

**RADIODIFUSORA NACIONAL**  
**DEL ECUADOR**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE**  
**INGENIERO EN LA ESPECIALIZACION DE**  
**ELECTROTECNIA DE LA ESCUELA POLITECNICA**  
**NACIONAL**

**PEDRO LILIENFELD**

**QUITO, Julio de 1958.**

H. J. Placencia P.

## C A P I T U L O I

### 1.- La Radiodifusión en el Ecuador y en el Mundo.

La Era de la Electricidad ha traído consigo, entre otras maravillas, la comunicación inalámbrica por medio de las ondas electromagnéticas. Así aparece primero la radio, más tarde la televisión y todos aquellos sistemas como el radar que están contribuyendo a transformar al mundo de una manera insospechada y total.

A pesar de que hasta el momento se desconoce la verdadera estructura de las ondas electromagnéticas así como de los fotones de la luz que al parecer solo se diferencian de las primeras por la frecuencia de sus oscilaciones; se ha logrado, merced al esfuerzo conjunto de un verdadero ejército de científicos, conocer todas las leyes que rigen los fenómenos electromagnéticos. Conforme los conocimientos se completaban, surgían ante los ojos maravillados de los pioneros de esta ciencia, las más increíbles y espectaculares aplicaciones que habrían de revolucionar nuestro planeta y seguirán haciéndolo. A toda esta formidable estructura de conocimiento se ha dado en llamar Electrónica. Esta ciencia gigante abarca un volumen de conocimientos tal, que es muy difícil, sino imposible, que un solo hombre, un solo cerebro posea a perfección todos los aspectos de ella. De ahí que se tenga que recurrir a un alto grado de especialización en cada uno de los numerosos campos de la Electrónica.

En el caso presente la rama que nos va a ocupar es la Radiodifusión. Dentro de la Electrónica es ésta la más antigua, si antigüedad se puede llamar un período de apenas medio siglo. A pesar de que el gran Maxwell fué aquel que estableció las leyes teóricas de la propagación de las ondas electromagnéticas, no fué sino años después que Hertz realizó los primeros experimentos en este campo, proporcionando la base para el espectacular progreso posterior con Marconi y Lee de Forest.

La radio-transmisión o sea la comunicación inalámbrica por medio de las ondas electromagnéticas comenzó siendo una mera curiosidad de laboratorio y tal es así que el mismo Hertz no pareció interesarse por las posibles aplicaciones prácticas de los experimentos que realizaba. Años más tarde, Marconi al vislumbrar la tremenda importancia de las ondas que ahora llamamos hertzianas, realizó transmisiones experimentales a distancias cada vez crecientes. Estos primeros trabajos en la rama de la radiotransmisión dieron iniciación a un progreso espectacular y sin precedentes, debido en su mayor parte a la invención del tubo termoiónico al vacío que puede considerarse como una de las invenciones más importantes que haya realizado el hombre.

Una vez vislumbrada la capital importancia de la transmisión por medio de las ondas hertzianas no se hicieron esperar sus múltiples y maravillosas aplicaciones. Por un lado la utilización en la comunicación inalámbrica entre lugares distantes, sistema que se denomina radiotelefonía y que relegó a un momentáneo olvido a los costosos cables submarinos de comunicación telegráfica. Por otro lado apareció la radiodifusión consistente en la emisión de programas de todo género, que captados por un sistema adecuado de recepción, están destinados a la información, educación y esparcimiento de los auditores dispersos en áreas de mayor o menor extensión, dependiendo ésta de varios factores que más adelante se analizarán detenidamente. En la década de 1920 se instaló las primeras estaciones de radiodifusión de onda larga en Europa y luego en Norte América, estaciones que cubrían territorios de apreciable extensión, llegándose a distancias de varios miles de kilómetros. En las postrimerías de esta década entraron en operación estaciones que emiten ondas cortas o sea de mayor frecuencia al descubrirse que éstas podían transmitirse con gran eficiencia a grandes distancias, de un continente a otro, o inclusive entre antípodas, todo esto

con potencias de transmisión relativamente reducidas. Se determinó que esto es factible gracias al efecto reflector de una capa externa de la atmósfera, que se denominó ionósfera. Esta capa mostró su influencia ya en las primeras transmisiones de onda larga pero su espectacular importancia se hizo más patente y analizable en las emisiones de onda corta. En los 30 años de vida activa de la radiodifusión, de la que nos vamos a ocupar, el campo de su influencia se ha ampliado de tal modo que ha llegado a ser parte inseparable de la vida del hombre civilizado a través de todo el mundo, sin distinciones de ideas, religiones y modos de vida. Estamos tan acostumbrados a la radio, como se ha dado en llamarla, que en la actualidad hemos perdido de vista la importancia capital que reviste en la vida diaria del individuo y de la comunidad la recepción de programas de todo género, cuyo influjo se deja sentir luego en muchas actividades humanas. De ahí que y con algo de anticipación, haga aquí mención de la importancia de la calidad del material programático que se suministra al oyente, el cual generalmente, asimila pasivamente lo que escucha y tiende a aceptarlo sin mayor oposición. Se comprende entonces qué importancia tiene la radio, junto a la prensa en la formación de la opinión pública y la cultura de las masas.

Con el pasar de los años un creciente número de estaciones radiodifusoras ha hecho su aparición en los receptores de todo el mundo con una gran diversidad programática, lingüística y cualitativa.

El alto nivel cultural y técnico que ha caracterizado y sigue caracterizando a las estaciones difusoras de Europa ha hecho que en su gran mayoría sean financiadas y dirigidas por el Estado en forma más o menos directa según el caso. De esta manera el número de estaciones de radiodifusión en el mencionado continente se ha mantenido hasta ahora dentro de límites bastante aceptables ya que cada país posee únicamente el número necesario de transmisores convenientemente distribuidos según la distancia geográfica y la frecuencia de la onda portadora, para producir un mínimo de interferencia con

otras estaciones similares a través de todo el continente europeo. Los transmisores allí empleados son de alta potencia y de gran eficiencia en el sistema de radiación o sea la antena. Generalmente poseen dos clases de programaciones diferentes: la una, para la recepción dentro del propio país, o sea un programa nacional, y la otra dirigida a países extranjeros, colonias, etc. Este último tipo de transmisiones se efectúa generalmente en varios idiomas, en forma ya sea sucesiva o ya sea simultánea, dependiendo del número disponible de transmisores. Las transmisiones para recepción nacional se realizan en la mayoría de las veces en onda larga y en onda media, mientras que las transmisiones destinadas al exterior, o más específicamente, a otros continentes, se efectúan en onda corta. Para evitar posibles confusiones acerca de los términos mencionados de aquí en adelante denominaré: onda larga a la banda de frecuencias utilizada en Europa comprendida dentro del espectro de 30 Kc./s y 300 Kc./s; onda media a la banda de frecuencias comprendida en el espectro de 300 Kc./s y 3000 Kc./s; y onda corta a la banda de frecuencias comprendida entre 3 Mc./s y 30 Mc./s. La onda media de radiodifusión está comprendida entre los límites de 585 Kc./s y 1605 Kc./s.

Las estaciones radiodifusoras europeas tienen a su servicio una eficiente y compleja organización tanto en el aspecto técnico como en el aspecto cultural o programático propiamente dicho, escogiéndose al personal con suma cuidado para ~~un~~ un impecable funcionamiento del conjunto. Solo así, con una estrecha colaboración entre el Estado los técnicos, los valores culturales y artísticos y el público ha sido posible que las radiodifusoras de Europa adquirieran las cualidades que les han dado el prestigio de que gozan en sus propios países y en el extranjero. Cabe anotar que las estaciones que basan su financiamiento en el sistema de anuncios comerciales son casi desconocidas en el Viejo Mundo y las pocas que existen de esta clase tienen poco prestigio entre los oyentes. La ausencia casi total de radiodifusoras de pertenencia particular se debe en parte a las condiciones técnicas y programáticas que

que se prescriben en Europa para su funcionamiento; por otra parte se considera que tal medio educativo no debe estar en manos de organismos particulares interesados por sobre todo en el provecho económico. No entraré aquí en los detalles de tales reglamentaciones, pero en resumen significan un costo elevado para la instalación y luego para el funcionamiento y mantenimiento de la estación, que se hace difícil su financiamiento y mucho más aún su amortización, ya que, como ya se dijo, en Europa se desconoce el sistema de anuncios comerciales en la radio, y sería bastante difícil introducir el sistema en la actualidad por las razones citadas y porque el público oyente recibiría con un rechazo total el inevitable descenso en la calidad programática a la que están acostumbrados.

En verdad es aquí en América donde se ha explotado de una manera única y extremada el sistema de la radiodifusión de propiedad particular y financiada por anuncios comerciales. Este sistema de financiación se ha divulgado y establecido de tal manera en este continente que, inversamente al caso europeo, la absoluta mayoría de estaciones es del tipo comercial-particular, y las radiodifusoras nacionales de apoyo estatal forman una selecta pero reducidísima minoría.

En lo que al Ecuador se refiere, la abundancia de estaciones de este tipo ha tenido efectos más bien negativos en el aspecto de calidad cultural y valor educativo y lo mismo puede decirse del aspecto técnico. No me incumbe realizar aquí una crítica más extensa de estos puntos, pero hay que mencionarlos para encontrar aquí uno de los varios motivos que justifican la instalación de una radiodifusora Nacional de tipo no comercial.

Ha existido y sigue existiendo una excesiva facilidad para la obtención de la autorización de funcionamiento de las estaciones radiodifusoras, a lo cual se suma la ausencia de un efectivo sistema de control estatal de las condiciones técnicas de transmisión como son: potencia de transmisión, anchura de banda, porcentaje de modulación, calidad de modulación, estabilidad y

exactitud de la frecuencia de la onda portadora, intensidad de las frecuencias armónicas, presencia de oscilaciones parásitas, etc. Recién se ha intentado aplicar un reglamento que obligaría a las estaciones de radio transmitir con frecuencias mayores de 1 KW, pero ya se ha visto que la aplicación de tal ley, por demás insuficiente, ha provocado la protesta de la mayoría de los propietarios de las pequeñas estaciones. Además, y esto es muy laudable, se quiere obligar a los dueños de radioemisoras a que los transmisores y antenas se localicen fuera del perímetro urbano de la ciudad, medida plenamente justificada, pero que igualmente se encuentra con la oposición decidida de la mayoría de los propietarios de radiodifusoras por razones de orden económico, pues significaría construir un edificio destinado a los transmisores, una conducción de la señal de audiofrecuencia de cierta complejidad y costo, la necesidad de tener un personal en el edificio de transmisores, etc. La aplicación rígida de estas regulaciones daría como resultado una disminución en el excesivo número de radioemisoras, la presencia de estaciones con suficiente respaldo económico que a su vez tendrían como consecuencia un nivel cualitativo más alto tanto en el aspecto programático como en el técnico con lo que llenarían las condiciones requeridas para constituir un positivo valor en la cultura del país, sean un motivo de orgullo y eleven el prestigio del Ecuador.

## 2.- Razones para la instalación de una radiodifusora Nacional.

De todo lo expuesto en el capítulo anterior ya se puede derivar la justificación plena para la instalación de la Radio Nacional. Si queremos que la radiodifusión en el Ecuador realice una obra constructiva de enorme importancia en la vida de sus ciudadanos y para el prestigio y reconocimiento de los verdaderos valores de todo género que existen en el país y su divulgación en el interior y en el exterior, la única solución parece ser la instalación de tal Radiodifusora Nacional.

Algunas repúblicas sudamericanas han seguido este rumbo y conviene por un momento hacer un ligero análisis acerca de estos muy valiosos precedentes para nuestro caso.

De las naciones de Sudamérica que se han valido positivamente de este medio de culturización y divulgación radial merece mencionarse: Colombia, Perú, Argentina y Uruguay. La Radiodifusora Nacional de Colombia es un excelente ejemplo de elevada calidad programática y potencia adecuada para la fácil recepción dentro y aún fuera del territorio de Colombia, y posee uno de los niveles culturales más elevados dentro de la radiodifusión americana y aún mundial.

La Radio Nacional del Perú posee una calidad de programas culturales inferior a la de Colombia, pero ha sabido divulgar el folklore y los valores nacionales merced a transmisiones de considerable potencia y claridad en onda corta.

La Radio del Estado en Argentina no ha brillado mayormente, especialmente en lo que a transmisiones en onda corta se refiere, y caben sustanciales mejoras programáticas y técnicas.

Otra radiodifusora de notable calidad es la SODRE de Montevideo en el Uruguay cuyo nivel de calidad programático es elevadísimo comparándose favorablemente con las mejores estaciones

europas y reflejando fielmente el

notable estado cultural e intelectual y artístico de la progresista república oriental.

Después de este breve recorrido por las repúblicas hermanas se llega a la conclusión inevitable que la situación se caracteriza por una angustiosa ausencia de buenas radiodifusoras en la mayoría de las naciones de este continente y que solamente en contados casos esta lamentable situación ha sido mejorada por las mencionadas radiodifusoras estatales o semiestatales.

Analizaré ahora un aspecto que se refiere a estas mismas estaciones y que constituye una lacra para algunas de ellas. Se trata del aspecto político. Prevalece la idea de que una emisora nacional con dirección y apoyo estatal debe ser portavoz de la opinión oficial del gobierno que ese momento rige los destinos del país. En otras palabras se pretende que sea el medio de propaganda oficial de la política que sigue el gobierno. Este es un punto de gran complejidad y que admite una amplia variedad de interpretaciones. A este respecto hay que subrayar la diferencia entre estado y gobierno, siendo lo primero un concepto esencialmente permanente y lo segundo, transitorio. Esta idea es la que prevalece en la mayoría de los países democráticos de Europa en los que todos los partidos políticos tienen el derecho de expresar sus ideas por medio de la radiodifusora nacional sin ser ésta patrimonio exclusivo del grupo dominante en este momento. Es indudable que esta situación positiva se debe al estado de gran madurez política e intelectual de los países del occidente europeo y que tan envidiable situación sería por demás difícil de establecer en las jóvenes repúblicas de Latinoamérica. Veamos ahora lo que sucede en las mismas radiodifusoras nacionales de Sudamérica que he considerado más atrás. En el caso de Colombia su estación estatal no ha podido liberarse enteramente del inquieto y violento clima político del país y ha servido, aunque con cierta laudable discreción, para la propaganda del régimen gobernante.

En el caso de la Radio Nacional del Perú el problema se ha presentado en forma más extremada y así vemos que el oyente ha tenido que soportar con inusitada frecuencia "cuñas" de insulsa propaganda al régimen y en especial y lo que es peor del presidente de la República, como si éste fuera un producto de especial interés para el consumo del público. No creo en la necesidad de hacer hincapié en la pésima impresión que esto causa en el extranjero y obviamente en el propio país. Un caso muy semejante ha sido el de Radio del Estado en Argentina durante varios años, situación que ha cambiado radicalmente en los últimos dos años por los cambios políticos.

También en este aspecto la SODRE (Servicio Oficial de Difusión Radio Eléctrica) del Uruguay ha sido una reconfortante y notable excepción, producto de la madura situación democrática que allí reina.

Vemos pues, el peligro que en este sentido representa una radiodifusora nacional cuando se dedica especialmente a ensalzar y glorificar las virtudes y logros del grupo gobernante denostando a los restantes grupos políticos o religiosos. Deja así de ser un elemento valiosísimo en la vida nacional para convertirse únicamente en un instrumento de ambiciones de todo género. Este peligro está latente en todas las radiodifusoras de Latinoamérica y el Ecuador en este caso no sería una excepción.

Se desprende de todo lo anterior que para mantener una elevada jerarquía cultural y llenar las condiciones deseables expuestas la Radio Nacional debe ser portavoz de todas las manifestaciones e ideas constructivas, desapasionadas y no proselitistas del vivir nacional, sin que el gobierno del momento sea el dueño y señor de la opinión radiodifundida. En general la radiodifusora del Estado debiera mantenerse al margen de las pasiones políticas y ejercer una influencia tranquilizador y equilibradora por medio de informaciones y comentarios desapasionados, imparciales y ante todo veraces.

Vamos ahora, una por una, las razones específicas que justifican la instalación de una radiodifusora Nacional del Ecuador:

a) La necesidad de tener un órgano de información nacional que en cualquier instante esté en la capacidad de ser escuchado con claridad a través de todo el territorio del Ecuador.

b) La necesidad de que exista un medio de información que sea capaz de velar, por sobre todo, por la imparcial y desapasionada información del oyente nacional, sin compromisos particulares de ciertos grupos, intereses personales, etc.

c) Póscer una fuente de información acerca de los actividades del régimen gobernante, sin caer en los mencionados extremos de propaganda, auto elogio, proclitismo o intolerancia hacia otras ideas. Me doy clara cuenta de que esta última razón y a la vez condición de la instalación de una Radio del Estado es de difícil aplicación, pero no por eso deja de ser una necesidad absoluta y una meta a la que hay que tender a toda costa.

d) La necesidad de tener una radioemisora, que merced a la elevada categoría cultural, artística e informativa, eleve y moldee la cultura y los intereses del pueblo en general, utilizando todos los medios que para el efecto dispone la radioemisión.

e) La divulgación de los valores, actividades e intereses nacionales en el extranjero, por medio de una estación de onda corta que a la vez serviría para cubrir eficazmente el territorio del Ecuador.

f) Su aplicación en la preparación y educación en los aspectos técnicos, sanitarios, agrícolas, etc. de elementos humanos que habitan en regiones apartadas, de difícil acceso y carentes o escasos de centros educacionales.

g) Su valiosísimo aporte como efectivo elemento de unidad nacional, al proporcionar al oyente un vínculo estrecho y real a través del territorio nacional y dándole a conocer sus propios valores y los del resto de la República llegándose así a una mejor comprensión mutua de las diversas regiones del país.

En verdad podrían mencionarse una serie de razones más, como por ejemplo el aspecto de suministrar programas al oyente nacional que no contengan las insoportables ráfagas de anuncios comerciales que, considerándolo objetivamente no han hecho sino envilecer este magnífico medio de progreso humano.

Creo que no cabe duda de la enorme importancia que la ejecución de tal proyecto significa para el país y su adelanto, y al mismo tiempo para elevar el prestigio de los valores nacionales en el extranjero, tal como ha sucedido con varias repúblicas sudamericanas.

Por otro lado tenemos el aspecto técnico que tanto deja que desear en las radioemisoras aquí existentes, tanto en el aspecto de potencia de transmisión como en el aspecto de calidad de modulación. Lo primero ha determinado la deficiente sino nula recepción en regiones que no sean de inmediata vecindad de la estación y lo segundo ha venido a refundar en una falta de interés por la música seria que requiere de la más elevada calidad de reproducción posible. Esto nos demuestra que el simple hecho de la calidad de reproducción sonora puede atraer al radioyente hacia esferas más elevadas de la cultura y lograr para ello que escuche con agrado esta categoría de música. Esto no es sino un ejemplo de los muchos aspectos en los cuales la radiodifusora nacional ejerciera su positivo influjo.

### 3.- Condiciones programáticas y cualitativas que debe llenar esta radiodifusora.

No es en verdad el objeto de esta tesis, ante todo de carácter técnico, definir o delinear la organización programática de una radioemisora nacional pero sin embargo no puedo dejar pasar por alto este aspecto de fundamental importancia sin dar algunas normas generales.

Por un lado existe el precedente creado por varias radioemisoras del Mundo que se han distinguido positivamente en uno, o varios aspectos programáticos. Veamos algunas de estas estaciones y sus características más sobresalientes.

Tengo que iniciar inevitablemente esta revista de radioemisoras con la más famosa de todas que es la British Broadcasting Corporation, mejor conocida como la BBC de Londres. Esta estación ha sido y sigue siendo símbolo de calidad programática y técnica y debe servirnos por lo tanto para, mediante el análisis de estos aspectos, entresacar métodos y sistemas de programas para nuestro caso. Debemos asimismo dejar de lado aspectos que no tienen aplicación e interés para nuestro problema, tal como la transmisión en varios idiomas como lo realiza la BBC. Asimismo deberemos descartar ciertas perfecciones programáticas que solo son posibles mediante una complejísima organización y la existencia de facilidades de todo género que posee la mencionada estación.

Uno de los aspectos que debe ser imitado es la precisión de las horas de iniciación y finalización de todos y cada una de los programas, organizándolos y ensayándolos de tal modo que en la mayoría de los casos no se requiera interrupción o suspensión de un programa sino que éste termine muy poco antes de la hora prefijada. Cada programación debe tener una duración precisa y no mayor que una media hora.

La BBC en su período de transmisión diario alterna, en la mayoría de los casos, entre programas hablados y de tipo musical, obteniéndose así una agradable variedad para el público oyente. Los programas se hacen según los intereses del auditorio a través de las horas del día que varía como asimismo la clase de público oyente.

