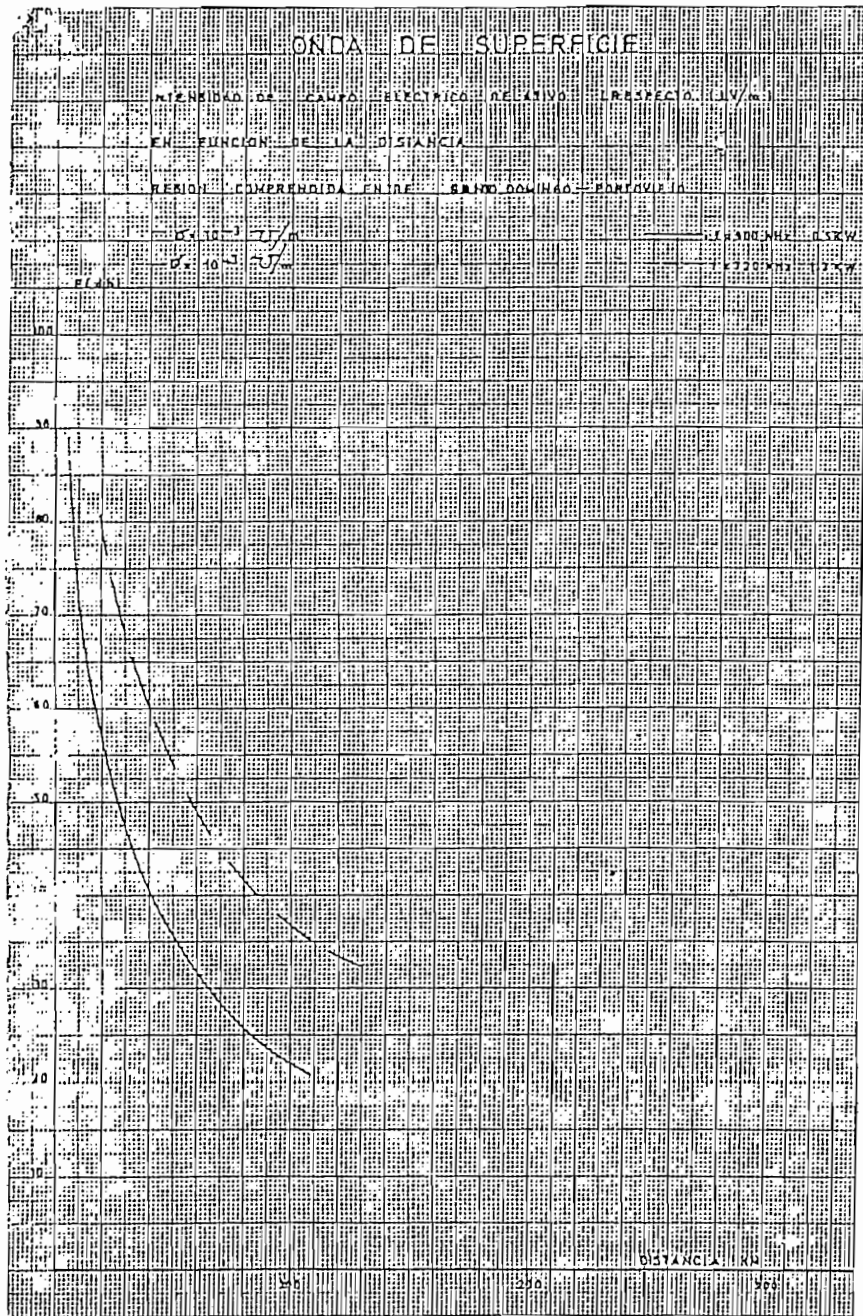


Fig. 2.7 Onda de superficie: Santo Domingo-Portoviejo.

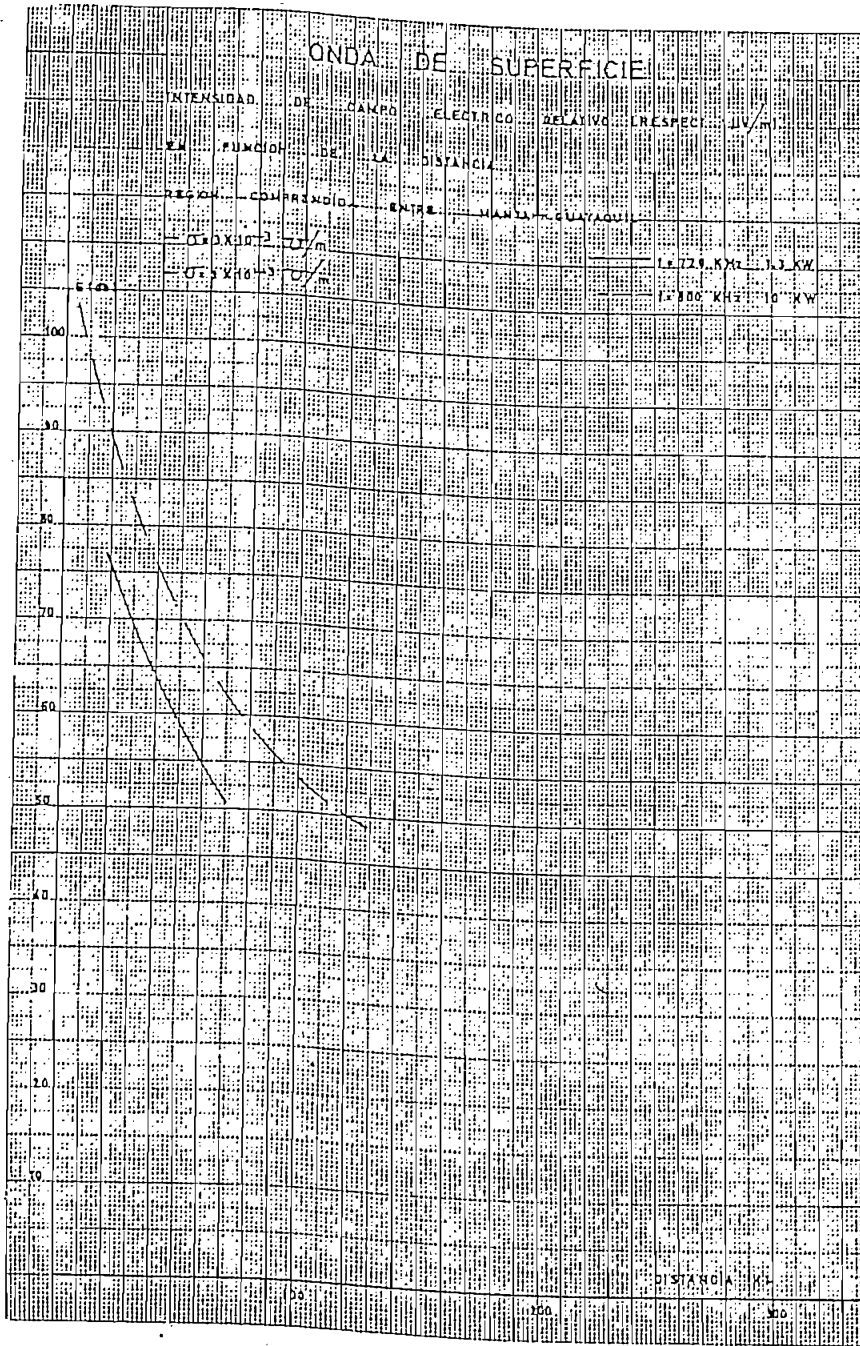


Fig. 2.8. Onda de superficie: Mantá-Guayaquil.