Uno de los aspectos de mayor importancia en la radiodifusión es la calidad de los locutores, pues no basta que el contenido de la lectura sea interesante y bien redactado, sino que aquel encargado de leerlo al oyente esté en capacidad de provocar la atención y el interés del público oyente.

Las cualidades requeridas por lo general son las siguientes:

- a) Una voz agradable y cálida, generalmente tendiendo a lo grave.
- b) Hablar con las inflexiones y el tono de voz apropiado para cada tema del programa sin caer nunca en la monotonía.
- c) Dar la idea de una conversación dirigida a cada oyente en particular.
- d) Nunca dar la idea de hastío o falta de interés en la lectura.
- e) Conocer del tema a transmitirse para no leerlo al público como simples máquinas sino como intermediarios inteligentes entre lo escrito y el oyente.
- f) Para todo esto deben poseer un suficiente nivel intelectual que se hace patente en la manera como efectúan la lectura o realizan alguna improvisación como por ejemplo en forma de discusión de mesa redonda.
- g) Hablar por lo menos tres idiomas y estar en capacidad de pronunciar correctamente nombres geográficos o personales en la mayoría de las lenguas de importancia.

En el Ecuador los locutores en su gran mayoría no llenan ni de lejos estas condiciones pero esto, como es sabido, tiene su razón definida; pues casi todas las radioemisoras son empresas que pagan solamente sueldos ínfimos a sus locutores lo que impide que éstos llenen las condiciones anteriores.

Se distingue pues, que un medio efectivo para elevar el nivel, en todo aspecto, del locutor y con ello de la radioemisión, es la instalación de una Radio Nacional que dirigida por personas y instituciones de elevada cate-

goría intelectual y apoyada generosamente por el estado o la contribución pública, suministre un elevado nivel de vida al locutor. Esta fuente de ingreso que le permitiría vivir holgadamente permitiría el escoger estrecha y exigentemente entre los candidatos de este importante trabajo y solo entonces, personas de categoría se interesarían por un lugar ante el micrófono y se dejaría de considerar esta profesión como algo bajo y despreciable. Naturalmente una selección debiera hacerse en forma rigurosa y atendiendo a las condiciones generales expuestas anteriormente.

Una de las consecuencias que tendría una radioemisora de tal nivel cultural y programático sería la tendencia a un mejoramiento sustancial en algunas de las estaciones existentes y potencialmente aptas a progresar, y por otro lado la desaparición gradual de gran número de radiodifusoras de baja categoría que se verían en la imposibilidad de mantenerse en el ritmo ascendente del grupo mas selecto, éste a su vez siguiendo el precedente de superioridad de la estación del estado. Consecuencia general sería un rápido y decisivo avance en la radiodifusión nacional con todas las obvias ventajas para el progreso cultural y el prestigio nacional en en exterior.

Los programas deben, por otro lado, amoldarse íntimamente al espíritu del pueblo ecuatoriano, sin caer por exceso de cultura, a encerrarse en la clásica torre de marfil, quedando las transmisiones reservadas a una reducida élite, desconectándose así enteramente de la atención y el interés del pueblo. En cierto grado es ésto lo que ha sucedido con los programas especialmente musicales de la Radiodifusora de La Casa de la Cultura, y todavía en mayor medida con la Radiodifusora Nacional de Colombia. El proceso a seguirse debe ser de paulatina y gradual educación popular en todos los aspectos del arte, de la ciencia y otras manifestaciones culturales, siguiendo una línea ascendente que se amolde a la inercia del aprendizaje intelectual de las masas. Los programas deben ser de fácil comprensión, producto de su contenido, de su exposición atractiva y de su duración no excesiva. En el caso, por ejemplo,

de explicaciones aclaratorias que acompañen a un programa musical, estas acotaciones deben hacerse interesantes, algo anecdóticas y de corta duración. Mucho más tarde podrá ampliarse en complejidad y duración tal programa como el mencionado.

Las noticias que se transmitan deben provenir de datos e informaciones de última hora y nunca de periódicos de la localidad, excepto en la lectura de editoriales. El objeto del noticiero en la radiodifusión es suministrar las informaciones antes de que aparezcan en los diarios y no después. La lectura de una o dos diarios, fuente de información de un noticiero de una radioemisora es algo ridículo y no hace sino provocar la duda de la justificación de la existencia de tal estación. Es necesario pues que la Radio Nacional posea un centro de recepción de las últimas noticias tanto nacionales como extranjeras. Los comentarios deben hacerse con cuidado y autoridad y no expresar simples opiniones personales sino el resultado de un estudio colectivo del asunto tratado. En resumen las noticias deben provenir de fuentes serias y fidedignas, debe descartarse el sensacionalismo.

En el caso de la Radio Nacional los programas deberán ser de interés nacional y no solamente local, con programaciones especiales dedicadas a diversas regiones del país, de modo que desde un principio se reconozca el propósito de ser un vínculo estrecho para lograr la unidad nacional. En el caso de establecerse un centro de investigación y observación meteorológica que suministre informaciones regularmente, la emisora estaría destinada a transmitir estos datos a todo el país y también para la recepción en los barcos que naveguen cerca de la costa ecuatoriana, a semejanza de las estaciones norteamericanas.

Las exigencias para la creación de buenos programas tendría como efecto la formación de grupos artísticos y musicales de mayor calidad lo que fomentaría el desarrollo artístico en el país, con sus favorables efectos.

Debe considerarse además, la posibilidad de realizar, dentro de ciertos programas especiales para el campesinado del país, transmisiones educativas e informativas al estilo de la emisora cultural de Zutatenza en Colombia, que tan buenos resultados ha reportado. Lógicamente, en nuestro caso, se trataría de emisiones relativamente reducidas ya que éste no es el objeto primordial de nuestra Radio Nacional pero debe tomarse en cuenta en la confección de los programas.

Otro aspecto de interés e importancia lo constituyen los así llamados radioteatros que desgraciadamente en la radiodifusión del país han degenerado en las mal llamadas "novelas". No hay que pasar por alto la capital importancia que en la cultura popular tienen las radiodramatizaciones: cuando son burdas y de mal gusto producen un efecto negativo en la masa oyente, pero por otro lado cuando son de alta jerarquía artística tanto por el libreto como por su realización tienen asimismo un efecto altamente favorable en la mente que escucha y puede constituir el medio más rápido y efectivo de despertar el interés del oyente medio en los grandes valores de la literatura y del teatro universales. En realidad ya ha habido un comienzo a este respecto, ya que algunas estaciones nacionales están transmitiendo radioteatralizaciones grabadas en los estudios de estaciones como la BBC de Londres, Radio Canadá, etc. que son un magnífico ejemplo para el desarrollo de este arte en una radiodifusora nacional. Radioactores de primera calidad con dirección apropiada para la realización de obras valiosas tendría como efecto alegrar al pueblo de las bajas y vacías "novelas" y crear en ellos un gusto más exigente y elevado; no hay razón para no incluir con frecuencia obras de valor de autores nacionales, leyendas del país, etc.

No pretendo entrar en más detalles acerca de los programas y su organización, pero dejo indicado por lo menos la notable perspectiva de progreso y cultura nacionales, consecuencias de la instalación de una Radio Nacional.

Solamente debo reiterar la advertencia acerca del peligro siempre latente de que tal organización se convierta en un instrumento de propaganda política o religiosa, en un instrumento de ambiciones personales que vendrían no solo a destruir o por lo menos a maniatar a una institución de tan altas miras sino a convertirla en un factor negativo en la vida intelectual del país. El lema de la Radiodifusora Nacional debe ser siempre: la verdad y la cultura por sobre todo.

Adelantándome algo en el desarrollo del tema, tengo que tocar ahora el aspecto de la calidad técnica de la transmisión que debe poseer una Radio Nacional. Este es un aspecto de aparente claridad de concepto desde el punto de vista técnico teórico, pero admite ciertas consideraciones de orden práctico. Consideremos primero el problema dentro del Ecuador: del cúmulo de estaciones radiodifusoras dentro del país, solo hay unas tres o cuatro que poseen una calidad de modulación aceptable, y digo aceptable y no excelente. El resto, la grande y absoluta mayoría, son estaciones que varían en su calidad entre regulares y pésimas. Analizaré solo brevemente las causas generales para este estado de cosas. La mala calidad de sonido que es el carácter común de tantas estaciones se debe en la mayoría de las veces a dos razones diferentes: a) baja calidad de uno, varios o todos los elementos que intervienen en el sistema de modulación; b) manejo erróneo o negligente de los equipos. A veces tenemos el caso extremo de que ambos factores se ven reunidos con los obvios efectos. Una reducida minoría de radioemisoras tiene equipos de buena calidad, pero el segundo factor anula con mucha frecuencia la bondad potencial de estas transmisiones.

El mantenimiento y celoso control de toda la cadena de elementos que intervienen en la radioemisión son conceptos que han sido completamente desdichados y olvidados a pesar de su fundamental importancia. Por un lado tenemos un inefectivo control del porcentaje de modulación que redunda en

exceso y falta de modulación de los pasos finales de radiofrecuencia con los consiguientes efectos de distorsión e incorrecta anchura de banda. Por otro lado los elementos de captación de programas del estudio no reciben suficiente atención y su gradual deterioro es ignorado completamente. La utilización de los controles de tono, ecualización de curvas de frecuencia, de filtraje de ruidos, etc. es un aspecto de igual confusión. Si a todo esto se suma una frecuente falta de control en la sintonización de los pasos de radiofrecuencia en el transmisor, se tiene una ligera visión de las imperfecciones que aquejan a las radioemisoras mencionadas y su inevitable efecto pernicioso en la calidad de los programas transmitidos.

Una misión entre varias, de la Radio Nacional, sería pues, de que mediante equipos de primera calidad, mantenidos constantemente en ese óptimo estado y controlados continúa y científicamente como se hace en las estaciones de Europa y E.E.UU., realizar emisiones que se caractericen por una impecable perfección en el aspecto tonal, como también en lo demás. Podemos darnos cuenta con facilidad que la transmisión de alta calidad de música daría, como ya se dijo, la consecuencia de un mayor interés y gusto al oyente medio para escuchar y así formar sus aptitudes en este aspecto y podría llegarse al gran triunfo de alejar al pueblo, siquiera en un pequeño grado, de la imperante vulgaridad en este arte. Una de las condiciones para lograr este elevado grado de calidad de la transmisión es el mantener como cuerpo estable del conjunto de operadores de la Radio Nacional, un grupo de técnicos capaces de llevar a cabo el manejo y control de todos los equipos durante todo el tiempo de transmisión sin dejar un solo momento que ésta se efectúe al acaso. Solo de este modo se justificaría el elevado costo de instalación que representaría el conjunto radioemisor que adelante se estudiará.

## C A P I T U L O    I I

### 1.- Condiciones técnicas de recepción término medio a través del territorio nacional.- Receptores y antenas de recepción.

Antes de entrar de lleno al estudio de la estación radioemisora nacional merece hacerse ciertas consideraciones acerca del otro extremo de la cadena de elementos que intervienen en el proceso de transmisión-recepción, o sea el lado de recepción.

Primeramente haré algunas consideraciones acerca de las condiciones de recepción ajenas al equipo de captación. En el Ecuador tenemos varios factores que influyen en la mejor o peor recepción de programas de radio. Por un lado la accidentada orografía del territorio nacional constituye un aspecto negativo especialmente para la transmisión en frecuencias muy altas por un lado y para frecuencias bajas por el otro; y en el segundo caso porque parte de las ondas largas se propagan siguiendo la conformación del terreno o sea es la onda de tierra; en el caso de las ondas muy cortas se trata obviamente del obstáculo de las montañas a la propagación en línea visual. En frecuencias medias y cortas, es decir entre los dos extremos arriba mencionados, el efecto de la orografía es reducido por la presencia de la onda del espacio cuya importancia se acrecienta con el aumento de frecuencia hasta que, en onda corta es la única que se toma en cuenta. Así vemos que en estas frecuencias altas la recepción en la región de la Sierra es particularmente buena aún para estaciones lejanas, mientras que la recepción en la Costa, especialmente durante las horas del día es relativamente deficiente y en ningún momento comparable a la de la Sierra.

Por su latitud, el Ecuador goza de una situación favorable en lo que respecta a la recepción de radioemisiones, ya que gran cantidad de las perturbaciones ionosféricas que se observan en los hemisferios norte y sur cerca de los polos magnéticos de la Tierra, no existen en esta parte del globo.

Igualmente favorable es la más uniforme ionización de la ionósfera que se observa sobre las regiones equatoriales por la reducida pronunciación de las variaciones de invierno y verano que tanta influencia tienen en la recepción en las regiones templadas y polares.

Un aspecto negativo que se presenta en la zona tropical es el elevado nivel de ruido especialmente estático y que es particularmente pronunciado en las regiones bajas y tórridas parcialmente producido por las grandes tormentas eléctricas que casi continuamente se desencadenan allí. En nuestro caso estos efectos provienen principalmente de la region amazónica y son notables las interferencias estáticas que se producen al ritmo de las descargas de rayos que se escuchan especialmente en las horas de oscuridad y en el extremo de baja frecuencia de la banda media de radio difusión.

Además tenemos los efectos producidos por el ciclo de actividad solar que como es sabido es de aproximadamente 11 años y que ejerce su influencia especialmente en aquellas frecuencias de transmisión que se propagan por medio de la reflexión ionosférica. Como es sabido, la recepción en onda media mejora notablemente durante las horas de la noche a causa de la presencia de la onda del espacio, de tal modo que no solo se llega a escuchar estaciones de las repúblicas vecinas, sino también trasmisiones provenientes de América Central e inclusive de los EE.UU.

Estas consideraciones primeras nos servirán luego para determinar las frecuencias a emplearse en la Radiodifusora Nacional, y sus horas respectivas de utilización para cumplir más efectivamente con su objetivo.

Veamos ahora brevemente el aspecto que se refiere a los receptores y antenas de recepción del oyente medio en el Ecuador, porque este aspecto nos servirá para definir por lo menos en parte las características de frecuencia y potencia de transmisión que deberá tener la estación.

La gran mayoría de radiorreceptores que existen en los hogares del país

tienen ciertas características generales, que son comunes en la mayoría de los casos. Se trata generalmente de receptores superheterodinos de 5 válvulas: mezclador-oscilador, amplificador de F.I., detector-amplificador de A.F., amplificador de potencia de A.F. y rectificadora. Estos aparatos sintonizan generalmente varias bandas, o sea son capaces de recibir en onda media (550-1600 Kc/s) y en onda corta desde los 3 o 4 Mc/s hasta los 18 a 25 Mc/s, onda corta que puede ser cubierta en 1,2 o más bandas, según el grado o el sistema de ensanche eléctrico. Desde los últimos años la gran mayoría de estos radiorreceptores es de manufactura europea y esto se debe en parte a que la industria norteamericana de aparatos de radio se ha concentrado casi exclusivamente a la fabricación de receptores que sintonizan solamente la onda media de radiodifusión que es la que interesa al oyente de aquella región. Una de las características de estos receptores europeos es la mayor anchura de banda que la que poseían sus similares norteamericanos de hace años, obteniéndose así una mejor calidad de reproducción sonora, pero en detrimento de la selectividad, circunstancia que es importante considerar en la selección de frecuencias libres de interferencias laterales de otras estaciones transmisoras. La reducida minoría de aparatos dotados de selectividad variable no debe influir en estas consideraciones generales igual cosa puede afirmarse de aquellos aparatos que poseen uno o más pasos de preamplificación de radiofrecuencia, ya que es necesario referirse a las características menos favorables que al mismo tiempo sean las más comunes, obviamente un receptor de calidad superior al término medio solo pueda variar la calidad de recepción en el sentido positivo.

En la selección de las frecuencias de transmisión debemos también considerar otro aspecto y es de las regiones de frecuencia en que los receptores poseen una mayor sensibilidad.

Esta máxima sensibilidad existe en la generalidad de los casos en tres puntos de la gama de sintonía de un receptor, dos de los cuales se hallan cerca de los extremos de cada banda, máximos que se producen por la sintonía de los "padders" y "trimmers"; el tercer punto es aproximadamente la media geométrica de las frecuencias de los dos anteriores. Así por ejemplo la gran mayoría de los receptores se sintonizan con el "trimmer" alrededor de 1.500 Kc/s y con el núcleo variable o con el "padder" en 600 Kc/s, siendo pues estos dos puntos del dial los que presentan una mayor sensibilidad junto con un tercero alrededor de los 1.000 Kc/s. El caso de las ondas cortas es menos general ya que depende del tipo de ensanche de banda o ausencia de éste. Además, en lo que se refiere a la transmisión en onda corta la determinación de frecuencia de trabajo dependerá de aspectos totalmente diversos al receptor y de mayor importancia que las características de éste. Por lo tanto, solo en la banda media merece tomarse en cuenta, aunque como factor secundario, las características de sensibilidad de los receptores.

Otro aspecto del lado de recepción que merece tomarse en cuenta es el de la antena. En los receptores de manufactura norteamericana abundaba el sistema de antena de cuadro incluido en el aparato receptor, de un rendimiento aceptable en onda media y nulo en onda corta. Caso parecido es la antena direccional de "ferrite" que se usa extensamente en aparatos europeos y últimamente en los norteamericanos. Todos estos sistemas de antenas incluidos en el interior del receptor son inefectivas en frecuencias altas, y aún en onda media el uso de antenas externas es con frecuencia preferible, especialmente en los lugares en donde no existe un nivel de ruido estático muy elevado. Para la recepción de ondas cortas el uso de un sistema de antena externo se hace indispensable. Hay que descartar por sobre todo el uso de aquellas "antenas" de formas extravagantes terminadas en una cajita de dudoso contenido que producen generalmente tanto o menor efecto

que un simple pedazo de alambre cualquiera.

Sería aconsejable que en los programas de una radiodifusora nacional se incluya instrucciones breves y comprensibles para la instalación de antenas de recepción apropiadas para captar con el máximo de eficacia y el mínimo desembolso por parte del oyente, la o las frecuencias de operación de la estación en referencia, y aún a pedido del radioescucha podría enviársele un sencillo dibujo explicativo para la instalación de su antena; esto aseguraría por lo menos en este aspecto una recepción mejor. Es necesario educar e informar a la masa auditora acerca de ciertos aspectos técnicos básicos, por cuanto existe el caso no muy raro de dueños de receptores que, o carecen por completo de antena, o no la conectan en el lugar prescrito del receptor. El uso de antenas exteriores al edificio en que está el receptor es casi siempre factible en los lugares no céntricos de una ciudad grande y en los pueblos y regiones rurales, y tal sistema se hace cada vez más necesario con el aumento de distancia de éstos al transmisor a causa de la disminución consiguiente de intensidad de campo de la señal.

En lo que se refiere al aspecto de reproducción de audiofrecuencia, los receptores superheterodinos modernos comunmente en uso poseen una calidad buena y en ciertos casos muy buena y tenemos generalmente que la respuesta de frecuencia y el grado de distorsión de estos aparatos permitirían una recepción cualitativamente mejor si los transmisores serían mejores, en otras palabras la calidad media de los receptores es superior a la del material programático que reciben, lo que permite, o más bien obliga a que una radiodifusora nacional saque pleno partido de esta situación y radie sus programas con la más alta calidad de audio posible permitiendo obtenerse así el pleno rendimiento aún de los receptores llamados de alta fidelidad.

2.- Bandas de frecuencia apropiadas para realizar las transmisiones.

Entraré a considerar ahora de una manera general las gamas o bandas de frecuencia apropiadas para realizar las transmisiones, para luego más adelante definir con mayor precisión las frecuencias mismas a utilizar dentro de las gamas que a continuación se escogerán. Por otro lado me adelantaré en la aproximada definición del territorio que deben cubrir las transmisiones de una radiodifusora nacional. En lo que se refiere a este último aspecto no cabe duda alguna que lo que se pretende ante todo es que la estación sea escuchada perfectamente a través de todo el territorio del Ecuador, además y esto es una consecuencia inevitable pero desde todo punto de vista favorable, estas transmisiones se oírían en los países vecinos y aún más lejos con una intensidad de señal apreciable ya que es lógico que si las transmisiones tienen alta intensidad de campo a través de todo el territorio nacional esta señal no cesará bruscamente al llegar a los límites políticos del país, sino que se extenderá a gran distancia de éstos. Este aspecto será nuevamente considerado más adelante.

Definida de una manera general la distancia a la que la recepción debe realizarse, o más bien el área que debe ser cubierta podemos entrar a la discusión de las gamas de frecuencia de transmisión que sean apropiadas para el objeto. Para esto tenemos que recurrir al estudio de las características de propagación de las ondas electromagnéticas de acuerdo a la frecuencia.