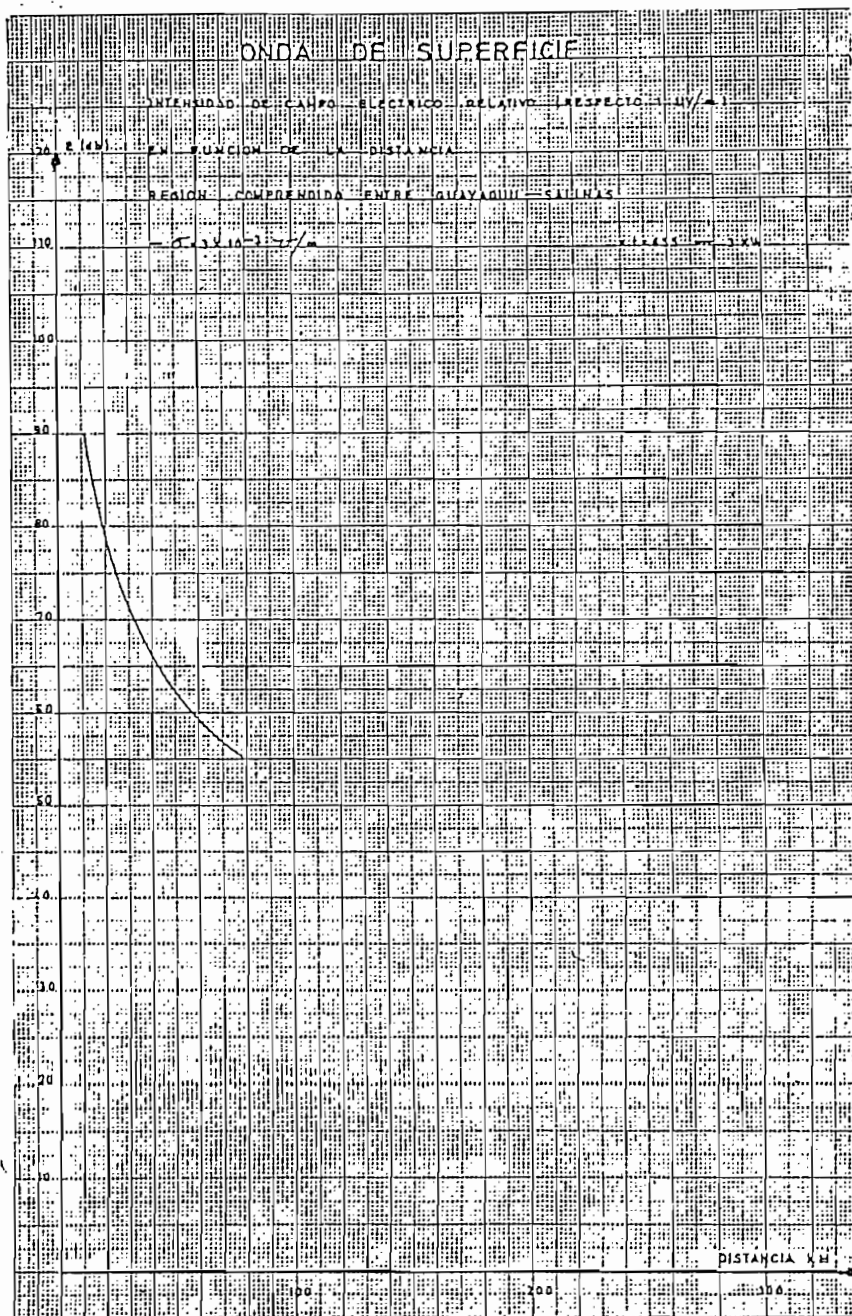


Fig. 2.9 Onda de superficie: Guayaquil-Salinas.

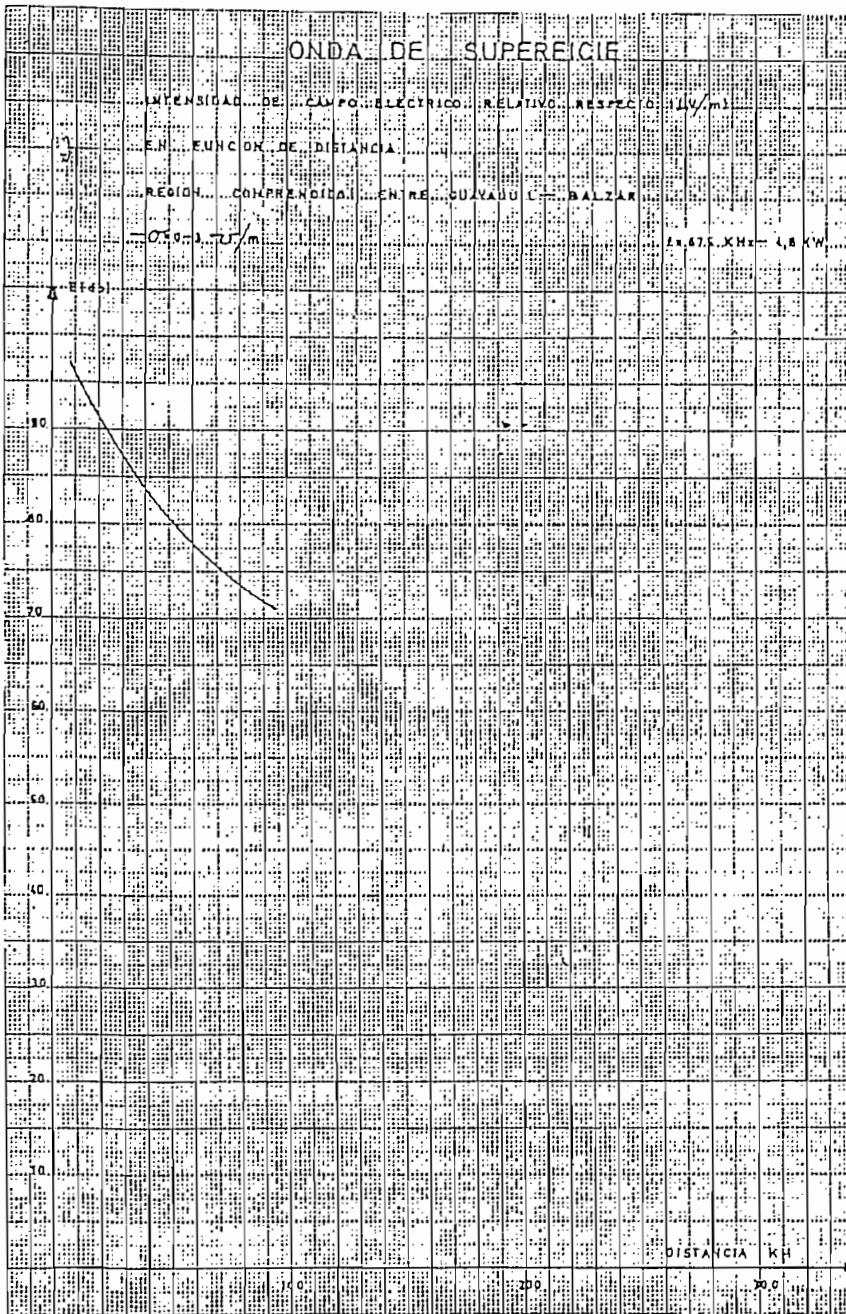


Fig. 2.10 Onda de superficie: Guayaquil-Balzar.

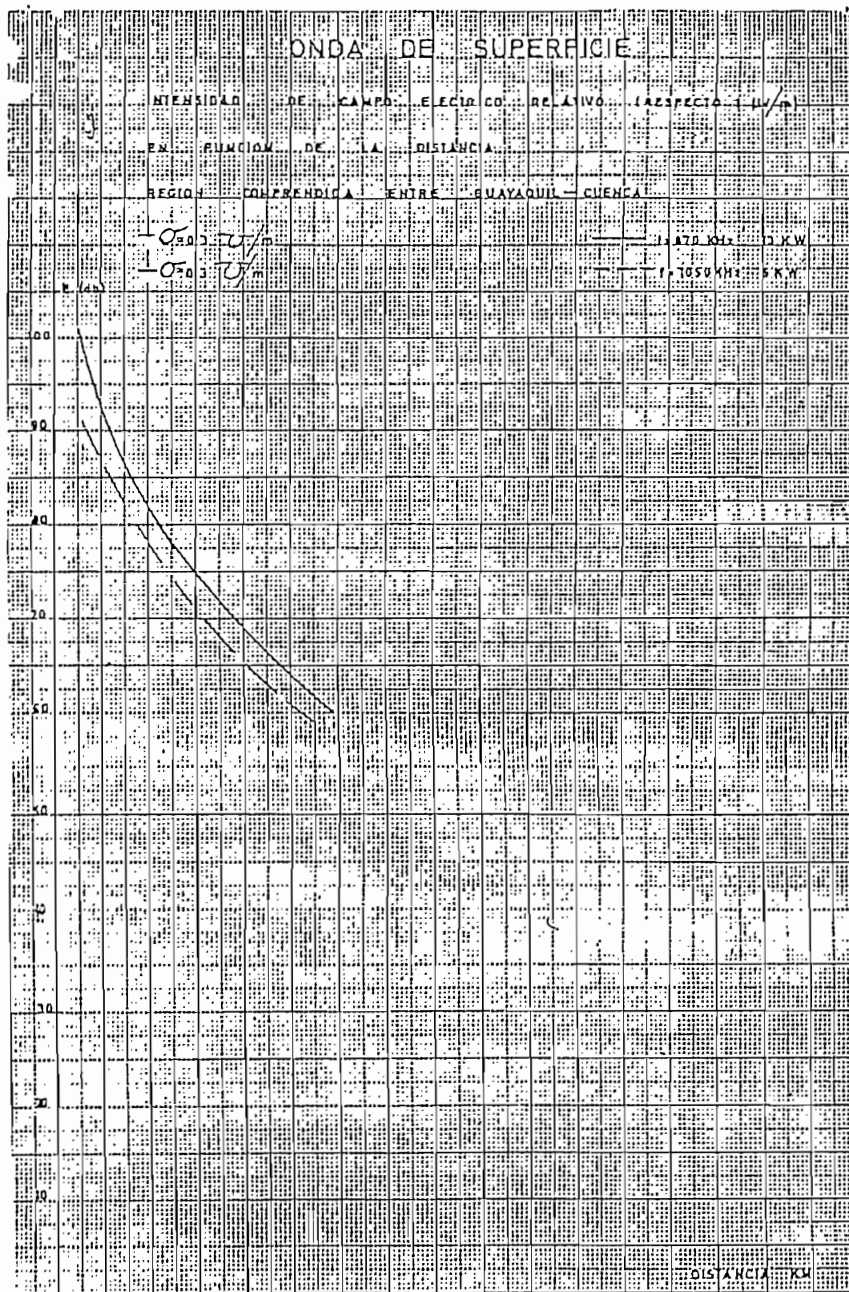


Fig. 2.11 Onda de superficie: Guayaquil-Cuenca.