No merece tomarse en cuenta la banda de onda larga, utilizada hasta ahora en Europa, por cuanto los receptores en uso en el Ecuador carecen de ella. Comenzaré pues, en la discusión de la banda media llamada comunmente banda local que se extiende de 535 - 1.605 Kc/s y que poseen todos los aparatos en uso actualmente. Las características de propagación en esta banda son muy conocidas pero las citaré brevemente porque influirán fundamentalmente en el proyecto en cuestión. Sabemos que para la propagación en esta banda

existen dos caminos claramente diferenciados: la onda de tierra y la onda del espacio. La onda de tierra es aquella que partiendo de la antena transmisora se propaga a través de la superficie terrestre siguiendo de una manera general la curvatura del globo. La onda del espacio en cambio es aquella que partiendo de la antena transmisora incide sobre la ionosfera bajo un cierto ángulo, y es refractada-reflejada de vuelta hacia la superficie de la tierra incidiendo sobre ésta a cierta distancia de la antena emisora, dependiendo esta distancia del ángulo de incidencia sobre la ionosfera y la altura de ésta sobre el suelo. Este es el caso general que caracteriza a las ondas electromagnéticas de todas las frecuencias hasta la frecuencia crítica que oscila alrededor de 30 Mc/s, a la cual la propiedad reflectora de la ionosfera se hace despreciable y errática. Volviendo al estudio de la banda media tenemos que la propagación de sus ondas se caracteriza por una fundamental diferencia entre el día y la noche; durante el día la ionosfera absorbe casi íntegramente la onda del espacio sin reflejarla hacia el suelo, por lo tanto durante el período diurno merece tomarse en cuenta únicamente la onda de tierra que continúa inalterada en sus características de propagación a través de las 24 horas. La distancia a que llega la onda de tierra con una cierta intensidad de campo depende de una serie de factores que se considerarán en el capítulo correspondiente. La onda de tierra es la que suministra el servicio primario que es aquel que se considera como de alta calidad y seguridad de recepción, variando este servicio entre el día y la noche por causas que se analizarán posteriormente. El servicio secundario es aquel de menor calidad de recepción proporcionado parcialmente por la onda de tierra durante el día y por la onda del espacio durante la noche. El servicio primario dentro de la banda media cumple con su función dentro de límites de distancia definidos ya que el alcance práctico de la onda de tierra posee un valor definido cuyo cálculo se realizará más adelante. Debo adelantar que este alcance efectivo de la onda de tierra en su servicio pri-

mario no alcanzará en ningún caso a cubrir el territorio nacional en su totalidad con una intensidad de señal suficiente a base de equipos de transmisión de dimensiones prácticas, y ésto nos obliga a considerar la manera de cubrir eficazmente el territorio restante. Llegamos pues a adelantar que la onda de tierra de la banda media no es capaz en nuestro caso de suministrar un servicio primario hasta los confines del país, pero como el requerimiento es de que en todo lugar del Ecuador y a cualquier hora de transmisión se pueda recibir adecuadamente la señal, es necesario dar una solución complementaria. Debe mencionarse que la estación transmisora no deberá estar lejos de Quito. En las horas de la noche la onda del espacio permitiría cubrir eficazmente la totalidad del área continental ecuatoriano; pero se llega a la conclusión, a base de los cálculos posteriores, de que durante las horas del día se requería de otro transmisor que emita en una frecuencia que sea capaz de cubrir con señal adecuada el resto del territorio nacional. A priori es posible determinar que para ello el uso de la banda media es inapropiado y por lo tanto tendremos que recurrir inevitablemente al uso de la onda corta.

Siguiendo un proceso semejante al seguido en el caso de la onda media, haré un sucinto recuento de las características de propagación de las frecuencias entre 3 y 30 Mc/s. Tal como en el caso de la onda media las ondas cortas se propagan por los dos caminos: por la onda de tierra y por la del espacio. La onda de tierra sufre una absorción elevada a estas frecuencias aumentando con el valor de éstas y desaparece practicamente a los pocos kilómetros. En oposición al caso anterior de la onda media nos interesa únicamente la onda del espacio que como es sabido parte de la antena transmisora y bajo ciertos ángulos incide sobre la ionosfera (capa F2) y se refleja hacia el suelo bajo estos mismos ángulos obteniéndose una señal de recepción suma de las señales parciales que han seguido diversos caminos a causa de las diferentes alturas de la ionosfera. La intensidad de campo

en el lado de recepción, depende en este caso de factores muy diferentes al caso de la onda de tierra y en líneas generales estos son: la frecuencia de trasmisión y las condiciones ionosféricas imperantes. Se conoce por experiencia que el alcance de una trasmisión de onda corta, con las demás condiciones constantes, aumenta con la frecuencia hasta un límite que es la frecuencia crítica a partir de la cual la reflexión ionosférica desaparece. Volviendo a nuestro caso, la máxima eficiencia de trasmisión deberá existir dentro de un radio de alrededor de 500 Km. durante las horas del día y la experiencia nos suministra la información de que las frecuencias comprendidas entre los 5 Mc/s y 10 Mc/s son las más apropiadas para este objeto. Por lo tanto y como primer dato tentativo asumiré que las bandas de 60,49 y 81 m. son las que pudieran utilizarse para cubrir el territorio nacional en aquella área en que la intensidad de señal de la trasmisión en onda media sería insuficiente.

### 3.- Determinación de las frecuencias dentro de las bandas escogidas.

En verdad no es posible aquí hacer una determinación exacta de las frecuencias, por la simple razón de que éste es incumbencia del ministerio del ramo, de las comisiones internacionales y depende de diversos factores que varían con el tiempo (aparición de nuevos transmisores en el país y en los países vecinos, nuevas leyes nacionales e internacionales acerca de la distribución de frecuencias, etc.). Pero sin embargo delimitaré con mayor precisión las frecuencias cuya utilización conviene dentro de cada banda propuesta en el capítulo anterior.

#### a) Banda media 535-1.605 Kc/s.

Esta banda se halla sobrecargada de estaciones locales por un lado y extranjeras, especialmente colombianas, por el otro. Si asumimos que pese a las nuevas reglamentaciones el número de estaciones locales no disminuirá

y que una estación del estado, pese a su lógica superioridad sobre todas las demás, no pueda escoger libremente su frecuencia desalojando a otras estaciones; entonces es mi opinión que la frecuencia a escogerse debiera estar comprendida entre los 550 y 680 Kc/s. El límite inferior determinado por la frecuencia mínima que pueden sintonizar los receptores normales y el superior por comenzar allí la mayor acumulación de estaciones comenzando por la Radiodifusora Nacional de Colombia en 690 Kc/s. Cabe considerar todavía el espectro entre los 710 y los 750 Kc/s; pero hacia arriba de esta última frecuencia toda la banda está virtualmente copada hasta los 1.550 Kc/s. En mi opinión no es conveniente utilizar una frecuencia superior a esta última por las siguientes razones; 1.-el hecho de que muchos receptores no sintonizan arriba de la frecuencia mencionada, especialmente si su calibración no es perfectamente exacta. 2.-La propagación en estas frecuencias del extremo de alta frecuencia de la banda media presenta ya ciertas características de las ondas cortas como por ejemplo mayor grado de absorción de la onda de tierra, aspecto sobre el que se volverá con más detalle posteriormente. Sin embargo como viene al caso citaré los datos que se desprenden de curvas de intensidad de campo para dos frecuencias extremas de 550 Kc/s y 1.470 Kc/s; estos datos nos indican que manteniendo constantes los restantes factores la intensidad de señal a una distancia de por ejemplo 90 Km. de la antena transmisora será para 550 Kc/s más de diez veces mayor que para 1.470 Kc/s, lo que realmente es un poderoso argumento para escoger la frecuencia más baja; a 15 Km. de la antena la intensidad de campo ya habría caído a un tercio para la frecuencia superior con respecto a la inferior. Es verdad que el nivel de ruido atmosférico en el extremo de baja frecuencia es algo mayor, pero la ventaja mencionada es de mayor importancia. Recomendando pues el uso de una frecuencia que se encuentre en la vecindad de los 600 Kc/s, debiendo hacerse la elección en su valor preciso mediante un estudio cuidadoso de las estaciones

existentes en esa región de frecuencia y que pudieran causar molesta interferencia dentro del territorio nacional y especialmente dentro de los límites de servicio primario, que se determinarán con mayor precisión más adelante. El problema de la interferencia durante las horas del día puede ser solucionado fácilmente mediante un acuerdo con las estaciones del país, mientras que este problema durante las horas de la noche es de mayor complejidad ya que debe tomarse en cuenta las estaciones de países vecinos con las cuales habría que llegar igualmente a un acuerdo conveniente y a una distribución de frecuencias de tal modo de permitir que la onda del espacio de la Radiodifusora Nacional llegue a una distancia máxima con el mínimo de interferencias causadas por otras estaciones.

b) Banda corta 3-50 Mc/s.

Ya han sido expuestas las razones por las cuales es indispensable desde todo punto de vista la utilización de un segundo transmisor en la banda corta, que por un lado deberá completar y asegurar la recepción en el territorio nacional y por otro lado permitir la recepción en países vecinos y eventualmente en regiones remotas del globo.

Por cuanto es el primer aspecto, o sea la recepción nacional, el factor predominante, será éste el que defina la frecuencia a utilizarse en onda corta. Ya he adelantado que las frecuencias comprendidas entre los 5 y los 10 Mc/s son las más apropiadas y dentro de esta banda figuran las de radiodifusión de 60,48 y 51 m.

El problema del exceso de estaciones que había mencionado con respecto a la banda media es mucho mayor todavía para las frecuencias de onda corta mencionadas y es harto conocido el hecho de que llegadas las horas de la tarde y más aún las de la noche las bandas de 48 y 51 m. se convierten en un pandemonium de estaciones de todas partes del mundo que en frecuente desorganización y anarquía transmiten sus programas interfiriéndose mutuamente hasta hacer imposible la audición clara y agradable.

La situación desagradable que se crearía por la interferencia en onda corta se ve mejorada por la presencia, en las horas de oscuridad, de la onda del espacio reflejada en la banda media permitiendo una excelente recepción en esa banda cuando la aglomeración en onda corta se hace presente.

Tal como en el caso de la onda media, la selección definitiva de las frecuencias en onda corta deberá hacerse con sumo cuidado, tomando por un lado en cuenta las reglamentaciones internacionales vigentes y por otro lado realizando experimentos transmitiendo en diversas frecuencias para obtener una recepción lo más carente de interferencias.

He mencionado hasta ahora un solo transmisor para onda corta, pero en cambio tres posibles frecuencias de transmisión. La idea es que un solo transmisor de onda corta esté en la capacidad de transmitir en cualquiera de esas tres bandas de frecuencia mediante una operación de cambio que posibilite la transmisión ya sea en 60,49 o en 31 m. Las razones para aplicar este sistema de transmisión son: 1.-la necesidad de poder transmitir a distancias variables, es decir que convendrá frecuentemente obtener una máxima intensidad de campo en ciertas regiones del país o a veces del extranjero, sabiéndose que en igualdad de condiciones el alcance de la transmisión aumenta con la frecuencia. 2.-el fenómeno de las variaciones del poder de reflexión de la ionosfera, tanto a través del día como del año y dentro del período de 11 años del ciclo de manchas solares, hace necesaria la posibilidad de utilizar diferentes frecuencias para adaptarse a cada situación variante. Este sistema permitiría escoger la frecuencia más apropiada y de mejor propagación para cumplir con el objeto que se pretende. 3.-el nivel de ruido disminuye con la frecuencia y así habría que escoger siempre la frecuencia máxima. 4.-la necesidad de poder librarse de posibles interferencias de otras estaciones que puedan surgir después de la instalación de la Radio-

Nacional, habla en favor de la posibilidad de realizar un cambio de frecuencia para escapar así de alguna molesta interferencia, que por ejemplo podría presentarse solo a determinadas horas del día.

En resumen, pues, queda como sistema más conveniente el de dos transmisores, el uno trabajando en el extremo de baja frecuencia de la banda media y el otro transmisor capaz de hacer la emisión en 60,49, y 31 m., transmitiendo sucesivamente en cualquiera de esas frecuencias y debiendo poder realizarse este cambio con la máxima facilidad posible.

### C A P I T U L O    I I I

#### 1.- Territorio que debe cubrir la estación.

Ya he mencionado anteriormente que el objeto primordial de la estación Radiodifusora Nacional es de que sus transmisiones sean escuchadas con claridad y nitidez en cualquier lugar del país y a cualquier hora en que se efectúe la transmisión. Consideraré ahora brevemente en qué consiste este territorio a cubrirse desde el punto de vista de las comunicaciones radioléctricas.

La máxima distancia dentro del territorio del Ecuador desde el lugar de transmisión en las cercanías de Quito sería de unos 540 Km. en línea recta que corresponde a la distancia desde Quito hasta el extremo más meridional del país. Sin embargo debemos hacer la consideración de que las ciudades más importantes del país y que deben ser cubiertas con la mayor perfección se hallan en un radio no mayor de 300 Km. desde la capital. Dentro de este radio quedan incluidas las siguientes ciudades: Guayaquil, Cuenca, Riobamba, Ambato, Ibarra, Esmeraldas, Manta, etc. y todas las ciudades más cercanas. Se destaca pues, la necesidad de suministrar un servicio de calidad primaria y superior a la región comprendida dentro de este radio de 300 Km., y además un servicio satisfactorio y suficiente a la región comprendida entre los 300 Km. y los 540 Km.

Como territorio nacional he considerado por ahora solo el territorio continental que obviamente merece una consideración primordial, pero indudablemente hay que considerar el Archipiélago de las Galápagos dentro del estudio en cuestión. La distancia de Quito hasta la isla de San Cristóbal es de unos 1.220 Km. y hasta el lugar más alejado del Archipiélago unos 1.500 Km. Se trata naturalmente de establecer un servicio satisfactorio que permita la audición en aquellas islas. Por otro lado, dada la considerable distancia que nos separa del Archipiélago, el servicio que se le suministraría no

sería del mismo orden de calidad que el destinado al territorio continental, ya que debemos considerar el orden de importancia especialmente en lo que se refiere al número de habitantes y con ello de oyentes potenciales. Por lo demás, como ya lo he mencionado antes, las transmisiones no cesarían de ser recibidas más allá de los límites territoriales del Ecuador, todo lo contrario, las transmisiones llegarían a distancias considerables que determinaré más adelante con mayor exactitud, pero cabe adelantar que las transmisiones en la onda media llegarían por la noche a más de 1.000 Km. de distancia y que las transmisiones de onda corta, especialmente en 31 m. llegarían a cubrir todo el continente americano y, dependiendo de las condiciones ionosféricas, hasta llegarían al Viejo Mundo. Lógicamente el alcance en onda corta es de difícil predicción ya que depende de condiciones que varían continuamente a través del día y del año y hay que remitirse a estadísticas para llegar al conocimiento del alcance que cabe esperarse. Esto en lo que se refiere a las distancias. Además debe tomarse en cuenta el aspecto orográfico del territorio a cubrirse; como es sabido el Ecuador se caracteriza por poseer en su territorio grandes irregularidades, notables accidentes de terreno especialmente en su región central por donde pasa la cordillera de los Andes; en la Costa y el Oriente estos accidentes que se oponen al paso de las ondas radioeléctricas son despreciables, no así en la región interandina en donde observamos las mayores diferencias de altura que ponen obstáculos a la propagación de la onda de tierra y también de las ondas espaciales de reducido ángulo vertical. Afortunadamente en nuestro caso, la mayor parte de la energía se radiaría bajo ángulos mayores de 10 grados con la horizontal, generalmente alrededor de los 30 grados para la onda media con lo cual la influencia de los accidentes se dejará notar solo en casos excepcionales en que el lugar de recepción se halle rodeado de montañas muy cercanas y elevadas para que el horizonte tenga una elevación de 50 grados. En el caso de la transmisión en onda corta el ángulo

de máxima transmisión también será de un orden semejante, ya que la distancia de transmisión requerida sería de alrededor de 500 Km.; más adelante en el cálculo de la antena de transmisión se tomará en cuenta estos factores.

2.-Determinación de la potencia requerida para cada frecuencia de transmisión con la determinación previa de los demás factores que intervienen en este problema.

Habiendo expuesto en todos los capítulos anteriores el objeto y condiciones que debe llenar la Radiodifusora Nacional del Ecuador entrará ahora de lleno al estudio técnico del problema. Habiendo determinado ya las gamas de frecuencia dentro de las cuales operaría la estación y por otro lado el alcance y calidad de servicio de estas transmisiones, llega el momento de determinar la potencia efectiva de transmisión que debería tener cada uno de los dos transmisores propuestos: el uno para onda media y el otro para transmisión alternativa en onda corta. Estos dos equipos de transmisión por operar en bandas de frecuencia totalmente diferentes en sus características de propagación, deberán calcularse de un modo muy distinto el uno del otro, por lo tanto haré el estudio por separado. Sin embargo, ya que el objeto de los dos transmisores es de mútuo complemento para llenar un solo objeto, su estudio aislado deberá hacerse tomando en cuenta estas posibilidades complementarias. Principiaré por el transmisor de onda media.

I) Determinación de la potencia de transmisión requerida para el transmisor de onda media.

a) Nivel de intensidad de campo requerido en diversos lugares de recepción.- Consideraré primero el aspecto de transmisión diurna que en este caso esta representada por la onda de tierra. Según los mapas generales de niveles de ruido a través del mundo, el Ecuador está en la mayor parte del año dentro de la zona clasificada de nivel de ruido 2,5 según Leport, este valor servirá luego para determinar el valor mínimo de intensidad de campo requerido para la inteligibilidad. Este valor medio

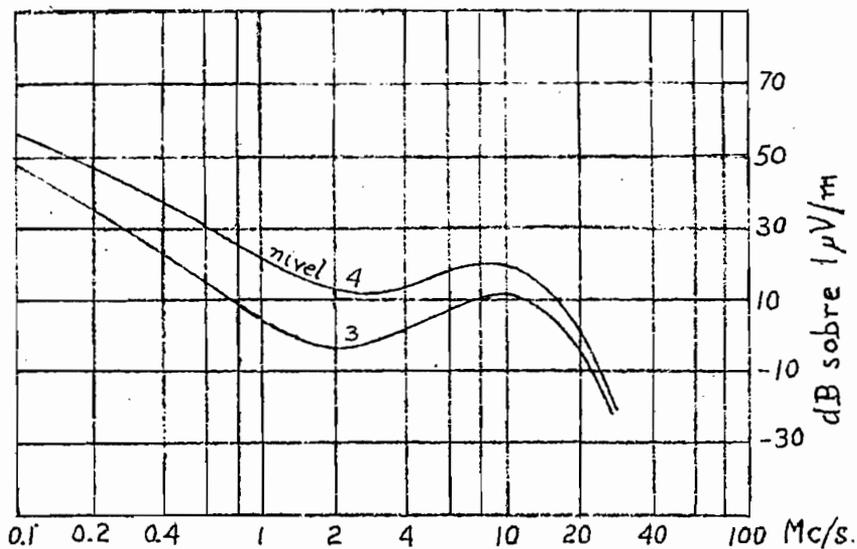
de ruido es solamente una aproximación ya que dentro del territorio del Ecuador tenemos una gran variedad de tales niveles, siendo éstos en el litoral de un orden muy superior al que se observa en la sierra, y aún dentro de cada una de estas regiones tenemos grandes diferencias a este respecto. Para tener una referencia de las intensidades de campo requeridas para diversos casos tomaré en cuenta exclusivamente el nivel de ruido atmosférico y no aquel producido por el hombre, a diferencia del sistema utilizado en los países muy industrializados, como es los Estados Unidos, país en el cual los niveles mínimos de recepción tienen que ser muy altos para sobreponerse a los elevados niveles de ruido estáticos que allí imperan.

Para conocer el valor mínimo de intensidad de señal según las horas del día y la frecuencia para los diversos niveles medios de ruido nos servirán las curvas de la figura 1. De estas curvas se desprende que a las 8 a.m. hora local y para 600 Kc/s la señal mínima para asegurar comunicación radiotelefónica debe ser de aproximadamente 20 uV/m. Para las 12 del día el valor mínimo es de 10 uV/m. Para las 4 de la tarde este valor es de 40 uV/m, y para las 3 de la noche estas condiciones variarán fundamentalmente pues la intensidad de señal mínima deberá ser de aproximadamente 200 uV/m. Pero en las horas de la noche ya interviene la onda del espacio que se discutirá más adelante. Por lo tanto tomaré en cuenta solamente los niveles requeridos durante las horas de claridad y que tienen un término medio aproximado de 25 uV/m. Este valor medio de intensidad mínima requerida es de un orden tal que existe únicamente inteligibilidad bajo estas condiciones; esto, como es lógico, no es suficiente para la recepción de programas radiodifundidos, y se requiere que a esto se agregue 10 dB para asegurar una recepción adecuada y este valor obtenido deberá ser el mínimo admisible.

$$10 \text{ dB sobre } 25 \text{ uV/m es igual a: } 10 = 20 \log E_2 / E_1; E_2 / E_1 = 3,16;$$

$$E_2 = 3,16 \cdot 25 = 79 \text{ uV/m o sea aproximadamente } 80 \text{ uV/m.}$$

8 a.m.



12 m.

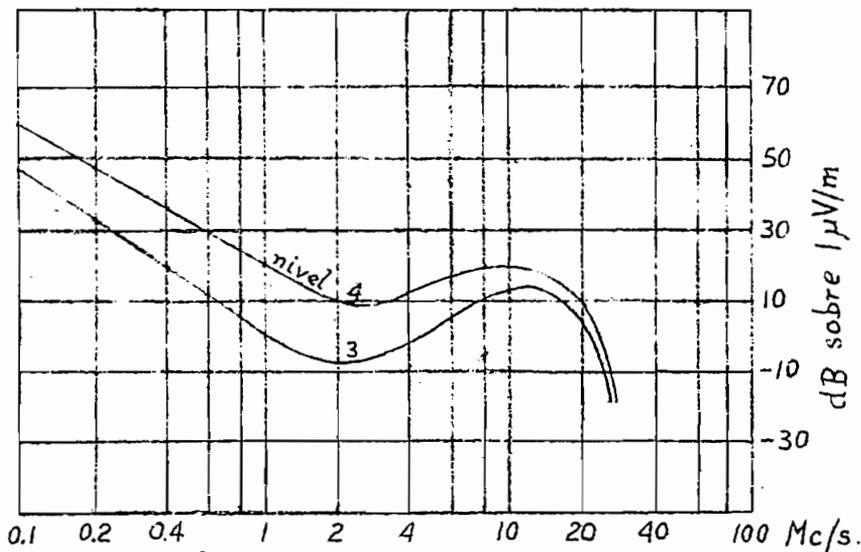
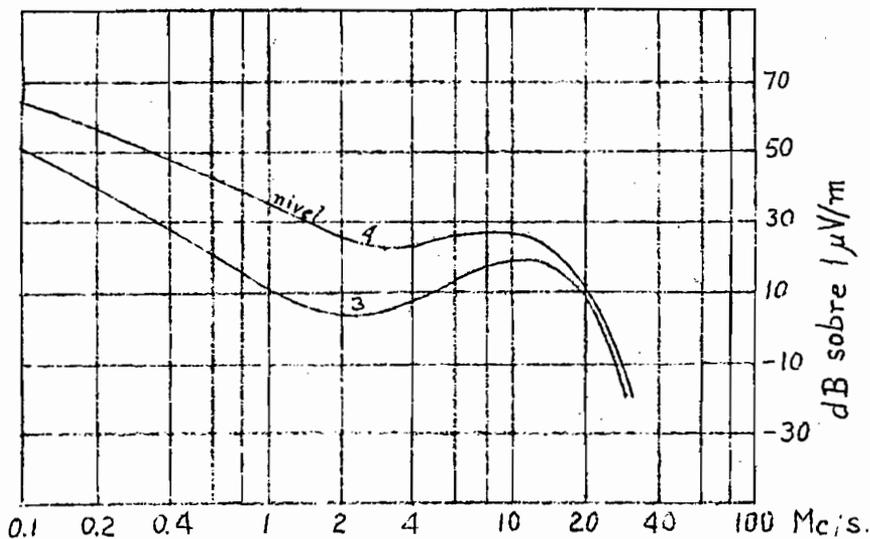


fig. 1

4 p.m.



Tomado del  
R.A.E.  
de Laport

Este valor obtenido de 80 uV/m es el valor mínimo que debe tener la señal en el lado de recepción durante las horas de claridad, aproximadamente entre las 7 a.m. y las 5 p.m., refiriéndonos siempre a una frecuencia de transmisión entre 550 y 688 Kc/s. Estas condiciones varían con el aumento de frecuencia pero pueden considerarse admisibles hasta los 1.000 Kc/s. Es posible que en ciertos lugares y en determinados momentos esta señal mínima que nos hemos fijado (80 uV/m) llegue a ser insuficiente, pero es lógico que nos debemos regir por condiciones de recepción término medio y no por excepciones desfavorables, que en caso de querer subsanarse mediante señales de valores muy grandes conducirían a un proyecto que desde todo punto de vista carecería de sentido práctico. No podemos regirnos por niveles de ruido ocasionales producidos por máquinas eléctricas con producción de chispa o sistemas semejantes que estén cercanos al lugar de recepción, porque estos niveles alcanzan valores de varios milivoltios por metro y a veces aún de decenas de milivoltios por metro. Para estos lugares desfavorables existirá siempre el recurso de sintonizar la transmisión en onda corta que podría llegar con una señal superior a la de onda media a partir de cierta distancia y por otro lado el nivel de ruido es generalmente muy inferior con el aumento de frecuencia.

En lo que respecta a la recepción en las horas de oscuridad, es decir a partir de las 6 p.m., el problema es algo diferente. El nivel de ruido es superior al observado durante el día y puede alcanzar, como ya se dijo, los 200 uV/m. Para sobreponerse a este nivel es impráctico recurrir a la onda de tierra que implicaría una potencia enorme de transmisión; en cambio se tiene el recurso de la onda del espacio que surge durante estas mismas horas de oscuridad y suministra señales muy superiores a la onda de tierra a partir de cierta distancia que depende de factores que se analizarán más adelante.

b) Determinación de la conductividad media del suelo para la frecuencia a utilizarse.- La conductividad del terreno, especialmente de sus capas superficiales (hasta unos 20 m. de profundidad) es un valor de fundamental importancia para la predicción de cómo se propagará la onda de tierra en onda media. Conocido este valor es fácil determinar la intensidad de campo que producirá un transmisor de cierta potencia, altura de antena, etc. a una distancia determinada. La determinación de este valor de la conductividad del suelo, siquiera aproximadamente es indispensable para, inversamente, determinar la potencia requerida para el transmisor para producir una intensidad de campo deseada a una distancia determinada. Sin embargo es posible afirmar que casi ninguna de las numerosas estaciones re-difusoras que operan en onda media se ha preocupado de realizar la determinación de este valor tan importante.

La conductividad del suelo puede oscilar entre dos valores extremos que son  $4,8 \times 10^{-11}$  e.m.u. y  $10^{-15}$  e.m.u., el primer valor correspondiente al agua de mar que posee una conductividad máxima y el segundo correspondiente a grandes ciudades industriales con máxima atenuación de la señal. Como se ve, el margen de variación es alto y se hace necesaria una determinación mayor. Un suelo de excelente conductividad posee un valor de  $40 \times 10^{-14}$  e.m.u. (e.m.u.; unidades electromagnéticas de conductividad); en cambio un suelo seco, rocoso y de pobre conductividad tiene  $10^{-14}$  e.m.u. Podemos admitir a priori que el valor correspondiente al terreno medio del suelo en el Ecuador se hallará entre estos dos valores extremos. La Sierra con una constitución geológica esencialmente volcánica con abundancia de rocas tendría una conductividad inferior a los  $10 \times 10^{-14}$  e.m.u. Lo mismo puede decirse de la Costa con un suelo esencialmente arenoso y en gran parte árido, característico de región costanera. Puede suponerse a primera vista que tenemos que tratar con un suelo de mediana conductividad inferior a  $10 \times 10^{-14}$  e.m.u. y superior a  $10^{-14}$  e.m.u.

De esta primera aproximación hecha esencialmente por comparación con casos semejantes, se destaca la necesidad de reducir este margen y de obtener, mediante mediciones, un valor aproximado pero más definido de las verdaderas condiciones imperantes.

Existen varios métodos para la determinación de la conductividad del suelo como también de otra constante característica que es la constante de dieléctricidad que tiene menor importancia que la primera y que además corre pareja en su variación con el valor de conductividad. Existe el método, muy laborioso por cierto, de tomar muestras del terreno sobre una gran extensión y de medir en el laboratorio, por medio de complejos aparatos, las constantes deseadas de cada muestra y tomando el término medio de estas mediciones. Por otro lado existen varios métodos que se podrían llamar indirectos y que son frecuentemente más convenientes. Especialmente el sistema de mediciones de intensidades de campo de un transmisor de prueba o de una estación de radiodifusión existente. Este método consiste en la medición de intensidades de campo sobre uno o más radiales que parten de la antena transmisora escogida para la prueba y se toman estas lecturas a distancias diferentes y crecientes a lo largo de cada radial. Estas medidas deben hacerse preferentemente a distancias que crezcan proporcionalmente. El ritmo o la proporción con que la señal disminuye con el aumento de distancia nos dará el valor de la conductividad media del terreno en que se ha hecho la medición. Depende naturalmente del número de medidas y del cuidado y precisión que se ponga en éstas para obtener un valor de mayor o menor exactitud. Afortunadamente la precisión del resultado, en nuestro caso, no requeriría ser muy alta, pues bastaba conocer un valor aproximado, que nos guíe en la determinación de la potencia requerida. Por otro lado la ausencia total de estos datos en nuestro medio hacía indispensable esta determinación.

A continuación detallaré el proceso seguido para la determinación antedicha por medio de la medición de señales a lo largo de dos radiales.

Como medidor de intensidad de campo utilicé los siguientes elementos:

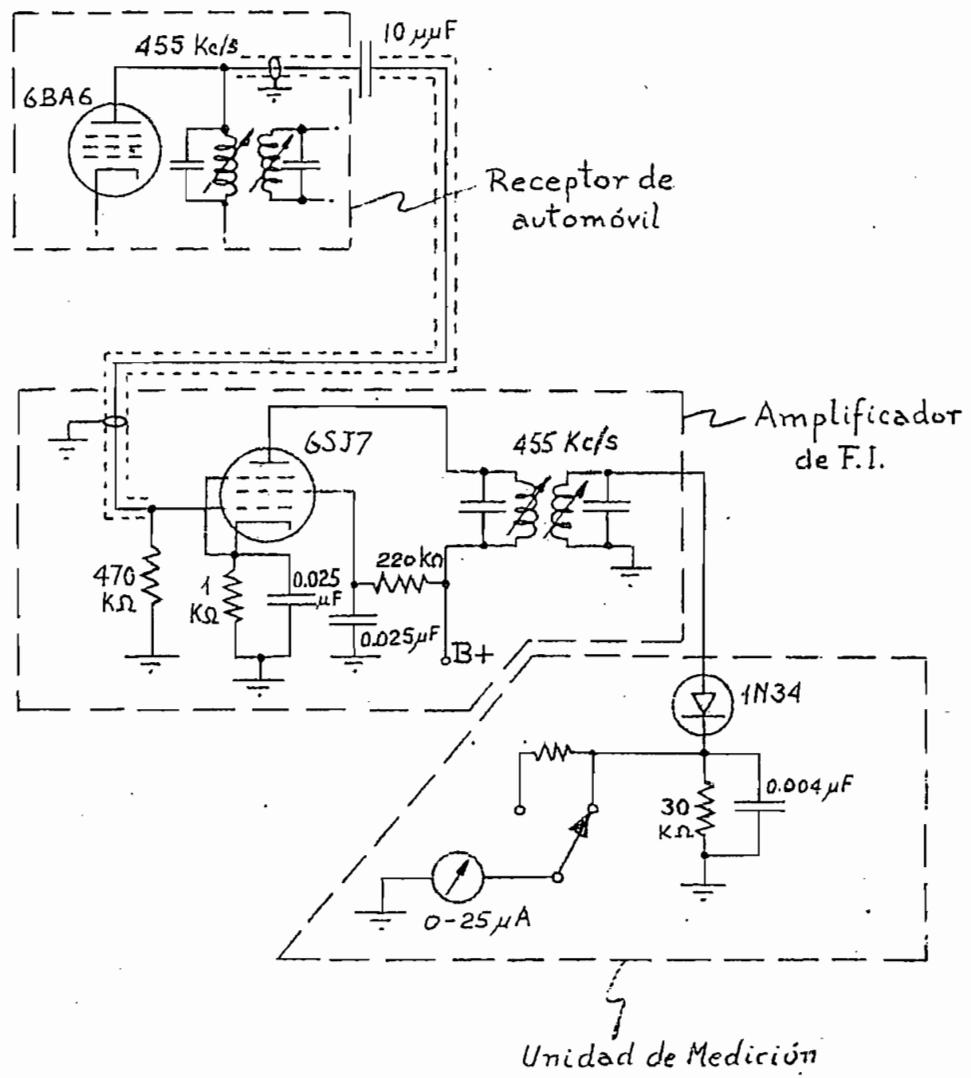
Un receptor de automóvil dentro de éste.- Este receptor es del tipo tradicional de 5 válvulas (oscilador-mezclador, amplificador de frecuencia intermedia, detector-primer amplificador de audio, amplificador de potencia de audio y rectificador). Como parte de los pasos de amplificación estaban regulados por el sistema automático de volumen, se desconectó esta regulación para asegurar una variación lineal de la sensibilidad dentro de ciertos límites de señal de entrada. Se obtuvo la señal de salida por medio de una conexión, a través de un condensador pequeño de 10  $\mu\text{F}$ , de la placa de la válvula amplificadora de frecuencia intermedia, obteniéndose una tensión de 455 Kc/s proporcional a la señal de radiofrecuencia de entrada desde la antena de recepción.

Un amplificador de F.I. sintonizado cuya entrada es la señal mencionada de 455 Kc/s.

Un medidor de intensidad de campo esencialmente constituido por un diodo de cristal de germanio, elementos atenuadores y un microamperímetro para la lectura.

El diagrama del conjunto está representado en la figura 2.

Las tensiones de 6 V para el filamento de la válvula 6SJ7, como los 250 V para la placa se obtuvieron del receptor de automóvil. La antena utilizada en este caso tenía una longitud reducida (60 cm.) con el objeto de mantener la señal baja e impedir la no-linearidad de trabajo de los tubos, además de desintonizó el trimmer de antena del receptor para lograr el mismo objeto. Además se proveyó un voltímetro de corriente continua para mantener una tensión constante de los 6 V provenientes del conjunto batería-generador del automóvil, durante todas las mediciones de intensidad de campo. La estación escogida para estas mediciones fué el transmisor de la HCJB que trabaja en la frecuencia de 760 Kc/s, situado con sus antenas en Iñaquito. Escogí esta estación porque transmite



Medidor de Intensidad de Señal

fig. 2

en una frecuencia cercana a la banda propuesta para el proyecto, o sea 550-660 Kc/s; además está situada en terreno relativamente plano. No se escogió la estación 700 Kc/s por estar muy alejada de Quito. Cuando fué posible se hicieron las mediciones a las distancias que figuran en las tablas respectivas. Las medidas de intensidad de campo relativa para el primer radial que se obtuvieron con:

Lugar de medición	Distancia	Intensidad relativa
Carolina	1 milla	15 uA
9 de Octubre y Valdivia	2 millas	7 "
Parque Ciud.Méjico	5 "	1,3 "
Camp. Sinar (carretera Sur)	10 "	0,72 "

Tabla 1

Para el segundo radial se utilizó la dirección Norte y se obtuvo los siguientes valores relativos:

Lugar de medición	Distancia	Intensidad relativa
Carretera Norte	1 milla	15 uA
" "	2 millas	6,8 "
" "	4 "	3,3 "
Carretera a Pomasqui	7,2 "	1 "
" " "	9,5 "	0,58 "

Tabla 2

Estas mediciones nos servirán para determinar con mayor precisión los valores de conductividad del suelo dentro de los límites factibles que habíamos determinado ( $10^{-14}$  y  $10 \times 10^{-14}$  emu). La determinación teórica de la conductividad del suelo con los valores de intensidad de campo así obtenidos es relativamente compleja, para su cálculo habría que recurrir a una

serie de fórmulas parcialmente empíricas y que nos darían el valor de conductividad para cada relación de intensidades medidas.

Las ecuaciones para este cálculo son:

$$E_{su} = \frac{2E_0}{d} \cdot A \quad 1$$

donde  $E_{su}$  = intensidad de campo de la onda en tierra.

$d$  = distancia

$$E_0 = 300 \sqrt{P} \text{ mV/m. a 1 Km. } 2$$

$$\text{o sea } E_0 = \frac{186,4 \sqrt{P}}{2} = 93,2 \sqrt{P} \text{ mV/m. a 1 milla.}$$

donde  $P$  = potencia radiada en kilowattios.

El factor  $A$  de la ecuación 1 tiene una equivalencia empírica igual a:

$$A \approx \frac{2 + 0,3p}{2 + p + 0,6p^2} - \sqrt{\frac{p}{2}} \cdot \epsilon^{-\frac{5p}{8}} \quad 3$$

donde:

$$p \approx \frac{\pi d}{x \lambda} \cos b ; b \approx \lg^{-1} \left( \frac{\epsilon + 1}{x} \right)$$

siendo:

$$x = \frac{1,8 \times 10^{15} \sigma}{f}$$

donde:  $f = kc/s$

$\sigma$  = conductividad del suelo en e.m.u.

$\epsilon$  = constante dieléctrica del suelo (aire 1)

$\lambda$  = longitud de onda en las mismas unidades que  $d$ .

De todos los valores que entran en la fórmula 1, el único valor desconocido es  $\sigma$  o sea la conductividad del suelo, ya que el valor de la constante de dielectricidad varía poco y es fácil asumir un valor aproximado. Las mencionadas fórmulas tienen su aplicación a distancias inferiores a 300 Km. ya que a mayores distancias hay que tomar en cuenta la curvatura terrestre. Podríase pues, mediante el proceso matemático indicado encontrarse el valor medio de  $\sigma$ , pero afortunadamente existen tablas con los cálculos ya realizados y que nos ahorran un trabajo nada despreciable. Estas tablas nos dan los valores de porcentaje de intensidad de campo con respecto a la intensidad no atenuada a una milla de la antena de transmisión. Estos valores se dan para diferentes frecuencias

y valores de conductividad que son los que queremos determinar. Incluiré aquí las tablas para dos frecuencias que nos pueden interesar: 610 y 790 Kc/s, la primera por estar cerca de la frecuencia real de trabajo del transmisor proyectado y la segunda por estar solo a 30 Kc/s de la frecuencia utilizada de 760 Kc/s.

Tabla para 610 Kc/s

Distancia, millas	Conductividades $\times 10^{-14}$ e.m.u.						
	5.000	40	20	10	5	2	1
1	100	99	98	96	93	85	72
2	50	49	48	47	43	38	29
5	20	20	19	18	16,1	11,7	7,3
10	10	9,7	9	8,2	6,9	4,1	2,1
20	5	4,6	4,2	3,8	2,6	1,1	0,49
50	1,9	1,67	1,35	0,90	0,45	0,154	0,068
100	0,83	0,66	0,45	0,250	0,090	0,030	0,015
200	0,29	0,20	0,105	0,041	0,0145	0,0044	0,0022
500	0,028						

Tabla para 790 Kc/s

1	100	99	98	96	91	77	60
2	50	49	48	47	43	32,5	22,5
5	20	19,5	19,2	17,2	14,2	8,7	5,0
10	10	9,5	8,6	7,5	5,6	3,65	1,30
20	5	4,38	3,8	2,9	1,73	0,81	0,30
50	1,95	1,42	1,03	0,58	0,240	0,076	0,045
100	0,82	0,51	0,29	0,120	0,046	0,017	0,0032
200	0,270	0,125	0,052	0,0175	0,0065	0,0022	0,00115
500	0,023						

Veamos a qué resultados nos lleva la comparación entre las medidas efectuadas y las tablas respectivas. Hay que partir de una suposición que es la atenuación que la señal ha sufrido a una milla de la antena emisora. Por los datos obtenidos para las distancias mayores he podido asumir que la atenuación corresponde aproximadamente a  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u. y que por lo tanto, según la tabla 3 para 790 Kc/s, esta atenuación a 1 milla sería de 9 % o sea ha disminuido a 91 % del valor teórico.