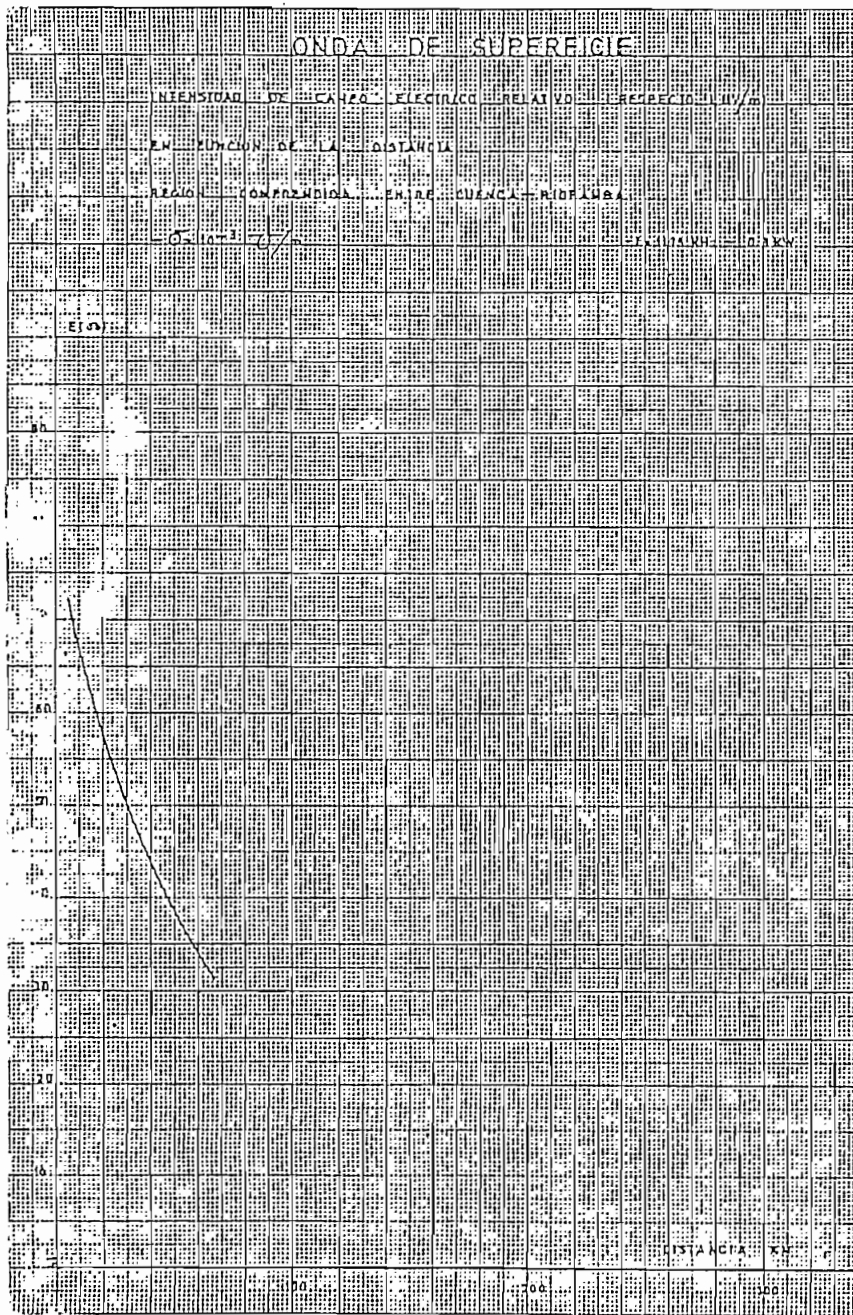


Fig. 2.12 Onda de superficie: Cuenca-Riobamba.

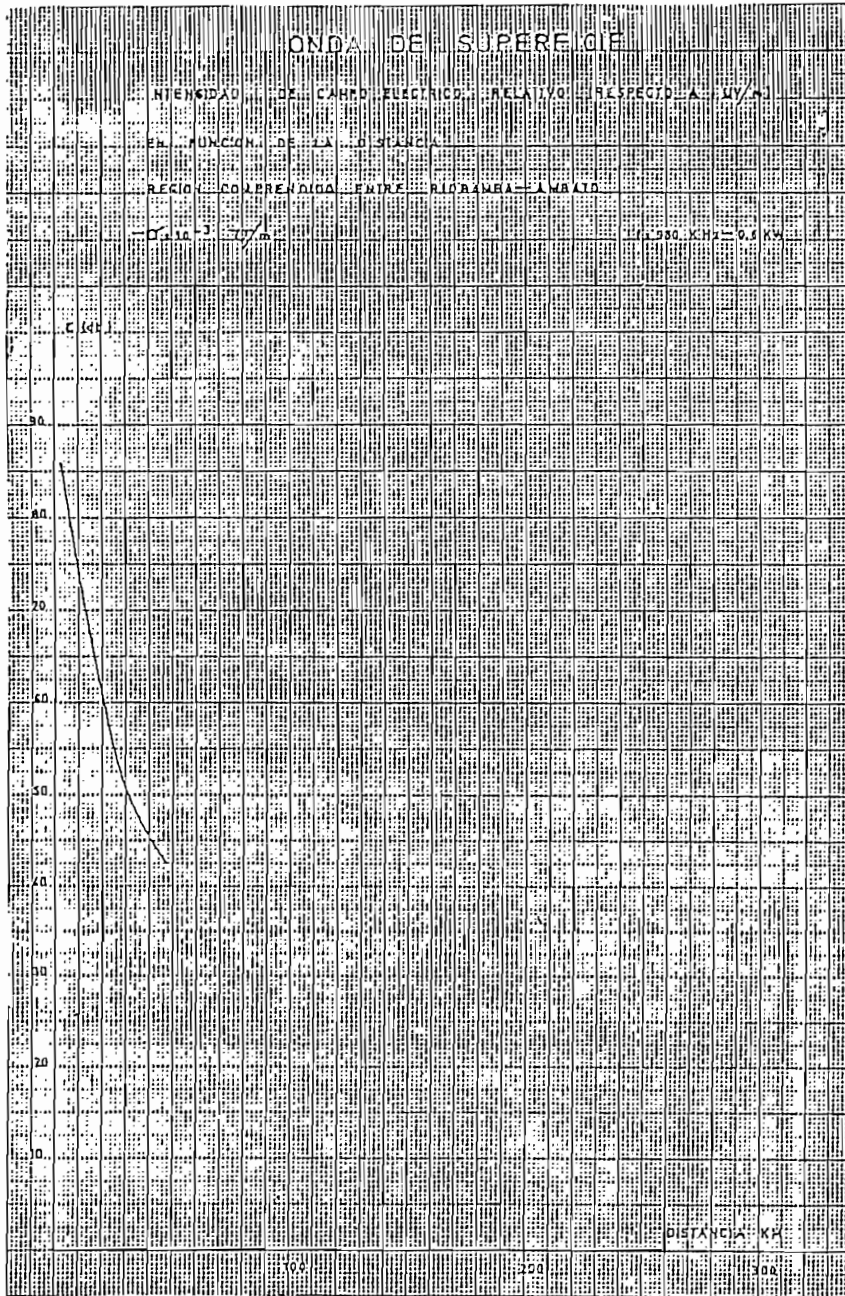


Fig. 2.13 Onda de superficie: Riobamba-Ambato.