En la figura 3 se ha representado las curvas correspondientes a los valores de la tabla 3 para conductividades cercanas a las que hemos asumido como admisibles en nuestro caso; además se ha representado las dos curvas correspondientes a los resultados de las mediciones efectuadas cuyos valores están en las tablas 1 y 2; por comparación entre las curvas dadas y las obtenidas por medición podemos determinar con cierta aproximación la conductividad a que éstas corresponden. Las curvas obtenidas no siguen un curso paralelo o semejante a las curvas dadas debido a que las mediciones se efectuaron en terrenos de diversa conductividad; como es sabido, los centros urbanos tienen conductividades inferiores a las regiones circundantes. Siendo Quito una ciudad poco industrializada la conductividad deberá ser ligeramente superior a  $10^{-14}$  e.m.u. Hasta la distancia de 2 millas desde la estación HCJB en Iñaquito hacia el Sur la concentración urbana es reducida y la extensión mayor está constituida por terrenos de pastoreo, jardines, etc.; en esta parte se ha obtenido una conductividad de aproximadamente  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u. A la distancia de 5 millas desde la antena transmisora, siempre hacia el Sur, la atenuación es mayor por cuanto la mayor parte de esta extensión está constituida por centros urbanos concentrados, habiéndose obtenido aquí una conductividad de solo  $2 \times 10^{-14}$  e.m.u. Finalmente a la distancia de 10 millas la conductividad media ha subido con respecto al valor anterior pero como un 40 % de la extensión es urbana al valor medio obtenido refleja este hecho, siendo la conduc-

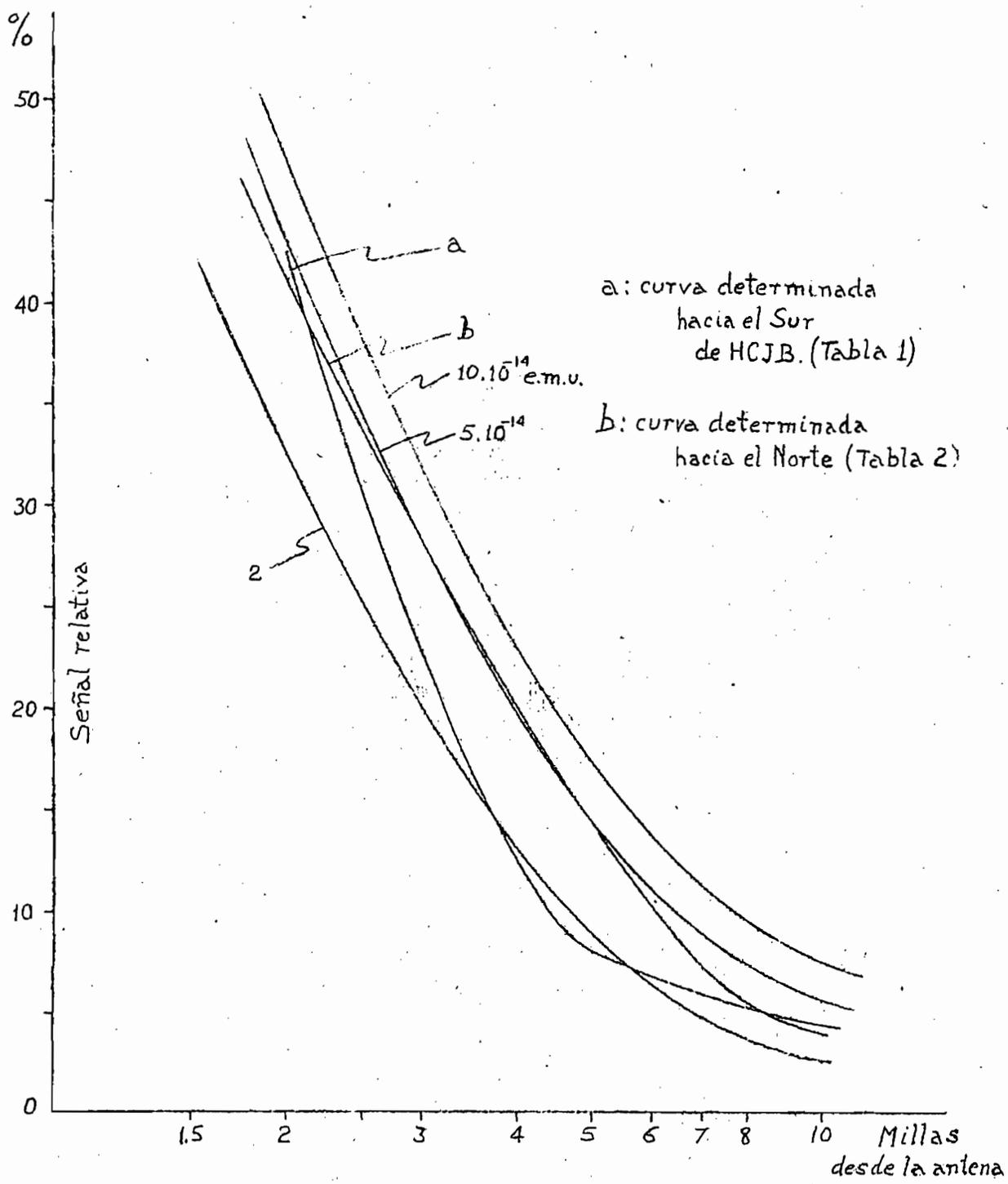


fig. 3

tividad de  $3,5 \times 10^{-14}$  e.m.u. que no es sino el término medio entre la conductividad 2 de la ciudad y la de 5 del campo; es decir el gradual alejamiento hacia el Sur nos da un valor de conductividad de tiende al valor 5. Por lo tanto, tal como se había supuesto, la conductividad media del territorio nacional debe estar entre 10 y 1 y el valor obtenido no es sino una confirmación de esa suposición y bien se puede dejar como definitivo el valor de  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u. En lo que respecta al segundo radial las mediciones reflejan la naturaleza del terreno en el que se hicieron las mediciones; hacia el Norte de Itaquito el suelo es semejante al que existe hasta 2 millas hacia el Sur y tiene parecida conductividad, más hacia el Norte la atenuación es mayor debido a la naturaleza arenosa del suelo, situación que caracteriza a la región que circunda a Pomacqui.

El valor obtenido para la conductividad de  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u. debe considerarse como un término medio general que nos servirá para posteriores determinaciones; este valor es prácticamente constante a través del tiempo y puede sufrir solamente pequeñas variaciones causadas por períodos de lluvia de gran intensidad y duración que provocarían un pequeño aumento en este valor; pero estas variaciones son de pequeño orden porque la capa conductora de la onda de tierra para las frecuencias alrededor de 600 Kc/s es de varias decenas de metros de espesor, comprendiéndose así la reducida influencia de las condiciones climáticas que afectan solo las capas más superficiales del suelo.

c) Distancia de transmisión requerida.- Habíamos determinado con anterioridad que dentro de un radio de aproximadamente 300 Km. el servicio de transmisión debe ser de primera clase. Esto significa que a esa distancia desde el transmisor debemos tener una intensidad de campo superior a 60 uV/m., en el espectro de frecuencia de 550 - 680 Kc/s, como requerimiento mínimo. Debe mencionarse sin embargo que esta señal mínima podrá ser insuficiente para la recepción adecuada en grandes centros como Guayaquil y deberá pro-

curarse que la señal sea algo mayor, no pudiendo darse una cifra determinada porque las condiciones de recepción tienen gran diversidad.

d) Altura de la antena transmisora para onda media.- Como es sabido, la altura de la antena debe estar de acuerdo con la frecuencia de transmisión, o más directamente, con la longitud de onda. La medida más conveniente para la altura física de la antena es el grado eléctrico o sea la  $1/360$  de la longitud de onda a transmitirse. Aunque éste no es el momento de discutir la antena, sin embargo es necesario adoptar un valor de altura eléctrica para la antena porque esto influirá en la intensidad de campo producida. La antena más utilizada para la onda media es la del tipo torre vertical, sistema que ha demostrado ampliamente sus conveniencias; mayores detalles al respecto se considerarán en el capítulo correspondiente a las antenas.

Para esta clase de antenas verticales existe una altura óptima para la radiación que es de 225 grados eléctricos y no 360, como podía haberse supuesto a primera vista. Para nuestro caso de una frecuencia alrededor de 600 Kc/s, o sea  $\lambda = 500$  m. esta altura, para 225 grados eléctricos, sería igual a 310 m. aprox., lo que equivale a una altura mayor que la torre de Eiffel en Paris. Esto lógicamente es impracticable y tenemos que considerar alturas que sean factibles, comparando al mismo tiempo las intensidades de campo que se producen bajo igualdad de las condiciones restantes. En la tabla 4 figuran los valores de altura de antena en grados eléctricos y el porcentaje de intensidad de campo a 1 milla del transmisor con respecto al valor obtenido con la altura óptima de alrededor de 230 grados.

De la tabla 4 se desprende que en las cercanías de los 230 grados se eleva notoriamente la eficiencia de la antena, pero que entre los 10 y los 100 grados la diferencia es de solo 4 %. Según esto si nos regimos únicamente por razones de economía debiera escogerse una antena eléctricamente pequeña de unos 10 o 20 grados de altura. Esto es correcto solo desde el punto de vista de intensidad de campo, pero tiene otras desventajas que son:

Grados	%	Grados	%	Grados	%
10	67,4	110	72,5	210	96
20	67,4	120	73,6	220	99
30	67,8	130	75	230	100
40	68,1	140	76,5	240	97,1
50	68,5	150	78,5	250	88,5
60	68,9	160	80,1	260	74,4
70	69,2	170	82,6	270	
80	70	180	85,5	280	
90	70,6	190	88,8	290	
100	71,4	200	92,5	300	21,8

Tabla 4.

resistencia de radiación muy pequeña que exagera el efecto de la resistencia contra tierra con lo que la eficiencia del circuito en su totalidad se reduce; además las antenas cortas eléctricamente tienen una alta reactancia y requieren también de elevada reactancia en el transmisor o en la línea de transmisión para su sintonía, lo que a su vez tiene como consecuencia elevadas pérdidas en los grandes inductores que se deben emplear. Por éstas y más razones se ha convenido en usar antenas que tengan alturas de 60 o más grados para la onda media. Estos 60 grados eléctricos equivalen, para 600 Kc/s, a unos 83 m. de altura lo que es perfectamente factible y que representaría un costo muy aceptable. Para nuestra determinación tomaremos en cuenta esta altura mínima practicable de 60 grados eléctricos por las razones expuestas de máxima economía en lo que a la estructura misma se refiere; sin embargo con esta altura eléctrica se presentan todavía serias dificultades en el aspecto de correcta adaptación de impedancia entre la línea de transmisión y el sistema radiante a causa de la alta componente reactiva de la impedancia de éste. Por lo tanto he optado

per presentar, en el capítulo correspondiente a las antenas, dos soluciones alternativas que en caso de realización del proyecto podrán escogerse, ya sea desde el punto de vista de máxima economía, o según el punto de vista de conveniencia técnica. Para la determinación, que a continuación se hará, de la potencia tomaré en cuenta la altura mínima de 60 grados, y en caso de escogerse una altura superior el resultado será en todo caso siempre más favorable.

Recomiendo hemos determinado los siguientes valores:

Conductividad media del suelo =  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u.

Señal mínima para la onda de tierra en onda media = 80  $\mu\text{V/m}$ .

Distancia a la que debe haber todavía esta señal = 500 Km.

Altura eléctrica mínima de la antena =  $60^\circ$ .

Obtenidos estos valores podemos ya entrar a determinar la potencia que debe radiarse bajo estas condiciones. Podría recurrirse al uso de las ecuaciones de la página 43, pero como ya mencioné, se dispone de tablas con los valores resueltos, y así la tabla 5 nos suministra las intensidades de campo en  $\mu\text{V/m}$  a la distancia de 1 milla en función de la potencia radiada en vatios y la altura eléctrica de la antena en grados. Con esta tabla y la tabla 3 de la página 44 se obtendrá el valor buscado de potencia.

Tomando el valor de 200 millas que equivale a 320 Km. y que no se diferencia mayormente de los 500 Km. que nos hemos fijado y por lo contrario tendremos una aproximación por exceso siempre conveniente en estos casos.

Tomando en cuenta tanto el valor para 610 como para 790 Kc/s y para  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u. hacemos los valores de 0,0145 % y 0,0065 %, respectivamente; utilizaremos un factor intermedio entre los dos de 0,01 % con lo cual tenemos la seguridad que para el límite superior escogido de 680 Kc/s el cálculo seguirá siendo apropiado; si la frecuencia real de trabajo sería inferior a 680 Kc/s esto influiría solo favorablemente en la intensidad de campo producida. Este valor de 0,01 % será factor de los valores de la tabla 5.

La tabla siguiente nos da los valores de las intensidades de campo no atenuadas a 1 milla de distancia de un radiador vertical de sección uniforme con distribución de corriente sinusoidal, como funciones de la altura eléctrica en grados y la potencia irradiada. Las intensidades de campo son en milivoltios por metro y la potencia en kilowattios.

Grados	Potencia			
	5	10	50	100
10	417	589	1.320	1.860
20	417	589	1.320	1.865
30	419	592	1.327	1.870
40	421	595	1.333	1.880
50	425	598	1.341	1.890
60	426	602	1.350	1.900
70	428	605	1.357	1.910
80	432	<u>611</u>	1.369	1.920
90	437	617	1.384	1.950
100	442	624	1.400	1.970
110	448	633	1.420	2.000
120	455	643	1.442	2.030
130	464	655	1.470	2.070
140	473	668	1.500	2.110
150	484	684	1.532	2.160
160	495	700	1.568	2.210
170	511	722	1.620	2.280
180	529	747	1.675	2.360
190	549	776	1.740	2.450
200	571	808	1.810	2.550
210	594	840	1.880	2.650
220	612	865	1.940	2.750
230	618	875	1.958	2.760

Tabla 5

Para 60° de altura de antena y una potencia de 10 KW figura el valor de 602 mV/m a 1 milla, este valor multiplicado por el factor 0,01 % da 60,2 uV/m que es inferior al valor mínimo de 80 uV/m. Para una potencia de 50 KW este valor es de 1.550 mV/m a 1 milla, y por lo tanto 135 uV/m a 200 millas que es un valor superior al mínimo fijado.

Descartamos pues, enseguida un transmisor de solo 10 KW y vemos enseguida que el mínimo factible para nuestro objeto es la potencia de 20 KW. Sin embargo, dejando a un lado por un momento el aspecto económico, podemos adoptar como potencia más aconsejable la de 50 KW, basándonos en las conclusiones anteriores, tomando en cuenta que en ciertas partes del territorio nacional el nivel de ruido es superior al supuesto y la conductividad del suelo inferior al valor determinado; además debemos tomar en cuenta que la potencia de salida del transmisor no es igual a la potencia radiada ya que existen pérdidas tanto en la línea de transmisión, en los elementos de adaptación de impedancia y en el sistema radiante. Todas estas pérdidas pueden reunirse en un factor aproximado de 95 %, con lo cual obtendríamos una potencia efectiva de unos 47 KW, determinaciones más exactas a este respecto se harán en el capítulo correspondiente.

Queda, por lo tanto, definido que el transmisor de onda media tendrá, para llenar su objeto eficientemente, una potencia de salida de 50 KW.

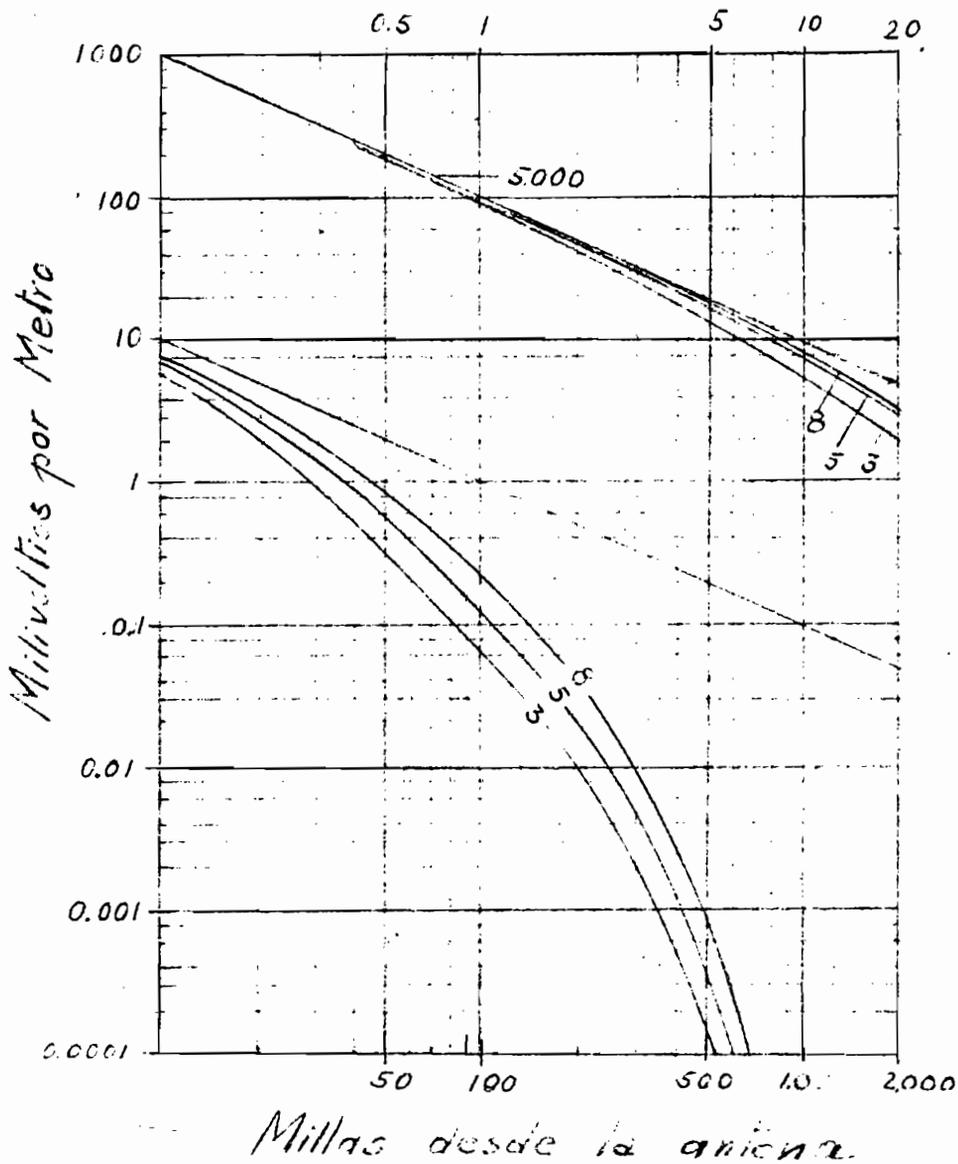
## II) Alcance real previsible de la transmisión en onda media.

Determinado el valor de potencia de salida del transmisor en 50 KW y habiéndose calculado que a 320 Km la intensidad de señal es de aprox. 135 uV/m, se determinará ahora la calidad del servicio suministrado en estas condiciones al resto del territorio nacional. Utilizando las curvas de la figura 4 que dan para diversos valores de conductividad la intensidad de campo relativa según la distancia tomando como base el valor 100 mV/m a 1 milla, siendo estas curvas para 550 Kc/s de las tablas 3 y 5 sabemos que la señal a 200 millas será 135 uV/m. De la figura 4 en la curva de  $5 \times 10^{-14}$

$$f = 550 \text{ Kc./s}$$

$$\rho = \text{e. m. u.}$$

base = 100 MV/m. a 1 milla



Tomado del  
R.E.H.  
de Terman

fig. 4

e.m.u. y para 200 millas obtenemos el valor de 0,019 y para 340 millas, o sea 540 Km., obtenemos 0,002, por lo tanto la señal a 540 Km., en nuestro caso será:  $0,002/0,019 \times 135 \text{ uV/m} = 14,2 \text{ uV/m}$ .

Este valor obtenido de señal para el extremo meridional del país es obviamente insuficiente para la recepción local, recuérdese que el valor mínimo fijado para recepción diurna es de 30 uV/m; por lo tanto se requiere y se justifica la utilización de un transmisor en onda corta como se había propuesto a priori al principio.

Ahora determinaremos el alcance e importancia de la onda del espacio en onda media que aparece durante las horas de oscuridad. Estas señales son de predicción algo más difícil ya que dependen de las propiedades reflejantes de la ionosfera que son variables. La tabla 6 nos da los valores de las intensidades de campo relativas que son excedidas durante 10, 50 y 90 % del tiempo de transmisión para diferentes distancias. Estos datos han sido obtenidos estadísticamente, y aplicados a nuestro caso nos suministran los valores representados en la curva de la onda de espacio nocturna mínima, o sea para 90 %, del tiempo de transmisión, de la figura 5. Esta misma figura incluye la curva de la onda de tierra que se producirá en nuestro caso. De estas curvas se desprende que durante las horas de la noche la onda del espacio desempeña un papel muy importante; su alcance práctico llega aprox. a los 1.400 Km., distancia a la que tendría todavía más de 30 uV/m durante 90 % del tiempo. Asimismo cubrirá muy eficazmente el territorio nacional a partir de los 350 Km., distancia a partir de la cual la onda de tierra se vuelve ineficaz.

Debe tomarse en cuenta que la onda espacial nocturna produce un efecto negativo en cierta región comprendida aprox. entre 170 y 240 Km. durante el 90 % del tiempo, en donde la señal de la onda de tierra es aprox. igual a la del espacio produciéndose distorsión por el llamado "desvanecimiento selectivo" (selective fading) a causa de las diferencias instantáneas de

fase de la onda modulante que ha viajado por dos o más caminos de diferente longitud hasta llegar al lugar de recepción. Esta distorsión dependerá de las variaciones continuas que presenta la ionosfera, siendo la región mencionada de distancia y extensión variable. Siendo el nivel de ruido durante las horas de la noche mayor, el alcance práctico de la onda del espacio no será mayor de unos 1.000 Km. para el 90 % del tiempo de transmisión; para períodos menores el alcance es mucho mayor pero por su misma irregularidad no lo tomaremos en cuenta.

Distancia Km.	Valor mínimo de intensidad de campo		
	10 %	50 %	90 %
0	0,30	0,080	0,030
162	0,27	0,066	0,030
324	0,23	0,064	0,025
648	0,156	0,064	0,020
972	0,097	0,042	0,0128
1.296	0,057	0,025	0,0075
1.620	0,032	0,0135	0,0045
1.944	0,019	0,0075	0,00255

Tabla 6.

La tabla 6 representa los valores término medio de la intensidad de campo de la onda de espacio en por ciento de la intensidad de campo a 1 milla de la antena, para 10, 50 y 90 % del tiempo de transmisión.

# CURVAS PARA 50 KW. DE POTENCIA

$\sigma = 5 \times 10^{-14}$  e.m.u., 550-680 Kc/s.,

Altura de antena = 60° eléctricos

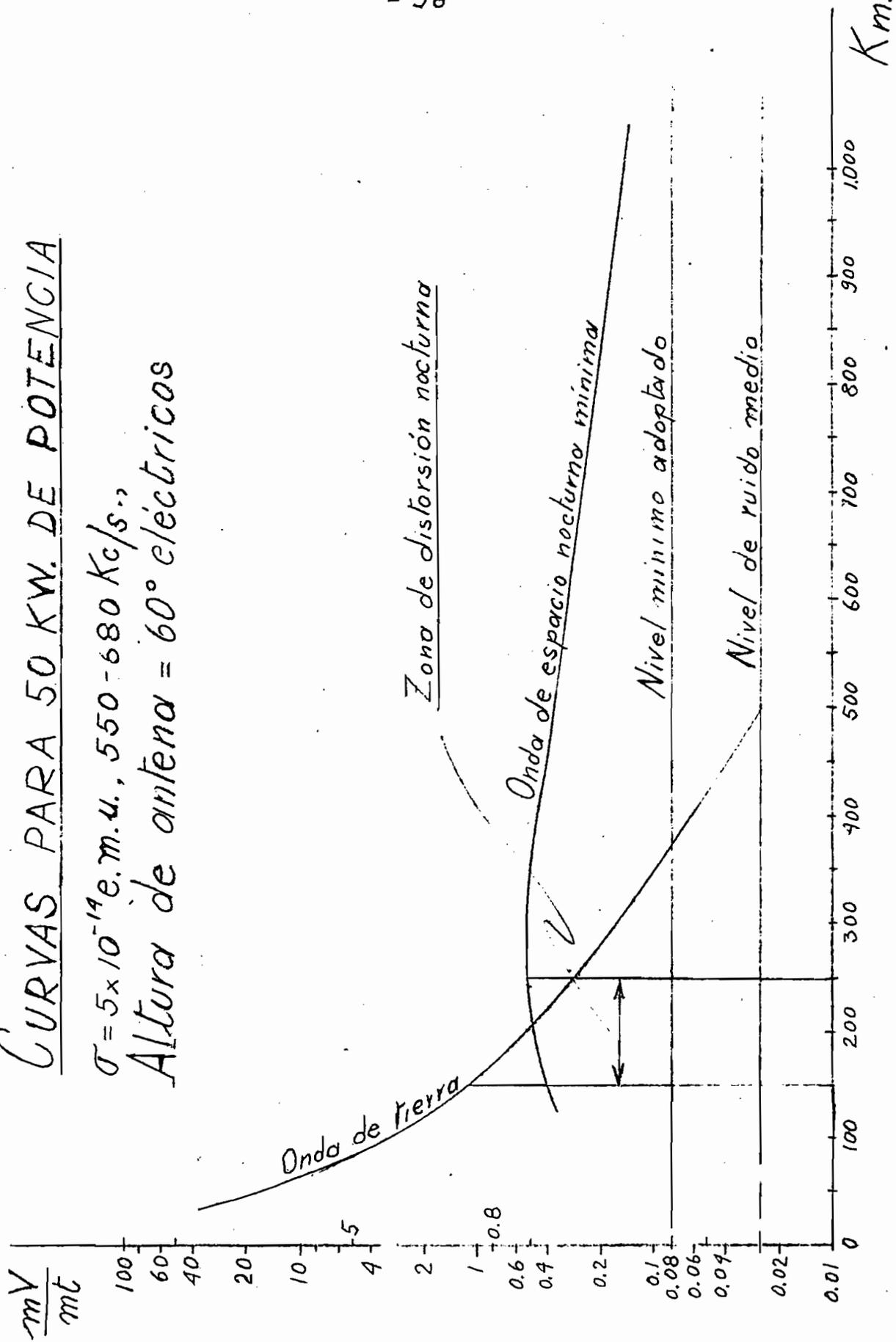


fig 5

### III) Adopción de una potencia adecuada de transmisión para onda corta.

He mencionado la palabra adopción en este caso, ya que para onda corta no disponemos de los métodos precisos de determinación como en el caso de onda media. Como se dijo, la transmisión en onda corta depende enteramente de las características de reflexión-refracción de la ionosfera, que son factores que varían continuamente y determinables solo muy aproximadamente por medio de estadísticas que deben extenderse sobre períodos de tiempo muy largos, y que aún así carecen generalmente de una exactitud mayor. Como es sabido no debemos tomar en cuenta la onda de tierra a estas frecuencias la cual es absorbida rápidamente y se pierde a pocos kilómetros de la antena. Según las curvas de la figura 1 vemos que los valores de intensidad mínima para sobrepasar el nivel de ruido son inferiores a los que tomábamos en cuenta para la transmisión en el extremo de baja frecuencia de la onda media, manteniéndose para frecuencias entre 5 y 10 Mc/s, alrededor de los 10  $\mu\text{V/m}$ . Este dato de nivel de ruido nos suministra una ligera guía en nuestro problema pero que es obviamente insuficiente. En la mayoría de los textos se hace muy poca mención del método a utilizarse para la determinación de la potencia en onda corta, justamente por dependerse únicamente de estadísticas más o menos precisas. En onda corta es posible mediante el uso de potencias reducidas llegar a grandes distancias pero la seguridad que ofrece un servicio así realizado es pequeña, lo cual es inaceptable para una estación de radiodifusión en la que debe propenderse a una seguridad de servicio lo más alta posible. Esta seguridad de servicio está en función de la potencia radiada, o sea cuanto más potente el transmisor mejor es la recepción. Se trata pues, en este caso más bien de una cuestión económica y debemos considerar que la solución más apropiada es la de máxima potencia admisible desde este punto de vista de la economía.

Como guía en nuestra búsqueda recurriré a la consideración de los precedentes que puedan utilizarse en vía de comparación.

En 60 m. se escucha durante el día unas pocas estaciones de Colombia, y algunas estaciones de provincias de nuestro país. Además de varias estaciones de la capital que transmiten simultáneamente con sus equipos de onda media. Las potencias utilizadas por las estaciones colombianas se hallan por encima de los 5 KW, en cambio las estaciones de provincias mencionadas utilizan potencias raramente mayores de 1 KW, lo mismo puede decirse de la mayoría de las estaciones de Quito. Por la noche aparece un número mucho mayor de estaciones de Colombia y algunas más del Ecuador mismo.

En 49 m. se escucha durante el día unas 4 o 5 estaciones de Colombia, especialmente de Cali, estaciones de potencias considerables, generalmente de 10 KW o más. Estaciones de menor potencia son difícilmente audibles durante las horas de claridad; algunas estaciones de provincia de poca potencia se escuchan durante el día dependiendo de las condiciones ionosféricas. En las horas de oscuridad la propagación en esta banda es generalmente muy eficiente, las estaciones no solo de este continente producen intensidades de campo muy elevadas y la banda en mención sufre una aglomeración de radioemisoras que dificulta la correcta sintonía. Repitiendo lo anteriormente dicho, la selección correcta y cuidadosa a base de un apropiado período de prueba es un aspecto fundamental; de poco serviría la utilización de elevada potencia de transmisión si la frecuencia no se escoge libre de interferencias.

En 51 m. el problema es similar al anterior. Durante las horas del día, siempre dependiendo del período ionosférico, se escuchan estaciones relativamente cercanas, del Perú, Venezuela, Panamá, Costa Rica, etc., estaciones que poseen potencias de 5 KW o más. La Radio Nacional del Perú tiene una estación de mayor potencia pero, a pesar de esto, su sintonía se ve con frecuencia dificultada, por lo menos aquí, a causa de una interferencia muy notable. En este caso tenemos pues, un ejemplo de potencia de transmisión desperdiciada por la utilización de un canal inapropiado. En cambio las otras estaciones mencionadas, con menor potencia y a mayor distancia, llegan hasta nuestro receptor en forma clara y fuerte.

se presenta semejante al de 49 m., pero sin embargo cabe mayor posibilidad de encontrar un canal poco interferido; en esta banda igualmente habría que seguir el mismo proceso cuidadoso en la elección de la frecuencia como en las bandas anteriores.

A base de lo anteriormente dicho podemos llegar a las siguientes conclusiones experimentales:

a) Para la transmisión en onda corta se requiere una selección en extremo cuidadosa de las frecuencias de trabajo.

b) El uso alternativo entre 60, 49 y 31 m. estará determinado por los pronósticos y estadísticas de las organizaciones mundiales pertinentes, y por la experiencia para fijar las horas más convenientes de transmisión en cada una de estas bandas, horario que variará durante el año y el período ionosférico solar.

c) La potencia necesaria en 60 y 49 m. es ligeramente mayor que en los 31 m. ya que el nivel de ruido en las primeras es algo más elevado por término medio; además el poder de reflexión diurna de la ionosfera en 31 m. es algo mayor que en las otras bandas.

d) Como potencia mínima de transmisión para 60 y 49 m. podemos fijar, de acuerdo a los precedentes, en 10 KW y para 31 m. en 5 KW. Sin embargo es prudente la utilización de potencias mayores que éstas que consideramos mínimas.

e) La potencia apropiada para los 49 m. es de 20 KW y como el mismo transmisor se utilizará en 31 m. la misma potencia podrá emplearse allí, o reducida a un valor de acuerdo a resultados experimentales.

f) Todas estas consideraciones de potencia se han hecho sin tomar en cuenta posibles ganancias de las antenas, dejando esto como un recurso o reserva futura.

#### Conclusiones del capítulo III:

POTENCIA DEL TRANSMISOR DE ONDA MEDIA: 50 KW.

POTENCIA ADOPTADA DEL TRANSMISOR DE ONDA CORTA: 20 KW.

Introducción a los siguientes capítulos.

Una estación radiodifusora se compone de varios elementos principales que son:

a) El estudio. b) El transmisor. c) La antena.

Además tenemos los elementos auxiliares:

a) Elementos de enlace entre el estudio y el transmisor.

b) Elementos de enlace entre el transmisor y la antena.

c) Elementos de control y seguridad.

d) Fuente de energía eléctrica.

Como se comprende, un estudio detallado y extensivo de todos estos elementos, su cálculo y diseño completo, serían de tal magnitud que saldrían por completo del marco factible de una tesis como la presente. Para un trabajo de tal envergadura se requiere del concurso de un verdadero equipo de técnicos y especialistas, siendo éste el caso que se presenta en las grandes compañías constructoras de tales equipos, que con frecuencia se ocupan únicamente de ciertas secciones y solo a veces de todo el conjunto. Muchas casas se especializan en el diseño y construcción de transmisores, otras en el estudio y otras finalmente en la sección antenas. Existen como ya dije solo contadas organizaciones que diseñan y construyen toda la cadena de elementos mencionada, entre éstas merece mencionarse a: RCA, General Electric y Gates en los EE.UU.; Telefunken, Philips y Marconi en Europa. Como se ve, solamente las más poderosas empresas en este ramo pueden realizar estas instalaciones de gran complejidad y con la perfección que exige el estado actual de la técnica en este campo.

Me limitaré pues, a suministrar aquí los datos generales que se requieren para la instalación de cada elemento del conjunto, dando las especificaciones más necesarias para el correcto funcionamiento sin entrar en detalles muy elaborados. Todos estos detalles quedan al arbitrio de la

empresa constructora del equipo y obviamente varían de una marca a otra. No cabe, por lo tanto, realizar un cálculo minucioso y por lo demás inútil de cada elemento eléctrico del estudio, del transmisor, de la antena y de las partes asociadas, ya que en ningún momento debiera pretenderse realizar la construcción de la estación aquí en el país. Debe dejarse, por lo tanto, al juicio y a la decisión de los constructores el cálculo, diseño y estructuración en detalle de los equipos; debo, repito, limitarme a especificar condiciones y características mínimas de los aspectos técnicos, que deben poseer los equipos. Discutiré aquí aspectos como la conveniencia de utilizar tal o cual sistema de interconexión entre estudio y transmisores; líneas de transmisión, etc. El único aspecto en el cual entraré en detalles de diseño será en lo que se refiere a las antenas, por cuanto éstas pueden ser construidas, por lo menos en parte, aquí en el país; y caso de ser traídas del exterior las determinaciones que aquí se harán servirán para especificarlas.

## CAPITULO IV

### EL ESTUDIO.

Se denomina así a la sección o secciones de una estación radiodifusora en la que se originan los programas de transmisión. Existen casos especiales en los cuales los programas no se originan directamente en esta sección, tal como sucede en eventos deportivos o de carácter similar; sin embargo en éstos como en otros casos, el estudio es el vínculo eléctrico entre el verdadero origen del programa y los siguientes elementos de la estación.

El estudio puede, por consiguiente, considerarse como el elemento en el cual el material programático acústico es transformado primeramente en señal eléctrica, luego seleccionado o mezclado con otras señales, luego estas señales son amplificadas hasta obtener un nivel adecuado para su control y luego su conducción, por algún medio de enlace, a la etapa moduladora de los transmisores.

Para más fácil comprensión se hará a continuación una breve descripción de los elementos representados en la figura 6. Este diagrama se refiere a los elementos principales de un estudio de dimensiones moderadas que corresponde aproximadamente a los requerimientos mínimos que posee una estación radiodifusora nacional del Ecuador.

Los micrófonos M1 y M2 corresponden a la sala de locución desde la cual se efectúan las conferencias, anuncios, lectura de noticias, comentarios, etc. Los micrófonos M3 al M6 están situados en la sala de música y variedades. Después de cada micrófono figura un atenuador de entrada AE y luego una primera etapa de amplificación de audio, a la salida de cada una de las cuales se halla un regulador de mezcla RM. La salida de todos estos reguladores está interconectada y forma la entrada a la segunda etapa de amplificación a la salida de la cual existe otro regulador de mezcla o control general, según el caso; de aquí tenemos la línea L que va a los elementos

de interconexión al transmisor. Además de éstos micrófonos y sus elementos asociados tenemos: la mesa de reproducción de discos grabados con dos tocadiscos especiales de estudio TD1 y TD2 con sus respectivos preamplificadores-ecualizadores, sus respectivas salidas se combinan en un regulador de selección RS que a su vez se conecta con un regulador de salida o de mezcla RM que interconecta con las otras salidas de los micrófonos. Otro elemento es la mesa de grabación-reproducción de cintas magnéticas cuya salida a través de un preamplificador y un regulador va a unirse a las demás salidas mencionadas. Para la grabación de programas en cinta magnética tenemos la rama formada por el atenuador AG cuya entrada está conectada a la línea L y la salida a un amplificador, de éste pasa a un regulador RG y a otro amplificador terminando finalmente en la cabeza de grabación de cinta magnética; de este modo se hace posible la grabación de los programas que se originan en la sala de locución o en la de música. La medición y control se efectúa por el instrumento Y. Tenemos además la entrada E que puede servir para cualquier otro material programático, por ejemplo retransmisiones. Para el control auditivo tenemos el altoparlante AP1 y para la transmisión de órdenes a la sala de locución, tenemos el altoparlante AP2, con sus elementos respectivos.

El conjunto aquí descrito corresponde a requerimientos mínimos, puede considerarse como una estructura básica en la cual puede haber ampliación y perfeccionamiento, según las necesidades.

A continuación detallaré las especificaciones generales que deben poseer los principales elementos que forman parte del esquema anteriormente descrito:

a) Micrófonos.- Son elementos que juegan un papel de mucha importancia en la radiodifusión ya que constituyen una de las fuentes de señal eléctrica. El desarrollo que han tenido los micrófonos en los últimos años ha sido notable y en parte producto de la tendencia general a la máxima fidelidad y

calidad de todos los componentes que forman parte de la cadena de audio amplificación y reproducción.

Existe una gran cantidad de tipos diferentes de micrófonos que se basan en diversos principios de funcionamiento como por ejemplo: micrófonos dinámicos, de velocidad, a cristal, de carbón y de condensador. En los últimos 5 años este campo ha sido conquistado por el micrófono de condensador que ha demostrado ser muy versátil y permitir respuestas de frecuencia de banda muy ancha cubriendo perfectamente todo el espectro audible con un mínimo de distorsión. En la actualidad casi todas las compañías de grabación discos y cintas magnéticas, lo mismo que las grandes estaciones de radiodifusión, utilizan exclusivamente este tipo de micrófono. No pasaré a mencionar los principios en los que se basa su funcionamiento y solo diré que generalmente se usa un preamplificador especial incluido en la cápsula o en el pedestal del micrófono a condensador para disminuir en el mayor grado posible la longitud de cable entre el micrófono y el preamplificador.

Queda, pues, especificado el uso de micrófonos de condensador para nuestro caso (por ejemplo el micrófono Telefunken ELA M 201).

b) Tocabiscos.- Constituyen, como los micrófonos, fuentes de señal de audio. Como su nombre lo indica, están destinados a la reproducción del material programático grabado en discos, generalmente música.

Estos tocabiscos tienen muy poco que ver con aquellos utilizados en nuestros hogares. Su principio de funcionamiento es análogo pero su ejecución, calidad y especificaciones son básicamente diferentes. El objeto de todos los refinamientos de estos aparatos de tipo profesional es de mantener todos los ruidos inherentes a un nivel prácticamente inaudible, para lo cual todo el montaje de los elementos móviles debe ser realizado con gran cuidado y mediante el uso de técnicas de silenciamiento y amortiguación muy elaboradas. Además se especifica gran constancia en la velocidad de giro del plato, así como una gran exactitud con respecto a las normas de velocidad

establecidas. El otro elemento básico lo constituye el "brazo" en el cual se encuentra el sistema de captación; estos brazos de los tocadiscos de radiodifusión tienen muy poco que ver con las bellas estructuras aerodinámicas de los cambiadores caseros; son elementos de alta precisión con movimientos articulados sobre bolas de rodamiento con un grado de amortiguación graduado y con regulaciones especiales de la presión sobre el disco y de la presión lateral en las ranuras, etc. Se utiliza generalmente la cápsula de reluctancia magnética o algún sistema parecido conveniente por su bajo grado de distorsión. Nunca se utiliza un sistema de cambiador de discos automático ya que el nivel de ruido inherente producido por tales aparatos es inadmisibles para una transmisión de calidad. Generalmente se dispone de dos tocadiscos análogos y situados uno al lado de otro para pasar de un disco a otro con el mínimo de interrupción. La velocidad de rotación del plato debe ser controlado por un sistema estroboscópico incorporado.

c) Grabadoras-reproductoras de cinta magnética.-- En los últimos 5 ó 6 años han adquirido una importancia enorme en la radiodifusión y constituyen una de las principales fuentes de progreso en la calidad y versatilidad de los programas de las grandes estaciones radiodifusoras especialmente de Europa.