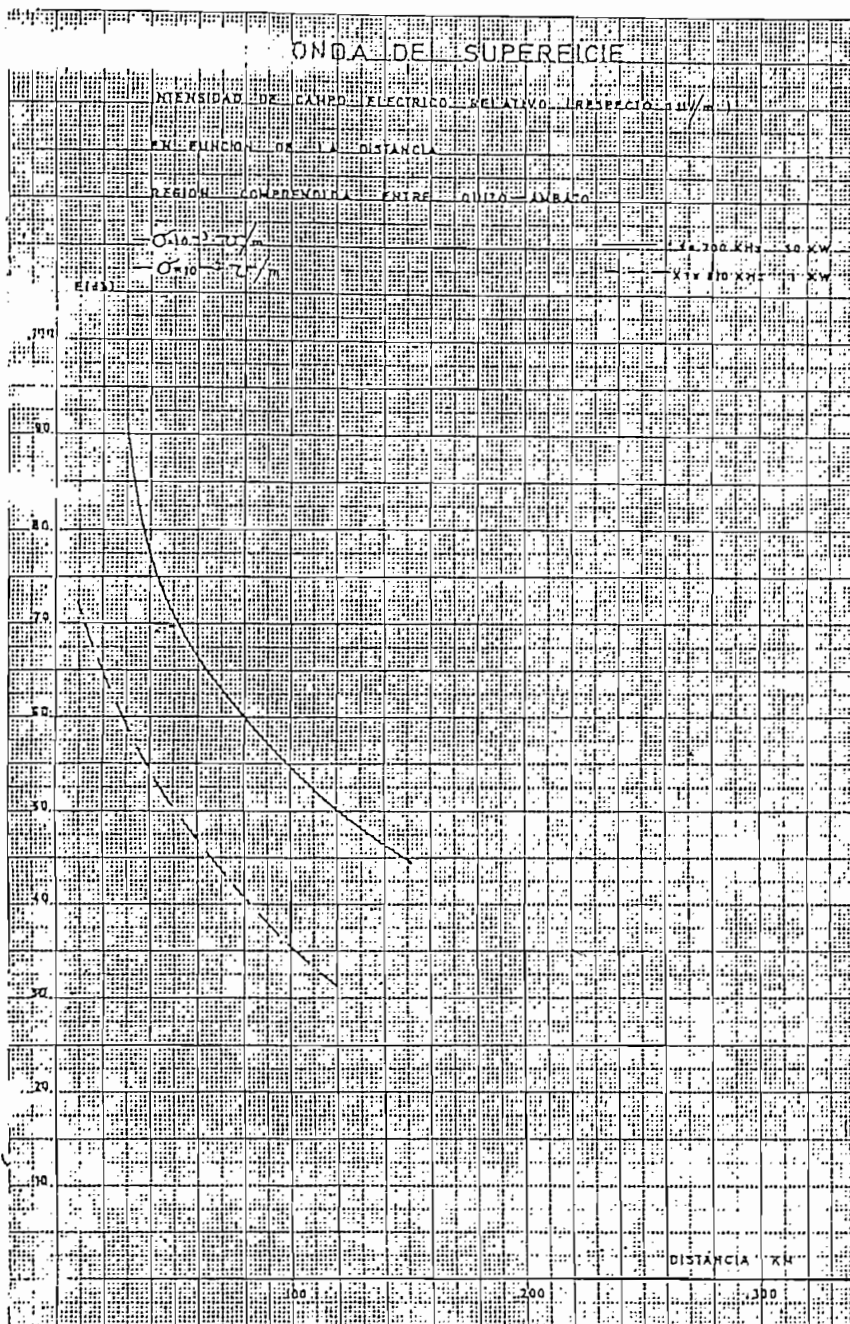
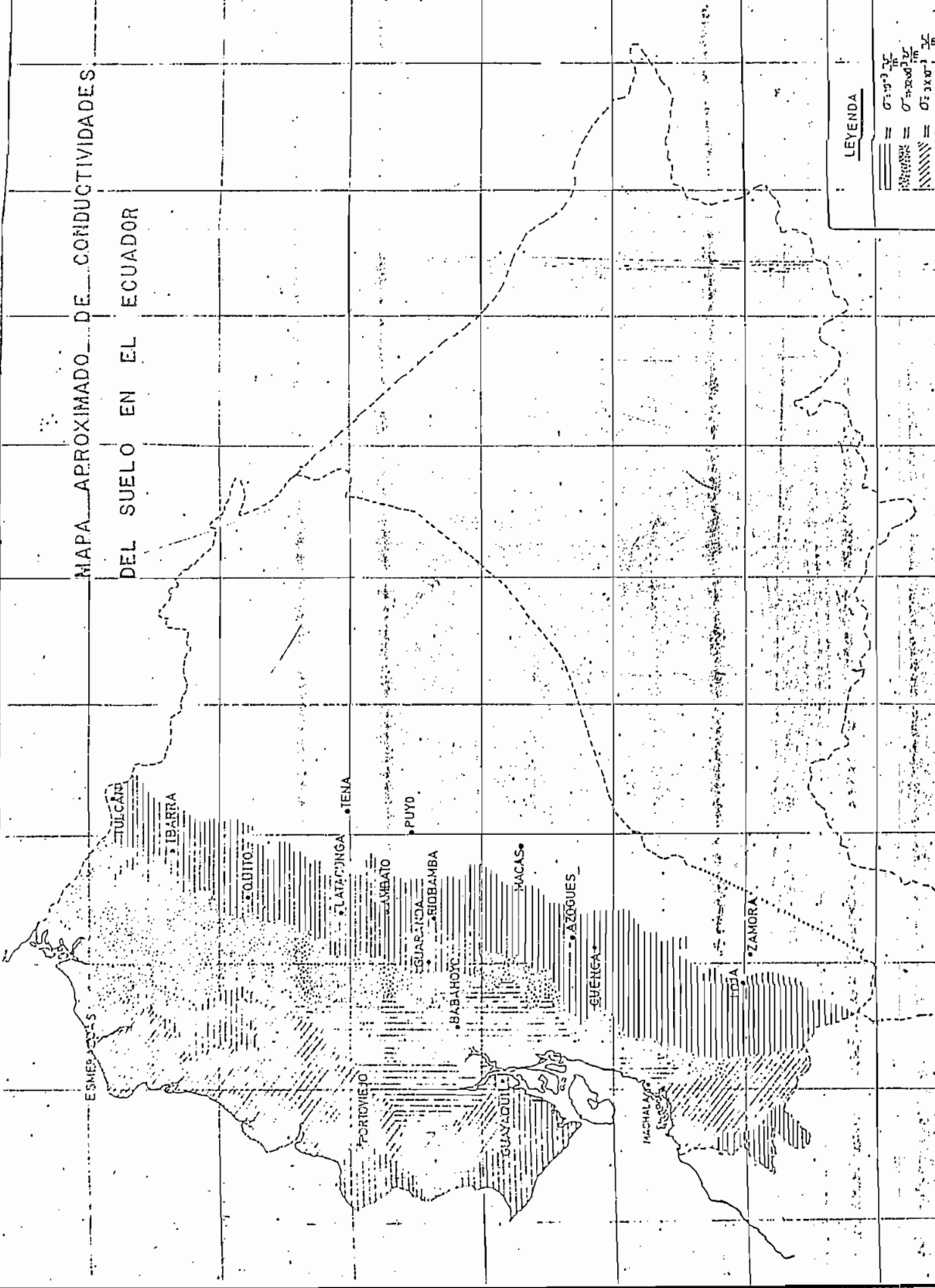


Fig. 2.14 Onda de superficie: Quito-Ambato.

MAPA APROXIMADO DE CONDUCTIVIDADES
DEL SUELO EN EL ECUADOR



LEYENDA

0-100
100-200
200-300

C A P I T U L O I I I

PROYECTO DE DISTRIBUCION PARA EL ECUADOR

3.1 APLICACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y LOS CONCEPTOS TEORICOS DE PROPAGACION.

En el capítulo primero se han descrito todos los principios y normas técnicas de propagación, necesarios para la elaboración del proyecto de distribución de canales en las bandas media y cortas tropicales de radiodifusión. En el segundo capítulo se han determinado los valores de conductividad de los suelos del Ecuador, los cuales se aplicarán en los cálculos correspondientes a la propagación por onda de superficie.

3.1.1 Aplicación de los estudios de propagación y los valores evaluados de conductividad en la banda media de radiodifusión.

- Para la banda media de radiodifusión, la principal forma de propagación es por onda de superficie, la cual servirá como base para la distribución de los canales.

Las consideraciones previas para la distribución de canales en esta banda, son los siguientes:

- 1.- La separación que se mantendrá entre los canales a lo largo de toda la banda será de 10 KHz., siendo la relación de protección señal/interferencia de 7 dB como se indica en la tabla 2.2. No se utiliza una separación entre canales de 5 KHz., debido a que para esta separación la relación señal/interferencia es mayor que 35 dB, o sea superior a la pro-

tección para canal común; en cambio, que para separaciones entre 5 y 10 KHz. no se la ha empleado por motivos que se explican en el numeral 1.4.2. del capítulo primero. En las tablas 3.1; 3.2 y 3.3, se han evaluado las distancias mínimas entre transmisores de diversas potencias, para todas las conductividades de los suelos del Ecuador para canales adyacentes, con una separación de 10 KHz.

2.- Se adoptará como norma, que todos los canales terminen en cero, esto es: 540, 550, 560,.....1.600; o sea, que el primer canal comienza en 540 KHz., y no habría posibilidad de que terminen en otro número, ya que la separación adoptada es de 10 KHz. Por tanto dará un total de 107 canales para toda la banda media de radiodifusión.

3.- Se acepta la recomendación dada en la sexta reunión de Citel, celebrada en Caracas en el año de 1.971 en la cual se pide; que, para las ciudades en las cuales se tiene 30 o más emisiones en la banda media de radiodifusión, se considera una separación mínima de 30 KHz. a lo largo de toda la banda. En este valor se prevee la protección a interferencias por canales adyacentes y las producidas por intermodulación.

4.- La potencia y la frecuencia son dos factores importantes en alcance de las ondas radioeléctricas, ya que con una gran potencia y una frecuencia situada en la parte baja de la

DISTANCIA MINIMA (KM) ENTRE TRANSMISORES DE DIVERSAS POTENCIAS
PARA DIFERENTES CONDUCTIVIDADES DE LOS SUELOS DEL ECUADOR EN
CANALES ADYACENTES (TABLAS 3.1; 3.2 y 3.3)

$$= 0.3; 3 \times 10^{-3}; 10^{-3} \text{ } \sigma/m$$

Relación de protección señal/interferencia 7 dB.

Período : Alto Ruido ($J_1 = 61$)

T A B L A 3.1

Intensidad de campo mínima a proteger : 65 dB.

Frecuencia : 700 KHz.

Potencia (Kw)	20	50	100
20	430 184 100		
50	470 200 110	510 226 120	
100	500 220 128	540 240 140	570 258 150

Intensidad de campo mínima a proteger : 58 dB.

Frecuencia : 1.000 KHz.

T A B L A 3.2

Potencia (Kw)	5	10
5	286 132 72	
10	314 148 80	330 154 82

T A B L A 3.3

Intensidad de campo mínima a proteger : 52 dB.

9

Frecuencia : 1.500 KHz.

Potencia (Kw.)	0,25	0,5	1	2,5	3
0,25	156 62 32				
0,5	158 70 34	170 72 32			
1	180 78 40	142 80 42	200 80 48		
2,5	200 86 46	210 90 50	222 96 52	236 100 58	
3	206 90 50	216 94 52	228 100 54	246 104 60	250 104 62

banda se consigue una mayor área de cobertura de la zona primaria, que para una potencia menor y una frecuencia más elevada, -teniendo los mismos valores de conductividad; por lo que, no es conveniente el tener mezcladas a las estaciones que poseen diferentes potencias.