Gracias al desarrollo de nuevos materiales técnicas de producción ha sido posible alcanzar la elevada calidad del conjunto y que permite una utilización tan variada de este sistema. Haré hincapié en este sistema porque, a diferencia de los elementos anteriormente discutidos no ha sido hasta ahora tan conocido en todas sus aplicaciones dentro de la radiodifusión nacional. Superadas las dificultades técnicas en los primeros años de post-guerra, la grabadora de cinta magnética ha desplazado enteramente a la grabación no industrial de discos. Mediante el uso de óxidos férricos de fina granulación en las cintas de base de material plástico y mediante

el desarrollo de cabezas de grabación y reproducción con entre-hierros del orden de milésimos de centímetro, se ha logrado con velocidades de solo 7,5 pulgadas por segundo, respuestas de frecuencia que a través de ecualizadores apropiados, son lineares entre 40 y 15.000 c/s; aunque generalmente, para propósitos de radiodifusión de alta calidad se utilizan velocidades de 15 y aún 30 pulgadas por segundo que permiten el aumento del entre-hierro, ya que la respuesta de frecuencia mencionada es más que suficiente para su aplicación en radiodifusión especialmente si se trata de modulación de amplitud como en nuestro caso. Tal como en los tocadiscos se especifica para estas grabadoras magnéticas niveles de ruido mecánico y eléctrico inherentes de 50 o más dB bajo el nivel de sonido mínimo. Asimismo las variaciones con respecto a la velocidad fijada de la cinta no deben ser superiores a 1 a 2 % .

Entraré ahora a mencionar algunas de las variadas aplicaciones de este sistema: la primera es aquella de grabar programas que salen al aire y tengan un interés especial para su conservación y utilización futura en la misma radiodifusora o en otra parte. La principal aplicación que se utiliza especialmente en Europa es la preparación o pre-ejecución de los programas a transmitirse; consiste en grabar en cinta magnética, horas, días o aún semanas antes de su transmisión, los programas musicales, hablados o de cualquier tipo que no requiere actualidad del instante, y efectuar la transmisión programada de este material grabado en la cual el público oyente no adivina su anterior ejecución y recibe la impresión inequívoca de su actualidad. De este modo los programas se producen en cualquier momento del día independientemente del programa ese momento radiado y se cataloga la cinta grabada para más tarde utilizarla según el horario previsto. En las grandes estaciones europeas existe multitud de salas de grabación en las que se confeccionan programas para el futuro, a veces varias al mismo tiempo, programas que luego

son juzgados y modificados para su catalogación. Esto elimina todos los problemas de exactitud horaria y fallas durante el desarrollo del programa. Actualmente las reproductoras magnéticas tienen una aplicación semejante a los tocadiscos, pues desde un par de años se vienen produciendo cintas pregrabadas con música y material hablado con calidad de audio muy notable.

Resumiendo, estas grabadoras-reproductoras magnéticas debieran tener la posibilidad de cambiar la velocidad de la cinta para valores de 7,4 y 15 pulgadas por segundo, debiendo obtenerse con la primera una respuesta de por lo menos hasta 10.000 c/s y con la segunda de por lo menos 15.000 c/s; afortunadamente se ha logrado una normalización de estas velocidades en todo el mundo. Gran aplicación han recibido también las grabadoras magnéticas portátiles para la grabación de programas fuera de la estación, para entrevistas, relatos de sucesos del momento, eventos culturales, artísticos o deportivos.

d) Mesa o consola de control central.- Esta parte esencial de toda instalación de estudio está constituida de elementos destinados a controlar, amplificar, mezclar y dirigir el material programático que se ha transformado en señal de audiofrecuencia por medio de micrófonos, tocadiscos o reproductoras magnéticas. Como ya se vió anteriormente una mesa de control central incluye: los atenuadores y reguladores de cada canal de programas, los preamplificadores para cada canal, las siguientes etapas de amplificación, regulación de volumen final, sistemas de medidas y control de nivel de audio a la salida, conmutadores y controles para el accionamiento de los tocadiscos y grabadoras, controles de tono, sistemas de comunicación con las diversas dependencias del estudio; junto a estos elementos debe haber un sistema de altoparlantes de alta fidelidad que permita realizar un efectivo control auditivo de la calidad de audio.

La mesa central de control debe formar un conjunto de fácil asequibilidad con las mesas de tocadiscos y grabadora.

Salas y recintos del estudio.

a) Sala de control central.

Con respecto a esta sala y a todas las demás no entraré a discutir detalles arquitectónicos sino únicamente me limitaré a dar ideas acerca de las características especialmente acústicas que deben poseer estos recintos.

En la sala de control central deben ir únicamente los siguientes elementos: mesa de control central, mesa de tocadiscos, mesa de grabación-reproducción de cintas magnéticas, gabinete del altoparlante de control acústico. Estos son los elementos esenciales que deben ser completados por los muebles necesarios y que sean de utilidad directa en las funciones de esta sala.

La iluminación de este recinto debe ser uniforme y suficiente, sin llegar a valores muy altos para permitir a los operadores la observación hacia el exterior, o sea hacia el cuarto de locución y la sala de música a través de mamparas de vidrio. La sala de control central deberá estar bien ventilada para eliminar el calor producido por los amplificadores, motores y por la iluminación. El piso deberá estar cubierto enteramente por una gruesa alfombra para impedir vibraciones y saltos de los delicados brazos de los tocadiscos al paso de una persona. En general el piso mismo deberá estar construido lo más rígidamente posible para impedir vibraciones de cualquier origen. Las paredes deberán estar recubiertas de material absorbente de sonido, por varias razones. Además toda la sala debe estar aislada acústicamente, tanto para impedir la entrada de sonidos del exterior, como para impedir que pasen a las salas donde se producen los programas.

b) Sala de locución.

Esta sala, como ya se mencionó, está destinada a originar programas hablados como son anuncios de cualquier índole, lectura de noticias, comentarios, charlas y entrevistas. Estará dotada de dos o más micrófonos que pueden funcionar simultáneamente o aisladamente, según el carácter del programa. Acústicamente deberá tener propiedades semejantes al del cuarto de

control central, como son máxima amortiguación acústica para reducir el tiempo de réverberación a un mínimo. Deberá existir fácil comunicación visual entre la sala de locución y la de control central. Por lo demás hay que insistir en el más elevado grado de aislamiento acústico con el mundo exterior. Debe existir una iluminación apropiada para la lectura fácil del material a transmitirse por parte de los locutores.

c) Sala de música y variedades.

Se puede proponer dos soluciones para este recinto: una sala que incluya un auditorio de modestas dimensiones, o una sala de programas musicales y un auditorio separado. La primera solución tiene ciertas ventajas en relación a la segunda y convendría más su adopción. Optando por la primera, ésta debe tener las dimensiones suficientes para albergar una orquesta sinfónica de hasta unos 80 músicos y un auditorio para unas 300 a 400 personas.

Desde este recinto se pueden realizar transmisiones directas del programa o grabaciones para transmisiones posteriores. Esta sala de dimensiones bastante grandes como se ve, deberá estar diseñada y tratada con todos los conocimientos de la técnica acústica para así obtener resultados verdaderamente satisfactorios. Como datos generales mencionaré que a diferencia de la sala de locución, la de música deberá poseer un tiempo de reverberación apreciable para que el sonido tenga "vida", factor de gran importancia en la calidad de los programas musicales transmitidos. El tiempo de reverberación aconsejable para un local como el propuesto debiera tener un valor que se determinaría a base de los valores que figuran en la tabla 7 para obtener los resultados deseados. Para determinar el tiempo de reverberación debe utilizarse la conocida fórmula:

$$t = \frac{0,164 \cdot V}{\sum (k \cdot a)}$$

siendo V el volumen de la sala en metros cúbicos, y  $\sum (k \cdot a)$  el sumatorio de las áreas por sus respectivos coeficientes de absorción acústica. Para adoptar t se tomarán en cuenta los valores de la tabla 7.

La tabla 7 da los valores del tiempo de reverberación en función del volumen del recinto o auditorio destinado especialmente a programas musicales; la frecuencia considerada es de 512 c/s.

Volúmen	t	Volúmen	t	Volúmen	t
28	0,4	280	0,62	2800	0,95
56	0,46	560	0,7	5600	1,03
84	0,5	840	0,76	8400	1,11
112	0,53	1120	0,8	11200	1,19
168	0,57	1680	0,86	16800	1,28
224	0,6	2240	0,9	22400	1,34

Tabla 7.

Por lo demás, como en los recintos anteriores, deberá asegurarse el aislamiento acústico de todo ruido exterior y la comunicación visual con la sala de control central.

d) Salas de grabación.-

Su número dependerá de los requerimientos y del grado de simultaneidad que se desee para la producción de varios programas, y estará por lo demás en relación al número de grabadoras de cinta magnética que se decida instalar. Cabe proponer dos de estas salas provistas cada una de su respectiva grabadora y micrófono.

Estas salas de grabación, como su nombre lo indica, están destinadas a la grabación de material programático hablado o musical, radioteatro, etc., independientemente de la transmisión que en ese momento se efectúe. Estas programaciones, captadas por micrófonos, son grabadas en los respectivos aparatos de cinta magnética. Estas salas, que actualmente constituyen un elemento básico en la radiodifusión europea, deberán tener iguales características de aislamiento acústico como las anteriores; para graba-

ciones de conjuntos musicales de importancia (orquestas sinfónicas, recitales clásicos, etc.) deberá utilizarse la sala de música con el auditorio por poseer este recinto las cualidades acústicas necesarias.

e) Sala de discoteca y conservación de grabaciones en cinta.

Debe ser un local dotado de un elevado nivel de iluminación distribuida; con un mínimo de posibilidad de entrada de polvo y suciedad y por otro lado ventilado y fresco. Contendrá únicamente estantes de discos y de cintas magnéticas tanto vacías como grabadas, todo ello con un eficaz método de catalogación y máxima asequibilidad para su uso en cualquier momento. Deberá cuidarse que las cintas magnéticas grabadas no se hallen cerca de algún cable o conductor que lleve corrientes elevadas, como asimismo hay que impedir la cercanía de campos magnéticos producidos por los imanes de parlantes u otros sistemas semejantes.

f) Locales de administración y preparación de programas.

En verdad no me toca la discusión de esta parte del conjunto, solo cabe aconsejar las disposiciones más técnicas y funcionales para estar a tono con el resto de los recintos del estudio. Puede preverse una intercomunicación de la administración con la sala de control central.

Finalmente, en lo que al edificio respecta, se puede mencionar que debe estar situado en un lugar céntrico de la ciudad, fácilmente asequible por los medios corrientes de comunicación, y con la posibilidad de realizar futuras instalaciones de comunicación directa con entidades gubernamentales (Palacio de Gobierno, Ministerios, etc.). El edificio deberá, o estar situado en un lugar algo elevado, o ser él mismo de mayor altura que los edificios vecinos, esto con el objeto de obtener una línea óptica directa con el edificio de transmisión para la interconexión por medio de onda de muy alta frecuencia con modulación de frecuencia.

## CAPITULO V

### SISTEMA DE ENLACE ENTRE EL ESTUDIO Y LOS TRASMISORES.

Estando el estudio situado en algun lugar más o menos céntrico de la ciudad de Quito y debiendo estar los trasmisores y antenas en un lugar fuera del perímetro urbano de la ciudad, deberá haber un sistema de enlace apropiado entre estas dos partes principales de la estación. Este enlace está destinado a transportar la señal de audiofrecuencia desde la salida de los equipos del estudio hasta la entrada del modulador de los trasmisores.

Existen fundamentalmente dos sistemas para lograr este objeto; conducción de la señal por medio de conductores, semejante a la conducción de corriente eléctrica industrial. El segundo sistema es el "puente de transmisión" por medio de ondas muy cortas generalmente de frecuencias superiores a 70 Mc/s, transmisión modulada en frecuencia con la señal de audio que se desea transportar. Se trata de escoger entre estas dos soluciones la más apropiada para nuestro caso. Dependerá nuestra elección de varios factores que consideraré a continuación:

a) Distancia entre el estudio y los trasmisores.-- Sin fijar por el momento la situación exacta que tendrán tanto el estudio como los trasmisores, podemos asumir, por la configuración de la ciudad, que la distancia en línea recta será superior a los 5 Km, que en su mayor parte sería a través de sectores urbanos. Considerando únicamente la mencionada distancia mínima, la solución de conductores de audio tiene aparentemente ciertas ventajas, sin embargo si se considera la naturaleza de este trayecto constituido de sectores densamente poblados, y por otro lado de accidentada orografía podemos distinguir claramente que la ventaja económica del primer sistema se va esfumando, especialmente si se considera el problema del mantenimiento de la línea que en nuestro caso constituye un aspecto complejo y costoso. La ausencia de peligro de electrocución ha hecho que

la mayoría de las estaciones existentes en Quito tengan que afrontar y reparar continuos cortes, robos de conductores y así algunas estaciones han tenido que recurrir al remedio no muy económico a veces, de tender dos líneas separadas e independientes para tener el recurso de utilizarlas alternativamente en caso de interrupción de una de ellas. Estos sabotajes, robos, bromas, etc. son a la larga muy costosos y producen molestas interrupciones en las transmisiones.

b) Calidad de la señal que llega a los transmisores.- Si la línea de conducción de la señal de audio es relativamente larga como en nuestro caso es difícil evitar la entrada y conducción por esta línea de señales y ruidos indeseados, causados por las transmisiones de otras estaciones, cercanía de otras líneas de audio, campos magnéticos variables elevados, etc.; todas estas señales indeseadas entran a la etapa de amplificación del transmisor y luego son escuchada con mayor o menor intensidad en la transmisión que sale. Nuevamente aquí habría que recurrir a costosos remedios alargando el camino de la línea para apartarse de las fuentes de interferencia, instalación de filtros, etc. También en este aspecto se demuestra la mayor conveniencia del sistema de ondas muy cortas que es independiente de todas las interferencias y demás desventajas mencionadas.

Dentro de este aspecto de la calidad de la señal que llega a los transmisores hay que hacer resaltar la mejor respuesta de frecuencia del sistema por modulación de frecuencia en comparación a la línea de audio que obviamente no es un sistema lineal y produce una atenuación variable con la frecuencia a causa de la capacidad entre conductores y la inductancia de éstos.

El mantenimiento de un sistema de transmisor y receptor de ondas muy cortas es más fácil porque se limita a solo dos lugares extremos.

c) Solución adecuada; Sistema de VHF con modulación de frecuencia.

Características generales del equipo de enlace de VHF.

Constará de un transmisor y una antena de transmisión situados en el edificio del estudio. Las especificaciones del transmisor que se aconsejan son:

- a) Frecuencia de transmisión: entre 100 y 200 Mc/s.
- b) Constancia de frecuencia: mejor que 0,003 %.
- c) Potencia de transmisión: entre 10 y 20 W.
- d) Tipo de modulación: FM (F3).
- e) Respuesta de frecuencia mínima de audio del conjunto;  
50 - 10.000 c/s  $\pm$  1 dB.

La antena de transmisión deberá ser del tipo direccional Yagi de múltiples elementos con elevada ganancia y especialmente alta discriminación direccional para transmitir únicamente en la dirección deseada, o sea hacia el edificio de transmisores.

Por el otro lado constará de una antena de recepción y un receptor situados en el edificio de transmisores. Las especificaciones de la antena de recepción son iguales a las de transmisión. Igual puede decirse del receptor en lo que se refiere a respuesta de audiofrecuencia, constancia de frecuencia, tipo de modulación, etc. que deberán ser iguales al transmisor; además deberá haber un sistema de compensación automática de la frecuencia portadora incluido en el receptor.

## CAPITULO VI

### LOS TRANSMISORES.

En este capítulo se mencionará asimismo solamente las características y especificaciones generales que deberán poseer los dos transmisores de la Radiodifusora Nacional.

#### 1.-Reglas para la transmisión en la banda media según la FCC de EE.UU.

a) Estabilidad satisfactoria de la frecuencia de la portadora dentro de la tolerancia aceptable máxima de 20 c/s.

b) Características de respuesta de amplitud y frecuencia que produzcan baja distorsión general de la señal.

c) Sistemas adecuados de protección para evitar peligros al personal de operación, y circuitos y equipo que cumplan las prescripciones del Código Nacional de Electricidad.

d) Mínimo nivel de ruido de la portadora; sistemas aprobados de medición eléctrica; mínima potencia de salida de frecuencias armónicas; ausencia de emisión de frecuencias parásitas.

e) Costos de operación bajos, requiriéndose una alta eficiencia general de operación con respecto a la potencia de entrada, bajo costo de operación de las válvulas de potencia y requerimientos económicos del personal de operación.

f) Durabilidad y simplicidad del ajuste y mantenimiento (requiriéndose accesibilidad para las reparaciones).

g) Seguridad de servicio que provea operación continua con un mínimo de interrupciones con la potencia de portadora prevista, modulada dentro de los límites legales.

h) Dimensiones aceptables para la potencia de salida prescrita, permitiendo costos mínimos de instalación y construcción.

i) Bajos costos iniciales del transmisor y el resto de la instalación.

k) Una experiencia acreable

Estas diez reglas son las que ha establecido la FCC (Federal Communications Commission) y se refieren a especificaciones generales que deben cumplir los transmisores de onda media especialmente.

## 2.- Amplificadores de audio y moduladores.

Ante todo hay que aclarar que para nuestro caso de dos transmisores se deberá utilizar dos equipos completos e independientes entre sí, es decir que cada transmisor poseerá su etapa de amplificación de audio y su modulador. Las etapas de audio y modulación de los dos transmisores serán muy semejantes y se diferenciarán solamente en la parte final de amplificación de audio y en los moduladores para suministrar las potencias de audio para modular hasta 100 %, en el un caso a la portadora de 20 KW y en el otro la de 50 KW. Por lo tanto las dos etapas de modulación se diferenciarían únicamente por la potencia de salida que suministren.

Las especificaciones generales son:

a) Respuesta de frecuencia recomendable mínima: 50 - 8.000 c/s con una variación máxima de  $\pm 1$  dB, ó 30 - 10.000 c/s con una variación máxima de  $\pm 2$  dB.

b) Distorsión armónica = 3 %.

c) Nivel de ruido = - 60 dB.

Para obtener estas condiciones las compañías constructoras ponen a su vez las siguientes condiciones de funcionamiento:

a) Temperatura ambiente del local con variaciones máximas entre 10° C y 40° C.

b) Humedad relativa del aire inferior a 70 %.

c) Oscilaciones de la tensión de la red = 3 % máximo.

d) Oscilaciones de la frecuencia de la red = 2 % máximo.

Las primeras dos condiciones son de fácil cumplimiento en nuestro caso, mientras que la tercera condición tuviera que cumplirse ya sea por medio del uso de una planta generadora propia o por medio de un arreglo

especial con la empresa de suministro de electricidad. La cuarta condición tampoco representa un problema mayor.

De todo esto se desprende que, a igual que el resto del equipo, la etapa de amplificación de audio y modulación debe ser de alta calidad en sus componentes y en conjunto, ya que cualquier imperfección, especialmente en los primeros pasos daría como resultado una transmisión defectuosa en sumo grado al ser amplificados estos defectos por las etapas subsiguientes.

Sin entrar en mayores detalles acerca de aspectos técnicos que dependen esencialmente del diseño realizado por la casa constructora, mencionaré que en la actualidad se utiliza extensamente, para estaciones de calidad, el sistema de amplificación por "push-pull" a través de todos los pasos de amplificación, desde la entrada a través de un transformador hasta la salida formada por las válvulas moduladoras que trabajan generalmente en clase B.

### 3.- Osciladores, etapas intermedias de RF, y etapas finales de RF.

Las especificaciones para los dos transmisores (50 KW en onda media y 20 KW en onda corta) son fundamentalmente comunes, y las etapas de RF se diferencian solamente en aquellos elementos que varían con la frecuencia, y las etapas finales en lo que a potencia se refiere.

#### a) Osciladores.

Las etapas osciladoras de los dos transmisores deben ser del tipo de oscilación a cristal de cuarzo con compensación térmica. Generalmente se utiliza un circuito oscilador acoplado aperiódicamente a una válvula osciladora. Es aconsejable la provisión de una unidad completa de oscilación como reemplazo posible para impedir interrupciones prolongadas causadas por fallas en esta etapa.

En el caso del transmisor de onda corta se proveerá un sistema de conmutación para utilizar alternativamente diferentes osciladores según la

banda utilizada. Cabe proponer la utilización provisional de un oscilador de frecuencia variable para realizar pruebas y para buscar la frecuencia de trabajo más apropiada o sea más libre de interferencias de otras emisoras, ésto en el caso de que las frecuencias de trabajo no hayan sido absolutamente prefijadas y sin posibilidad de variación futura.

Como ya se mencionó, la estabilidad de la frecuencia de oscilación en onda media debe ser tal que las variaciones sean menores de 20 c/s a partir de la frecuencia prevista. En onda corta la constancia debe ser de 0,005 %. Esta constancia debe cumplirse dentro de un período de tiempo no menor de 24 horas, y se requiere que periódicamente se realicen comprobaciones y las necesarias compensaciones mediante un capacitor variable en paralelo al cristal de cuarzo. En vía de ejemplo cito aquí los valores de constancia de frecuencia para transmisores de la casa Telefunken de Alemania para un equipo de 20 KW en onda media,  $k = 5 \times 10^{-6}$  en 24 horas; para un equipo de 50 KW en onda corta,  $k = 1 \times 10^{-6}$  en 1 mes; ambos valores, como se vé, muy por debajo del máximo permisible.