Una estación de baja potencia en sus transmisiones, tiene un alcance limitado, dando tan solo un servicio local; la onda ionosférica no es de utilidad, debido a que no se logra rebasar en el punto de recepción el valor mínimo de intensidad de campo mínima a proteger. Para altas potencias el alcance por ondas de superficie es mucho mayor, y la onda ionosférica es útil ya que las señales superan la intensidad de campo mínima a proteger.

Como en las frecuencias bajas se tiene mayor alcance por onda de superficie, es aconsejable el que estén situadas las estaciones de mayor potencia en esta parte de la banda, de tal modo que con una sola emisión se pueda cubrir todo el país. En cambio que en la parte alta deben situarse a las estaciones de menor potencia y que solo tengan el carácter de locales.

Por el análisis expuesto y pensando en el alcance que se va conseguir de acuerdo a la potencia de los transmisores se los ha clasificado de la siguiente manera:

- Estaciones de alta potencia, que corresponden ^{de} potencias superiores a 10 Kw. hasta 100 Kw.
- Estaciones de potencias medias, que van de 5 Kw. hasta 10 Kw. inclusive.
- Estaciones de baja potencia, las cuales podrán tener de 0.25 Kw. hasta 3 Kw. inclusive.

Además para que den un mejor servicio y pensando en la inversión que representan esta clase de empresas se deben fijar las potencias mínimas de acuerdo al número de habitantes de las ciudades en las cuales serán instalados los transmisores, para las estaciones de baja potencia:

- 0,25 Kw. para ciudades menores a 50.000 habitantes.
 - 0,5 Kw. para ciudades que tengan entre 50.000 a 100.000 habitantes y,
 - 1 Kw. para ciudades que poseen más de 100.000 habitantes.
- 5.- Por lo explicado anteriormente, para dar el máximo de utilidad al espectro radioeléctrico, se lo debe dividir en tres sectores de acuerdo a la potencia. Los rangos de frecuencias tomados para cada sector, están de acuerdo al número de estaciones existentes en relación a la potencia y tomando en cuenta las proyecciones futuras:

- De 540-820 KHz., estarán destinadas para estaciones de ra diodifusión en alta potencia. En cada canal solo podrá existir una estación para todo el país, denominándose canales nacionales.
- De 830-1.180 KHz., serán canales destinados para emisoras de potencia media. En cada canal se podrán tener hasta dos emisiones en todo el país, y se les denominará cana les regionales.
- De 1.190-1.600 KHz., se utilizarán para estaciones de ra diodifusión de baja potencia. Se podrá tener dos o más e misiones en cada canal en todo el país y se los denomina- rá canales locales.

Por lo expuesto se tendrá 30 emisiones en ca nales nacionales, 72 emisiones en canales regionales y 84 o más emisiones en canales locales. No siempre será factible el poseer dos emisiones en canal regional; en cambio que en canal local, de acuerdo a las tablas 3.4 y 3.5 en donde se anotan las distancias mínimas entre transmisores de diver sas potencias para los valores evaluados de las conductivi- dades de los suelos del Ecuador en canal común, se podrán- tener hasta cuatro emisiones en la misma frecuencia, por- tanto si esto fuera factible en todos los canales se ten- dría un máximo de 168 emisiones en canales locales. En es

DISTANCIA MINIMA (KM) ENTRE TRANSMISORES DE DIVERSAS POTENCIAS
PARA VALORES DE LAS CONDUCTIVIDADES DE LOS SUELOS DEL ECUADOR
EN CANAL COMUN (TABLAS 3.4 y 3.5)

= 0,3; 3×10^{-3} ; 10^{-3} (mho/m)

Relación de potencia señal/ruido 35 dB.

Período de alto ruido ($J_1 = 61$)

T A B L A 3.4

Intensidad de campo mínima a proteger 58 dB.

Frecuencia : 1.000 KHz.

Potencia (Kw)	5	10
5	520 296 192	
10	554 300 196	570 324 216

T A B L A 3.5

Intensidad de campo mínima a proteger 52 dB.

Frecuencia : 1.500 KHz.

Potencia (Kw)	0,25	0,5	1	3
0,25	326 160 106			
0,5	348 162 108	350 178 110		
1	360 168 110	370 184 124	384 200 136	
3	370 174 116	380 188 126	406 210 110	450 240 168

tas tablas se consideran 35 dB de protección señal/interferencia en canal común.

6.- Además de estos factores, se debe tomar en cuenta otros de tanta importancia como la población de cada región y el desarrollo socio-económico de las mismas.

Para la elaboración del cuadro de distribución de estaciones de radiodifusión en la banda media, se considera como un factor fundamental la población de cada provincia en relación a la de todo el país. Luego, si se toma esta relación y se considera el máximo de emisiones en los canales regionales y locales (270 emisiones en toda la banda), se obtiene la tabla - 3.6.

En esta tabla se obtiene el número de emisiones por provincia, tomándole como una primera aproximación. Haciendo un análisis de esta distribución, se encuentra algunos absurdos en los valores anotados, debido a las razones que se anotan a continuación.

Como se toman el máximo número de emisiones, sin preveer la posibilidad de que no exista dos o cuatro estaciones de radiodifusión en los canales regionales y locales respectivamente por imposibilidades técnicas, daría el primer error en la aproximación. Otro factor que no se considera, es el índice de

T A B L A 3.6

Provincia	Población	Nº de emi- siones en canal Ncnal.	Nº de emi- siones en canal Regional.	Nº de emi- siones en canal Local.
Esmeraldas	184.856	1	2	5
Manabí	848.556	4	10	23
Guayas	1'463.991	7	17	38
Lor Ríos	370.792	2	4	10
El Oro	251.233	1	3	7
Carchi	122.955	1	1	3
Imbabura	217.803	1	2	6
Pichincha	876.215	4	10	23
Cotopaxi	241.504	1	3	6
Tungurahua	263.004	1	3	7
Bolívar	183.751	1	2	5
Chimborazo	384.002	2	4	10
Cañar	138.004	1	2	3
Azuay	320.164	1	4	8
Loja	388.854	2	4	10
Napo	40.381	-	1	1
Pastaza	22.797	-	-	1
Morona				
Santiago	42.451	-	-	1
Zamora Chinchiipe	19.081	-	-	1

crecimiento de la población en cada región o ciudad, existiendo diferentes proyecciones futuras en cada caso; así tenemos, que Quito y Guayaquil, son las ciudades con mayor incremento en su población, debido en parte a la inmigración de la población de las zonas rurales o de ciudades de poco desarrollo. También debe incluirse a regiones que en el futuro pueden poblarse rápidamente debido a que poseen grandes recursos naturales que darán lugar a programas de desarrollo en gran escala y que en algunos casos ya es una realidad, tales como: la región Oriental, que es una zona muy rica en petróleo; la Cuenca sobre el río Guayas por la riqueza de sus suelos para la agricultura, etc.

Además, si se hace un análisis en relación a la población urbana y rural se encuentra, que en la mayoría de las provincias predomina la población rural; por tanto, en muchos casos solo existirá la factibilidad de instalaciones de estaciones de radiodifusión en las capitales de provincia, ya que no se justificaría la existencia de esta clase de empresas en pequeños poblados. En algunos casos, no será probable el instalar estaciones de radiodifusión en canal nacional o regional en las capitales de provincia, debido al alto costo que significan, y que no podrían ser financiadas, siendo en este caso los canales locales una buena solución.

Quito y Guayaquil, son ciudades con poblaciones -

muy elevadas, en relación a las demás; también poseen un adelanto socio-económico elevado, por lo que es conveniente el concederles el máximo número de canales a las provincias en donde estan localizadas estas ciudades. Por tanto, aplicando la recomendación de Citel dado en Caracas en 1.971, se considera 40 KHz. de separación entre canales adyacentes para las estaciones de alta potencia (canales nacionales), y 30 KHz. para el resto de la banda. Esto no significa, que se deban ocupar inmediatamente todos los canales, sino que habrá muchos de ellos que se los debe dejar para utilizarlos en el futuro.

En cuanto al Archipiélago de Colón no se lo debe incluir en el programa general. Como es una zona aislada en relación a las demás provincias sería conveniente el utilizar en las frecuencias en donde se tenga el máximo alcance y potencias suficientes para cubrir todas las islas. Como solución inmediata, sería conveniente que el gobierno instale una emisora, con programas adecuados y que abarquen aspectos como educación, noticias, de integración etc; esto podría estar a cargo de la armada ecuatoriana o del Ministerio de Obras Públicas.

Como resultado del análisis expuesto se tiene la tabla 3.7, en el cual se da el número de emisiones para cada provincia para los diferentes canales. Los números que apare -

T A B L A 3.7

Provincias	Número de Canales		
	Nacionales	Regionales	Locales
Guayas	8	12	15
Pichincha	8	12	15
Manabí	2	4 (6)	10 (12)
Azuay	2	2 (4)	10 (12)
Los Ríos	1	2 (4)	10 (12)
Tungurahua	1	2 (3)	10 (12)
Esmeraldas	1	2	5 (7)
El Oro	1	2 (4)	8 (10)
Chimborazo	1	2 (3)	10 (12)
Carchi	1	1	5 (8)
Loja	1	2	5 (7)
Napo	1	2 (3)	5 (7)
Pastaza	1	2 (3)	4
Imbabura	-	2 (3)	8 (10)
Cotopaxi	-	2 (3)	8 (10)
Zamora Chinchipe	1	2 (2)	3
Morona Santiago	-	1 (2)	4
Bolívar	-	1 (2)	4
Cañar	-	1	4

cen en paréntesis, son posibilidades que se tendrían, si se permiten, las condiciones técnicas para la distribución en canal común. Esta será la tabla sobre la cual se base el proyecto de distribución de canales en la banda media de radiodifusión.

3.1.2 Aplicación de los estudios de propagación para ondas cortas tropicales de radiodifusión.- Para las ondas cortas de radiodifusión tropical, la principal forma de propagación es por onda ionosférica, la cual servirá como base para la distribución de los canales.

Las consideraciones previas para la distribución de canales en estas bandas son las siguientes:

- 1.- La zona de servicio de un transmisor para radiodifusión en la zona tropical no es probable que exceda de 400 kilómetros para cubrir todo el país.
- 2.- El valor de la potencia en los transmisores, está determinado por las señales mínimas necesarias para vencer el ruido atmosférico y el alcance que se tenga que cubrir. El C.C. I.R. según la recomendación 215 [8], da valores límites superiores de potencia, para los diferentes valores de las zonas de servicio:
 - Para una zona de servicio limitada a 400 kilómetros, la potencia nominal del transmisor no deberá exceder a 10-Kw.

-Para una zona de servicio limitada a 800 kilómetros, no deberá rebasar a los 30 Kw.

Por lo tanto para nuestro país el límite superior de potencia será 10 Kw. y de acuerdo a análisis hechos sobre los valores de ruido atmosférico en el Ecuador el valor inferior deberá ser de 1 Kw.; ya que, con una potencia menor la intensidad de la señal no logrará rebasar el nivel de campo mínimo a proteger, por lo que tan solo tendrá un valor aceptable en los alrededores del transmisor y no cumplirá con el objetivo de este servicio.

- 3.- Los transmisores para la radiodifusión en la zona tropical deben asegurar un servicio sin zonas de silencio, por lo que es importante el diseño de sus antenas.
- 4.- Las bandas utilizadas son compartidas con otros servicios como se indica a continuación:

Banda de Frecuencia	Servicios con los que comparte
2.300 - 2.495 KHz.	Fijo, Móvil
3.200 - 3.400 KHz.	Fijo y Móvil salvo Móvil Aero náutico.
4.759 - 4.850 KHz.	Fijo
4.859 - 4.995 KHz.	Fijo y Móvil terrestre
5.005 - 5.060 KHz.	Fijo

El servicio de radiodifusión tiene prioridad sobre todos los otros servicios que están compartiendo estas bandas. Tomando en cuenta este factor, y la utilización que se tiene al momento, es conveniente dividir a estas bandas tomando en cuenta que los otros servicios poseen potencias muy inferiores a las que se va a utilizar en radiodifusión, por lo que no se puede mezclarlas. Además el ancho de banda es menor que el utilizado en radiodifusión que es de 10 KHz.

- 5.- Según la norma del I.F.R.B. de la tabla (A.3; P.26) [4], la separación de 10 KHz. entre canales adyacentes dan como valor de protección señal/interferencia 8 dB. Debido a las potencias que se van a emplear, ésta sería la separación que se mantendrá en todas las bandas, a excepción de la banda comprendida entre 5.005-5.060 KHz.; en la cual, por tener las mejores condiciones de propagación, se utilizará las potencias más altas y se mantendrá una separación de 20 KHz. entre cada canal.

Por lo expuesto en los puntos 4 y 5, a las bandas designadas para la radiodifusión de la zona tropical y considerando el número de canales utilizados en la actualidad se los comparte de la siguiente manera:

Banda de Frecuencia	Radiodifusión	Nº de Canales.	Otros servicios
2300-2495 KHz.	2300-2425 KHz	13	2435-2495 KHz.
3200-3400 KHz.	3200-3325 KHz	13	3335-3400 KHz.
4750-4995 KHz.	4750-4895 KHz	15	4905-4995 KHz.
5005-5965 KHz.	5005-5065 KHz	4	-----

Además tomando en cuenta el fin de este servicio, la población y el desarrollo de cada región, en un análisis semejante al efectuado para la banda media de radiodifusión se tiene la tabla 3.8. En esta tabla se basará la distribución de los canales para la radiodifusión en las ondas cortas tropicales.

T A B L A 3.8

Provincias	Número de Canales			
	2300- 2425 KHz.	3200- 3325 KHz.	4750- 4895 KHz.	5005- 5065 KHz.
Esmeraldas	-	-	1	-
Manabí	1	1	2	1
Guayas	2	2	-	1
Los Ríos	1	-	-	-
El Oro	1	-	1	-
Carchi	-	1	1	-
Imbabura	1	1	-	-
Pichincha	2	-	3	1
Cotopaxi	1	1	-	-
Tungurahua	1	1	-	1
Chimborazo	1	1	-	-
Bolívar	-	-	-	-
Cañar	-	-	-	-
Azuay	1	1	2	-
Loja	1	-	1	-
Napo	-	1	1	-
Pastaza	-	1	1	-
Morona Santiago	-	1	1	-
Zamora Chinchi	-	1	1	-

3.2 INFLUENCIA DE LAS EMISIONES DE LOS PAISES VECINOS.

El problema que tiene que afrontar la radiodifusión ecuatoriana en la banda media es crítico, debido a la influencia de las emisiones de los países vecinos, especialmente las que provienen de la República de Colombia. Todo esto, se ha venido acarreado por no existir acuerdos regionales, desarrollando cada país este campo técnico de una manera independiente, sin tomar en consideración los problemas que pudieran ocasionar a los demás.

Colombia ha realizado la distribución de los canales en la banda media de radiodifusión, tomando criterios técnicos acordes con las normas de electrotécnica moderna y adaptados a la realidad del país. Esta distribución en algunos puntos coincide con el presente trabajo; así tenemos que la banda media de radiodifusión está dividida en tres sectores, de la siguiente forma:

- De 535-1.000 KHz. ocupan estaciones de gran potencia que van de 10 Kw. a 120 Kw., denominándose a estos canales preferenciales, existiendo una estación por canal para todo el país.
- De 1.010-1.250 KHz. para estaciones de potencia media que van de 1 Kw. a 10 Kw. y se los denomina canales regionales, pudiendo existir hasta dos estaciones por canal en todo el país.

- De 1.260-1.605 KHz. para estaciones de baja potencia que tendrían de 0.25 Kw. a 1 Kw. y corresponden a los canales locales, pudiendo existir dos o más estaciones por canal.

La separación entre canales adyacentes es de 10 KHz. en toda la banda.

De lo anotado, se desprende que en donde hay mayor influencia de Colombia para con el Ecuador, en las emisiones de radiodifusión en la banda media, será en el sector en donde se hallan localizadas las estaciones de mayor potencia, o sea de 540-1.000 KHz.

La influencia del Perú, en este sentido es de menor gravedad, teniéndose distancias mayores, ya que las estaciones de mayor potencia están al Sur del país. En cambio, un factor un tanto desfavorable constituye la desorganización que existe en este país en lo relacionado a la potencia de las estaciones y a su frecuencia utilizada; esto es, que existen emisoras de alta potencia en cualquier sitio de la banda, en la -misma forma que en el Ecuador.

Según el estudio de propagación desarrollado en el capítulo primero, durante el día no existirá influencia de las emisiones de los países vecinos, debido a la distancia que existe desde el lugar donde están localizados los trans

misores de las radiodifusoras colombianas o peruanas hasta las fronteras de nuestro país, a excepción de las ciudades fronterizas, por tanto el área de cobertura para ondas de superficie no alcanzará hasta nuestro país. En cambio, a partir de las 18.00 horas comienza a existir la propagación por onda ionosférica, - en donde el alcance es mucho mayor llegando hasta nuestro país - las señales de Colombia y Perú, dependiendo la intensidad de las emisiones de varios factores tales como: la potencia, frecuencia y la distancia que separan a nuestras ciudades de los transmisores que originan estas señales. En la práctica se ha comprobado, que se debe tomar en cuenta a las señales que provienen de transmisores de una potencia de 10 Kw. o más, los cuales tienen intensidades apreciables en estos lugares.

En el proyecto que se elaborará se tiene que tomar en cuenta la influencia de las emisiones de los países vecinos, buscando soluciones adecuadas para cada canal. En la figura 3.1 se han sacado fotogramas de la ocupación del espectro en la banda media de radiodifusión, para el día y la noche en las ciudades de Quito y Tulcán; en ellas se puede notar la diferencia que existe cuando aparece la onda ionosférica durante la noche en la cual se tiene practicamente copado todo el espectro, - en cambio en el día no existe ninguna influencia ya que no existe propagación por onda ionosférica sino tan solo por onda de superficie.

3.3 PROYECTO.

El proyecto de distribución de los canales en las bandas media y cortas tropicales se basa en los análisis expuestos en los numerales 3.1 y 3.2; además se toma en cuenta a las tablas 3.1; 3.2; 3.3; 3.4 y 3.5, que dan las distancias mínimas entre transmisores para canal común y canal adyacente.

También se da una norma para fijar los indicativos a cada una de las estaciones que constan en el presente proyecto.

Las normas que rigen los indicativos, tanto para la banda media como para las cortas tropicales son:

- Las dos primeras letras de la estación serán las siglas asignadas a nuestro país: "HC".
- La tercera letra distintiva, corresponderá a la provincia en la cual está localizada. Las letras correspondientes a cada una de las provincias son: E-Esmeraldas, M-Manabí, G-Guayas R-Los Ríos, O-El Oro, C-Carchi, I-Imbabura, P-Pichincha, X - Cotopaxi, T-Tungurahua, H-Chimborazo, B-Bolívar, K-Cañar, A-Azuay, L-Loja, N-Napo, Q-Pastaza, S-Morona Santiago, y Z-Zamora Chinchipe.
- A las tres letras se añadirán cifras numéricas que podrán ser tres como máximo. Para la banda media las cantidades --

comprendidas entre 2 y 60 y para las cortas tropicales de 200 a 250. No se podrá utilizar uno y cero inmediatamente después de las letras.

Como ejemplo se tendría: para la primera estación ubicada en la provincia de Pichincha en la banda media HCP2 la segunda sería HCP3 y así sucesivamente. No se podrá utilizar HCP10, HCP11,HCP19, debido a que no puede ser uno el número que siga a las letras. En cambio en las ondas tropicales se tendría: HCP200, HCP201,HCP250.

También se da numeración a todos los canales tanto para la banda media como para las cortas tropicales, los cuales se rigen de la siguiente manera:

1.- Banda media de radiodifusión.- Para la numeración de los canales en esta banda se utilizará la siguiente expresión.

$$\text{N}^{\circ} \text{ Canal} = \frac{f-530}{10} \quad (3.1)$$

En donde f es la frecuencia en la que está situado el canal.

En caso de canal común, o sea de varias emisiones en la misma frecuencia, se añadirán letras a, b, c, d, etc.

2.- Ondas cortas tropicales de radiodifusión.- Como en este caso se utilizan cuatro bandas diferentes, se utilizarán las

siguientes expresiones que corresponden a cada una de las bandas, en orden ascendente:

$$\text{N}^{\circ} \text{ Canal} = \frac{f-2.300}{10} \quad (3.2)$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ Canal} = \frac{f-3.200}{10} \quad (3.3)$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ Canal} = \frac{f-4.750}{10} \quad (3.4)$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ Canal} = \frac{f-5.005}{10} \quad (3.5)$$

Para la primera banda se utilizará la ecuación (3.2) y se añadirá al número del canal la letra a, en la segunda banda se empleará la expresión (3.3) y se añadirá la letra b al número del canal, para la banda tres se regirá por la ecuación (3.4) y al número del canal se aumentará la letra c, en la cuarta banda se empleará la ecuación (3.5) y el número de canal irá acompañado por la letra d.

Con todo lo indicado anteriormente y basandose en los estudios anteriores se tiene los cuadros 3.1 y 3.2 correspondientes al proyecto de distribución de canales de radio difusión en las bandas media y cortas tropicales.

En el proyecto se encontró algunos problemas en la aplicación de las tablas que dan las distancias mínimas entre transmisores de canales adyacentes y canales comunes, en las provincias centrales del país, tales como: Los Ríos, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Tungurahua y Cotopaxi. Debido a las distancias tan cortas que separan las capitales de provincia, es imposible cumplir con el número de estaciones que se señalan en la tabla 3.7. En cambio para las provincias orientales, Esmeraldas, Tulcán, Loja y Manabí se facilita un mayor número que el indicado en la tabla 3.7, por las distancias que separan a sus ciudades.

En las bandas cortas tropicales no se encontró ningún problema en aplicar la tabla 3.8, que da el número de estaciones de radiodifusión para cada una de las bandas, en las diferentes provincias del país.

C U A D R O 3.2

Frecuencia	Ciudad	Provincia	Indicativo	Nº Canal
BANDA 1				
2300-2425 KHz.				
2305	Portoviejo	Manabí	HCM 200	1-a
2315	Ibarra	Imbabura	HCI 200	2-a
2325	Guayaquil	Guayas	HCG 200	3-a
2335	Quito	Pichincha	HCP 200	4-a
2375	Babahoyo	Los Ríos	HCR 200	5-a
2355	Ambato	Tungurahua	HCT 200	6-a
2365	Machala	El Oro	HCO 200	7-a
2375	Latacunga	Cotopaxi	HCO 200	8-a
2385	Cuenca	Azuay	HCA 200	9-a
2395	Guayaquil	Guayas	HCG 201	10-a
2405	Quito	Pichincha	HCP 201	11-a
2415	Lója	Loja	HCL 200	12-a
2425	Riobamba	Chimborazo	HCH 200	13-a
BANDA 2				
3200-3325 KHz.				
3205	Zamora	Zamora Chinchiipe	H CZ 200	1-b
3215	Manta	Manabí	HCM 201	2-b
3225	Tena	Napo	H CN 200	3-b
3235	Guayaquil	Guayas	HCG 202	4-b

3245	El Puyo	Pasteza	HCQ 200	5-b
3255	Tulcán	Carchi	HCC 200	6-b
3265	Macas	Morona Santiago	HCS 200	7-b
3275	Ambato	Tungurahua	HCT 201	8-b
3285	Cuenca	Azuay	HCA 201	9-b
3295	Guayaquil	Guayas	HCG 203	10-b
3305	Latacunga	Cotopaxi	HCX 201	11-b
3315	Riobamba	Chimborazo	HCH 201	12-b
3325	Ibarra	Imbabura	HCI 201	13-b

BANDA 3

4750-4895

4755	Esmeraldas	Esmeraldas	HCE 200	1-c
4765	Quito	Pichincha	HCP 202	2-c
4775	Portoviejo	Manabí	HCM 202	3-c
4785	Cuenca	Azuay	HCA 202	4-c
4795	Aguarico	Napo	HCN 201	5-c
4805	Loja	Loja	HCL 201	6-c
4815	Quito	Pichincha	HCP 203	7-c
4825	Sucúa	Morona Santiago	HCS 201	8-c
4835	Machala	El Oro	HCO 201	9-c
4845	General Plaza	Zamora Chinchipe	HCZ 201	10-c
4855	Tulcán	Carchi	HCC 201	11-c

4865	Cuenca	Azuay	HCA 203	12-c
4875	El Puyo	Pastaza	HCQ 201	13-c
4885	Quito	Pichincha	HCP 204	14-c
4895	Manta	Manabí	HCM 203	15-c
BANDA 4		5005-5065 KHz.		
5005	Ambato	Tungurahua	HCT 202	1- d
5025	Guayaquil	Guayas	HCG 204	2- d
5045	Quito	Pichincha	HCP 205	3- d
5065	Portoviejo	Manabí	HCM 204	4- d

3.4 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA UBICACION DE LAS ESTACIONES DE COMPROBACION TECNICA DE EMISIONES.

El tratar de encontrar un lugar adecuado para el emplazamiento de estaciones de comprobación técnica de emisiones, abarca factores que competen a todos los servicios de telecomunicaciones a lo largo de todo el espectro radioeléctrico.- No puede considerarse aisladamente a cada uno de los servicios, como es el caso de el presente trabajo, que trata tan solo sobre radiodifusión, y, sin tomar todas las bandas de frecuencia destinadas a este tipo de servicio.

Las consideraciones para la ubicación de las estaciones de comprobación técnica de emisiones tomando en general todos los factores importantes que se deben tomar en cuenta, se reducen a:

- 1.- Los terrenos sobre el cual se va a ubicar las estaciones, deben ser horizontales y encontrarse en zonas generalmente sin relieves.
- 2.- Las conductividades (σ) del terreno, deben ser de un valor medio, en lugares que sean preferentemente aptos para la agricultura, evitándose suelos arenosos o rocosos.
- 3.- No deben encontrarse en zonas urbanas o de gran población y en lugares donde existan industrias que puedan producir energía radioeléctrica de nivel apreciable.
- 4.- Alrededor de las antenas utilizadas por la estación, debe

existir una zona grande, libre de obstáculos de cualquier naturaleza.

- 5.- Las líneas de alta tensión deben estar alejadas del lugar de emplazamiento, ya que podrían ser fuente de interferencias, de un ruido de banda ancha. La distancia debe ser convenientemente elegida, ya que pueden influir en las comprobaciones de señales de baja intensidad.
- 6.- No deben estar cerca de aeropuertos, especialmente en las frecuencias altas; si las aeronaves vuelan por esos sectores a baja altura, pueden actuar como espejos reflejando la energía, dando origen a trayectos múltiples desplazando las señales, dando lugar a una alteración en la recepción. Además el mismo aeropuerto puede ser centro de interferencias y perturbaciones debido a los motores de los aviones que llegan o salen de él.
- 7.- Deben estar alejados de carreteras transitadas, ya que los vehículos que utilizan las mismas podrían producir perturbaciones debido al encendido del motor.
- 8.- El lugar de emplazamiento debe poseer el área necesaria que esté de acuerdo a la planificación de la estación de comprobación.
- 9.- El lugar debe ser accesible por vías que puedan ser utilizadas o transitables durante todo el año. Además debe estar servida con todo lo necesario, como luz eléctrica, teléfono, agua, etc.

CAPITULO IV

RECOMENDACIONES

4.1 RECOMENDACIONES

En base al estudio anterior y con el fin de dar solución a los múltiples problemas que afronta la Radiodifusión Ecuatoriana en las bandas medias y cortas tropicales, es necesario hacer las siguientes recomendaciones:

- 1.- Los valores de conductividad determinados para algunas zonas del país, y, el aproximado para todo el Ecuador, se han obtenido con una primera aproximación y con un método indirecto de medida que pudo dar cabida a errores. Además se debieron efectuar mediciones en forma radial, o sea, en una sola dirección desde el transmisor, y no por las carreteras como se hizo en el presente trabajo, por no disponer de tiempo y medios necesarios. Por lo tanto, es indispensable se lleven a cabo más investigaciones, con un medidor de intensidad de campo eléctrico, en zonas más pequeñas, de tal manera que se consiga un mapa de contornos con valores de conductividad del suelo, y esto sólo es posible con mediciones más frecuentes.
- 2.- En el Brasil se han llevado a cabo investigaciones para determinar los valores de conductividades en la región Amazónica, llegando a la conclusión de que el valor para toda la zona selvática es de 10^{-3} mho. Esto es debido a que, como
m

la vegetación en estos lugares es exuberante, y los árboles tienen una gran altura, la propagación por onda de superficie se efectúa por las copas de los árboles y que da como valor de conductividad el anotado anteriormente. Por lo que sería conveniente el adoptar este valor para el Oriente Ecuatoriano, con excepción de las zonas en donde la vegetación no corresponda a lo indicado, debiéndose realizar las mediciones para estos lugares.

- 3.- Este trabajo está basado en ciertos valores probables de grado de ruido atmosférico dado por el I.F.R.B. Se han investigado estos datos y se ha llegado a la conclusión de que son altos. Esto se debe, a que los valores del ruido determinados para todo el mundo se basan en investigaciones efectuadas en estaciones de experimentación situadas en diferentes lugares del globo; para el caso de la región en la cual está localizado el Ecuador no existen estaciones experimentales y los valores se los determina por interpolaciones o tomando en consideración datos de otras regiones de condiciones semejantes.

Según los valores indicados para el Ecuador, para que pueda existir propagación en las bandas media y cortas tropicales de radiodifusión se necesitan altas potencias, superiores a 50 Kw., lo cual no es verdad debido a que en la

práctica se ha podido comprobar, que con potencias menores a 10 Kw. se tiene una buena recepción en estas bandas y en una forma regular.

- 4.- El Ecuador debe propender a la realización de una reunión con Perú y Colombia, con el fin de intercambiar experiencias de todas las investigaciones efectuadas en cada uno de los países; estas reuniones serían de gran utilidad ya que muchas condiciones son semejantes y en algunos casos los resultados podrían aplicarse directamente en todos los países.

También se podría buscar una solución adecuada para el problema de interferencias en la banda media; proponiendo llevar un plan conjunto, a fin de dejar canales preferenciales para cada país, de una manera similar al plan regional realizado en otras zonas, con lo que se evitarían las interferencias, por lo menos en canales que tengan preferencia en los planes de cada país, y que se necesita tengan una buena recepción libres de interferencias.

- 5.- Para el cálculo de la onda ionosférica, intervienen muchos datos que tienen que ser computados, debido a que dependen de condiciones al azar, como: La MUF, LUHF, FOT, el ruido atmosférico, etc. las mismas que tienen que ser analizadas durante largos períodos de tiempo y luego toda la infor

mación ir tabulándose; sería conveniente, que el gobierno Nacional especialice a algunos de sus técnicos, para que se puedan aplicar bien los datos que son enviados de todos los países que aplican este método.

6.- En la actualidad no existen leyes y reglamentaciones para esta clase de servicio, por lo que es indispensable que se los formulen inmediatamente, lo que dará el punto de partida para organizar y mejorar el servicio de radiodifusión. Para esto se podría tomar en cuenta las siguientes consideraciones, a más de las que normalmente constan en una ley y reglamento:

- Las estaciones de radiodifusión deberían ser clasificadas convenientemente de acuerdo a la finalidad y programación que vayan a cumplir, teniendo sus propias obligaciones y derechos debidamente reglamentados. Se puede pensar en estaciones distintas: cultura, comercial, gubernamental, musical, etc.
- En la programación de las estaciones de radiodifusión, no existen ningún control u ordenamiento en el Ecuador - por lo que, es necesario el que se lo reglamente, detalladamente que cada estación tenga una programación ordenada y que convenga al medio en donde se está desarrollando.
- Sería conveniente que en cada canal se tenga un solo programa para todo el país. En los casos de varias emisio-

nes en el mismo canal (canal común), se tendría una esta
ción transmisora, y la otra, u otras serían retransmiso-
ras, pudiéndose alternar las transmisiones a las diferentes
ciudades; los beneficios a conseguirse serían de: in
tegración nacional, mejoramiento de la calidad en los -
programas y economía en los mismos.

- El nivel de preparación del personal que labora en esta-
clase de empresas es deficiente; por lo tanto, se deben-
fijar requisitos mínimos para cada empleado en radiodifusión
en la especialización que corresponda, ya sea técni
ca, administrativa o cultural. Además, se debe propen -
der por medio de instituciones gubernamentales y particulares
a mejorar los conocimientos de estas personas, -
creando institutos o centros de nivelación de conocimiento
orientados a estos objetivos.
- Para mejorar el nivel técnico de las estaciones de radio-
difusión, se debe obligarles a que cuenten con personal-
especializado para el diseño, construcción, instalación-
y mantenimiento. El país ya cuenta con institutos supe-
riores en la preparación de técnicos en Electrónica y Te-
lecomunicaciones; por tanto, se puede ya exigir el cum -
plimiento de requisitos técnicos acordes con las normas-
de la electrónica moderna.

7.- En el presente trabajo, se supone que las estaciones poseen un sistema irradiante adecuado. Esto es, monopolos de $1/4$ de longitud de onda para las estaciones en la banda media y dipolos o un sistema de dipolos para las radiodifusoras en onda corta tropical, convenientemente diseñados.

En la realidad esto no se cumple, por lo que es necesario que se obligue a que la tengan, por lo menos las estaciones situadas en canal nacional y regional, para que se cubra el área correspondiente a la potencia nominal del transmisor. Además, para estaciones de tres o más Kw., situadas en ciudades que se encuentran junto al mar, se debe solicitar utilicen antenas direccionales, para que su señal esté dirigida al continente; de esta manera se abarca una área mayor y no existen emisiones en lugares no adecuados.

8.- En las bandas cortas tropicales, se pueden destinar canales para educación y para dar servicio de telecomunicaciones a zonas aisladas, que no se benefician con esta clase de servicio. Esto sería beneficioso para las zonas rurales; además, se evita la proliferación de estaciones de radiodifusión comerciales que hacen comunicados a todas las zonas del país, perjudicando a las compañías de telecomunicaciones estatales, desvirtuando la función a la que está destinada esta clase de servicio.

9.- La radiodifusión en las ondas cortas tropicales no cumple con la función a la que está destinada por dos causas: la primera debida a la baja potencia de las estaciones, y la segunda al escaso número de receptores que incluyan estas bandas. Por lo que es necesario se fije la mínima potencia para el funcionamiento de las estaciones de radiodifusión en estas bandas, y el Estado, por medio de alguna de las instituciones técnicas correspondientes, regule y obligue a que se importen receptores que incluyan estas bandas.

R E F E R E N C I A S

- [1] Jordan/Balman, "Electromagnetic Waves and Radiating Systems" edition 1.968, Prentice Hall Inc.
- [2] C.C.I.R., "Informe 322" Ginebra 1.968, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [3] C.C.I.R., "Radiodifusión en la banda 7 (ondas decamétricas) en la zona tropical" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [4] I.F.R.B., "Normas Técnicas serie A", Genova 1.968, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [5] C.C.I.R. "XI Asamblea Plenaria Oslo 1.966 Volúmen I" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [6] C.C.I.R. "XI Asamblea Plenaria Oslo 1.966 Volúmen II" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [7] C.C.I.R. "XI Asamblea Plenaria Oslo 1.966 Volúmen III" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [8] C.C.I.R. "XI Asamblea Plenaria Oslo 1.966 Volúmen V" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.

B I B L I O G R A F I A

- Jordan/Balman "Electromagnetic Waves and Radiating Systems" Second edition 1.968, Prentice Hall Inc.
- Kenneth Davies "Ionospheric Radio Propagation" Washington DC 1.965, National Bureau of standards Monograph 80.

- Naval Institute, U.S.N., "Basic Course in Electronics". República de Cuba 1.954, Negociado de Imprenta Marina de Guerra.
- Department of the army, "Electricol Communication Systems-Engineering Radio" Washington D.C. 1.956, Departamente of the army.
- C.C.I.R. "XI Asamblea Plenaria Oslo 1.966 Volúmen II" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- C.C.I.R. "XI Asamblea Plenaria Oslo 1.966 Volúmen V" Ginebra 1.967, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- U.I.T., "Reglamento Internacional de Radiocomunicaciones" Ginebra 1968, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Citel, "Seminario Latinoamericano de Telecomunicaciones Carácas 1.971 Carpetas 5y 7", 1.971 Cital.
- C.C.I.R., "Manual para uso de las estaciones de comprobación Técnica de emisiones, Volúmen I" Ginebra 1.968, Unión-Internacional de Telecomunicaciones.
- Frederick Terman, "Electronic and Radio Engineering" Tokio- Fourth Edition, Mc. Graw Hill Book Company (Cogacusha).