#### b) Etapas intermedias de RF.

Los sistemas en uso de tales etapas ofrecen poca posibilidad de discusión especial. Como es sabido, estas etapas, en número que varía de acuerdo a la potencia de excitación requerida para la etapa final, son amplificadores que sirven para aumentar la débil señal proveniente de la etapa osciladora, hasta un valor tal que la etapa final obtenga una señal suficiente. Generalmente, parte de las etapas intermedias son del tipo de banda ancha para disminuir los procesos de sintonía. A veces las últimas etapas intermedias son refrigeradas con aire forzada.

#### c) Etapas finales de RF.

Existe una cierta variedad de sistemas utilizados en la etapa final de amplificación de potencia de RF; así tenemos que el más común es el trabajo en clase C que desde el punto de vista del equipo es el más ecó-

Para radiodifusión de alta calidad se utiliza el sistema en clase B lineal, los amplificadores en clase C son aquellos de los pasos intermedios. En el sistema de amplificación lineal clase B se obtienen eficiencias alrededor de 35 %, con referencia al paso final únicamente; esto da como eficiencia total del conjunto a 100 % de modulación un valor cercano a 30 %. Existen otros sistemas llamados de alta eficiencia que se han desarrollado ultimamente, sin embargo la mayoría de los transmisores contruidos hoy en día, para radiodifusión, poseen el sistema lineal en clase B.

Los valores de eficiencia totales del conjunto formado por las etapas de audio y las de radiofrecuencia, nos interesan fundamentalmente para conocer el requerimiento de potencia eléctrica de la red; sobre este punto se volverá más adelante al discutir el aspecto de suministro de energía eléctrica al edificio de transmisores.

En lo que respecta a la refrigeración de la válvula o las válvulas del paso final de RF, depende de la potencia de salida que a su vez define la potencia térmica a disiparse. Generalmente, hasta potencias de salida de 20 KW es posible el uso de refrigeración por aire forzado mediante ventiladores; para potencias mayores la refrigeración se hace por medio del sistema de serpentinas con circulación de agua.

Un aspecto fundamental es la supresión o filtraje de las componentes armónicas de la frecuencia de la portadora. Esto naturalmente se vuelve perentorio en el caso presente de potencias relativamente elevadas, y muy especialmente en el transmisor para onda media ya que la segunda armónica, la más fuerte de todas, aparecería entre 1.100 y 1.360 Kc/s, caso de que la fundamental se halle en la gama propuesta. Esas frecuencias de la segunda armónica son de mucha importancia en la transmisión de otras estaciones que podrían sufrir serias interferencias. Por otro lado se debe procurar que la potencia radiada esté íntegramente

contenida en la frecuencia fundamental, para así impedir inútiles pérdidas de potencia efectiva. En el caso del transmisor de onda corta esta situación es menos crítica que en onda media, pero siempre prima el interés de emitir toda la potencia en la frecuencia fundamental y además debe propenderse siempre a seguir las regulaciones definidas acerca de la supresión de onda armónica, establecidas por el Congreso de Atlantic City; los transmisores de las grandes casas constructoras siempre se rigen de acuerdo a estas especificaciones.

A continuación de los elementos de filtro de armónicas deberán estar los sistemas de control o "monitor"; constituidos por un ligero acoplamiento inductivo de un sistema para la comprobación auditiva y visual (osciloscopio) de la señal de RF modulada que sale hacia la antena. Para comprobaciones iniciales se debe prever sistemas de medición de ondas estacionales, impedancia del sistema de antena, etc. A continuación debe existir un conmutador que seleccione la salida ya sea hacia la línea de transmisión de la antena, o ya sea a una impedancia de valor equivalente a la impedancia característica de la línea de transmisión; esta impedancia equivalente, llamada también "antena fantasma", deberá ser capaz de disipar la potencia de salida íntegra del transmisor más un 50 % para el caso de modulación al 100 % mediante una señal de audio sinusoidal ininterrumpida; por lo tanto esta impedancia deberá ser capaz de disipar 30 KW para el transmisor de onda corta y la otra, 75 KW para el transmisor de onda media. Estas "antenas fantasmas" están destinadas a la realización de ajustes iniciales y pruebas previas a la transmisión real; además, y dentro del trabajo normal, pueden ser utilizadas para el período de precalentamiento antes de cada período de transmisión.

## CAPITULO VII

### ENLACE ENTRE LOS TRANSMISORES Y LAS ANTENAS.

Como en el presente caso se ha escogido la solución de colocar los equipos transmisores en las inmediaciones de sus antenas, los elementos de enlace se simplifican algo ya que no existen los problemas inherentes a las largas líneas de transmisión de RF.

Después de los sistemas de filtraje, conmutación y comprobación a la salida de los transmisores, se recomienda, a priori, la utilización de líneas de transmisión concéntricas (coaxiales) que lleven la energía a las respectivas antenas. La longitud de estas líneas debe ser lo menor posible, ya que, como veremos después, las pérdidas dependen de esta longitud. Las pérdidas de potencia en líneas coaxiales se deben a tres factores: a) resistencia óhmica del conductor, b) conducción por escape del medio aislante y c) histéresis dieléctrica. Por el progreso alcanzado en los últimos años en la fabricación de materiales aislantes de alta calidad y características dieléctricas muy favorables, se puede despreciar la pérdida de potencia causada por los dos últimos factores, quedando solamente la pérdida de potencia debida a la resistencia óhmica aumentada por el efecto superficial originado por la conducción de corrientes de alta frecuencia. Esta pérdida, o sea la resistencia total se calcula por la siguiente fórmula:

$$R_t = 0,0631 \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)$$

$R_t$ : ohmios por cm. de línea.

$d_1$ : diámetro externo del conductor interior en cm.

$d_2$ : diámetro interno del conductor exterior en cm.

$\rho$ : resistividad de los conductores en  $\mu\Omega/\text{cm}$ .

$\mu$ : permeabilidad de los conductores.

$f$ : frecuencia en Mc/s

Para un cable coaxial de 2W de diámetro, por ejemplo, estas pérdidas

## CAPITULO VIII

### LAS ANENAS.

#### 1.- La antena para trasmisión en onda media.

Al hacer el cálculo de la intensidad de campo previsible en la transmisión en onda media se partió de varios factores que eran: la conductividad del suelo, la intensidad de campo deseada, la distancia a la cual debía existir esta intensidad y finalmente teníamos que asumir un cierto tipo de antena y dentro de este aspecto, su altura eléctrica. Se asumió que el tipo de antena conveniente es el de radiador vertical y con una altura eléctrica mínima de  $60^{\circ}$ . El criterio que primó para escoger la altura mencionada fué el de máxima economía, y además porque, como ya se dijo, la intensidad de campo de la onda de tierra aumenta muy poco con una elevación considerable de la antena. Sin embargo existen otras razones por las cuales el uso de una antena de  $60^{\circ}$  de altura no es conveniente: la altura define entre otras razones la impedancia característica del sistema radial, más exactamente la proporción entre las componentes resistiva y reactiva. Para facilitar la alimentación de la antena la componente resistiva no debe tener un valor muy pequeño con respecto a la componente reactiva, además esta relación influye en las pérdidas por imperfección del sistema de tierra, cuanto menor sea la componente resistiva mayor la pérdida por esta razón. Como veremos después, la altura propuesta de  $60^{\circ}$  es muy inconveniente con respecto a los factores mencionados. Para obviar este problema he preferido presentar dos soluciones alternativas que pueden ser escogidas en caso de realizarse el proyecto: la primera solución, la más económica desde el punto de vista de la estructura de la antena, de utilizar un radiador de  $60^{\circ}$  de altura eléctrica; la segunda solución, la más conveniente desde el punto de vista técnico, de utilizar una altura que sea un compromiso entre diversos factores.

Esta segunda solución será escogida más adelante cuando se hagan las consideraciones pertinentes.

Existe una variedad de tipos de antena de transmisión para onda media pero en la actualidad todas ellas tienen en común el ser sistemas de radiación vertical. Según la aplicación podemos distinguir entre dos casos: transmisión omnidireccional y transmisión direccional. A primera vista vemos que el primer caso es el nuestro; el segundo caso no tiene aplicación tan frecuente, pero se la utiliza en casos en que se desea cubrir cierto territorio alejado del transmisor. La transmisión direccional es más comúnmente utilizada en onda corta.

Siendo nuestro caso el de radiación omnidireccional la antena deberá ser del tipo de radiador vertical único, sistema que tiene la característica de emitir igual cantidad de energía en todas las direcciones del azimuth.

El cálculo y diseño de las antenas será tratado aquí en forma más extensa que en el caso del resto del equipo, por cuanto la construcción de los sistemas radiantes puede realizarse, siquiera en parte, aquí en el país.

#### a) Distribución de corriente y tensión en la antena vertical.

Como ya se dijo, la antena de tipo vertical tiene una característica de propagación circular en la horizontal; en cambio posee una característica diferente en el plano vertical, es decir que la energía radiada en diferentes ángulos verticales es diferente. El diagrama de propagación vertical depende fundamentalmente de la altura eléctrica del radiador porque ésta a su vez determina la distribución de los valores de intensidad de corriente a lo largo de la antena. Generalmente se asume que esta distribución de corriente se realiza sinusoidalmente a lo largo del radiador partiendo del extremo superior. Esta distribución sinusoidal es teórica ya que implica la presencia de una onda estacionaria pura, lo que

a su vez significa ausencia total de pérdidas en el sistema, lo cual en realidad no es posible. Pero la influencia de estos factores es relativamente pequeña, especialmente si el radiador es de sección uniforme, lo que no es de difícil solución práctica. La influencia de las pérdidas en el desarrollo de la función sinusoidal se deja sentir únicamente en los puntos de corriente mínima en los cuales la intensidad tiene un valor algo superior a cero. Por otro lado la curva de tensión se halla defasada en  $90^\circ$  con relación a la corriente. El valor de la corriente en el extremo superior del radiador es cero porque los vectores de corriente ascendente y descendente se anulan allí.

La impedancia de entrada de la antena se determina por el cociente entre la tensión y la corriente en la base del sistema (entre el extremo inferior y tierra) ésto sin tomar en cuenta otros valores reactivos agregados por los elementos constructivos. Las curvas de tensión y corriente que se presentarían en un radiador vertical de  $60^\circ$  son prácticamente sectores de curvas sinusoidales (fig.8). Como se deduce de la fig.8 el valor máximo de la intensidad se mediría en la base del radiador en cambio la tensión tendría su valor mínimo; esto se refiere a una altura de  $60^\circ$ , siendo diferentes estos valores para alturas mayores, como las que tomaremos en cuenta más adelante, sin embargo la determinación de estos valores se hace siempre del mismo modo, partiendo del valor cero de intensidad en la cúspide del radiador y el valor máximo para la tensión desde este mismo punto.

b) Característica de propagación en ángulos verticales.

El cálculo de la radiación vertical se realiza por una fórmula que nos da los valores de intensidad de campo relativa a una misma distancia:

$$f(\alpha) = \frac{\cos(G \operatorname{sen} \alpha) - \cos G}{\cos \alpha (1 - \cos G)}$$

en la cual G es la altura eléctrica de la antena en grados;  $\alpha$  es el ángulo

# CURVAS DE CORRIENTE Y TENSION.- $G=60^\circ$

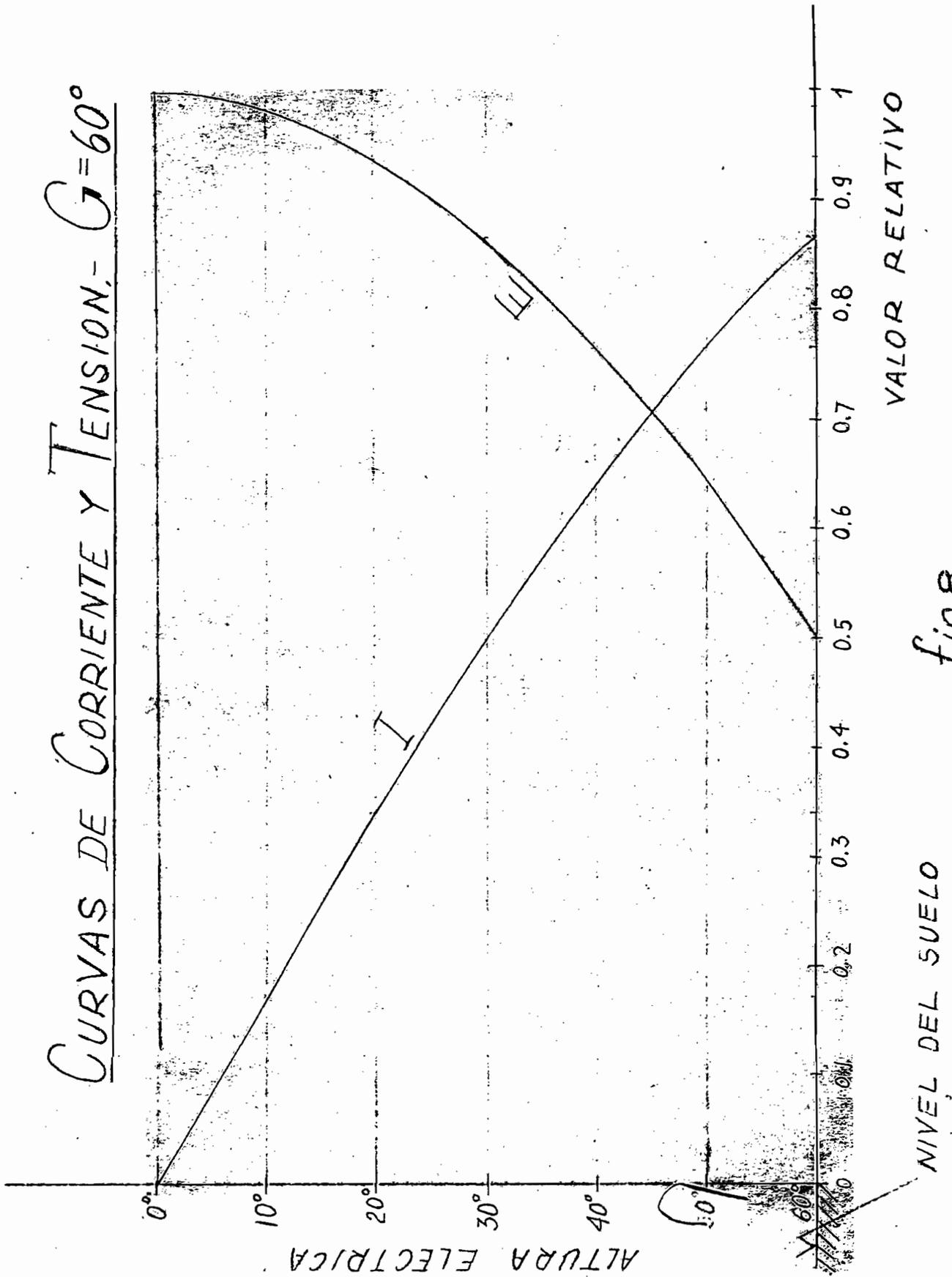


fig 8

NIVEL DEL SUELO

vertical. Según esta fórmula vemos que a un ángulo de 0° de elevación vertical se propaga la mayor energía y conforme el ángulo aumenta la propagación va disminuyendo, llegando a valer cero con un ángulo vertical de 90°. El diagrama representativo de la propagación en diversos ángulos verticales nos daría una sección sinusoidal con los dos puntos extremos mencionados.

Mediante los datos de intensidad de campo y ángulos verticales del capítulo III podemos obtener los valores absolutos de esta curva. Para la propagación de la onda de tierra interesa únicamente la energía radiada en ángulos muy cercanos o iguales a cero, mientras que para la onda del espacio y a distancias de recepción mayores de 300 km. tienen interés las componentes hasta los 35 o 40 grados de elevación vertical, es decir que la energía radiada en ángulos mayores es prácticamente una pérdida. Si no tomamos en cuenta el efecto del desvanecimiento selectivo, podemos considerar la radiación hasta un ángulo vertical de 50° y de la integración de las superficies correspondientes de la sección del seno obtendríamos una eficiencia igual a:

$$\eta = \frac{\int_{40^{\circ}}^{90^{\circ}} \text{sen } \alpha \, d\alpha}{\int_{0^{\circ}}^{90^{\circ}} \text{sen } \alpha \, d\alpha} = \frac{[\cos \alpha]_{40^{\circ}}^{90^{\circ}}}{[\cos \alpha]_{0^{\circ}}^{90^{\circ}}} = 0,766$$

Esta eficiencia se refiere a la energía que puede ser aprovechada en forma de recepción con respecto a la energía radiada total. Esta eficiencia no pasaría de ser 76 % como valor teórico aproximado, y se refiere a la transmisión nocturna. Debe hacerse notar que esta eficiencia no tiene ninguna relación con la eficiencia eléctrica de la antena, y se refiere solamente a la energía radiada que se pierde en el espacio.

c) Dimensionamiento del radiador.- Determinación de la impedancia de entrada y de la anchura de banda requerida.

Primeramente se harán estas determinaciones con una altura eléctrica de 60°, para luego escoger otra solución de altura conveniente desde el

punto de vista técnico, como se había previsto; realizándose luego los cálculos respectivos para esa nueva altura, en aquellos aspectos que sean diferentes con respecto a la altura de 60°.

La primera determinación que hay que realizar es en lo que se refiere a la sección transversal del radiador. Tanto la sección cilíndrica como la cuadrada satisfacen casi por igual los requerimientos eléctricos y mecánicos; sin embargo se preferirá la solución cuadrangular por la mayor facilidad constructiva. Debe por lo tanto determinarse a continuación las dimensiones de esta sección. Un proceder frecuente ha sido regirse exclusivamente por la estabilidad estructural de la antena y por razones de economía que conducían al diseño de estructuras de sección muy pequeña (menos de 1 m. de diámetro). Esta adopción, a priori, de una sección arbitraria es incorrecta; con mucha frecuencia aún en grandes estaciones de otros países se ha pasado por alto el hecho fundamental de que de la relación entre el diámetro y la altura de la antena dependen su resistencia, su reactancia y su anchura de banda. Los dos primeros factores se reúnen para constituir la impedancia serie o de entrada del sistema radiante. El tercer factor, no siempre tomado en consideración, es de gran importancia en un aspecto aparentemente no relacionado con la antena; la selectividad del circuito resonante constituido por la antena y con ello los límites de la respuesta de audiofrecuencia de la onda modulada, en el extremo de altos. Parecería una paradoja que las dimensiones de la antena influyan en la calidad sonora de la transmisión, pero la determinación que se hará a continuación demostrará esta dependencia.

Para determinar las componentes resistiva y reactiva de la impedancia de entrada de una antena vertical existen fórmulas teóricas para casos ideales. Ha sido necesario determinar curvas en forma experimental con modelos a escala y bajo condiciones de laboratorio altamente perfeccionadas.

Las curvas de las figuras 9 y 10 provienen del texto Radio Antenna Engineering de Laport, y se ha dibujado aquí únicamente las curvas correspondientes a las alturas de  $50^\circ$  a  $110^\circ$ , omitiéndose las curvas para otras alturas, ya que como se justificará más adelante, la segunda altura alternativa será de  $100^\circ$ . Estas curvas han sido computadas con un sistema de conducción a tierra prácticamente perfecto, sistema que se discutirá más adelante. El diámetro D es para el caso de una sección cuadrada el diámetro de una circunferencia de igual perímetro al del cuadrado, medido también en grados eléctricos. Para las alturas entre  $50$  y  $80$  grados la reactancia es casi exclusivamente capacitiva y de  $90^\circ$  para arriba se vuelve inductiva. Estos valores representan la impedancia intrínseca que en la realidad es modificada por elementos externos como son: la capacidad del aislador de base, tensores de apoyo, el sistema de tierra, etc. Se aconseja realizar mediciones de la impedancia real del sistema cuando la construcción ha sido terminada, incluyendo todos los elementos auxiliares. Sin embargo es muy útil hacer una determinación previa de la impedancia aproximada que tendrá la antena especialmente con el objeto de diseñar y calcular los elementos de adaptación de impedancia entre la línea de alimentación y la antena. Como estos elementos deben ser variables, cualquier alteración ligera que se presente en el caso real, puede ser compensada fácilmente.

En lo que respecta a la anchura de banda requerida para realizar una transmisión de muy buena calidad, este valor es de  $10$  Kc/s a cada lado de la frecuencia de la portadora, y por lo tanto la distorsión en la respuesta de frecuencia debe ser inferior o igual a  $1$  dB a  $10$  Kc/s, siendo cualquier pérdida mayor inadmisibles para la categoría cualitativa de la transmisión; como es lógico los demás elementos que puedan influir en esta respuesta deben cumplir iguales condiciones.

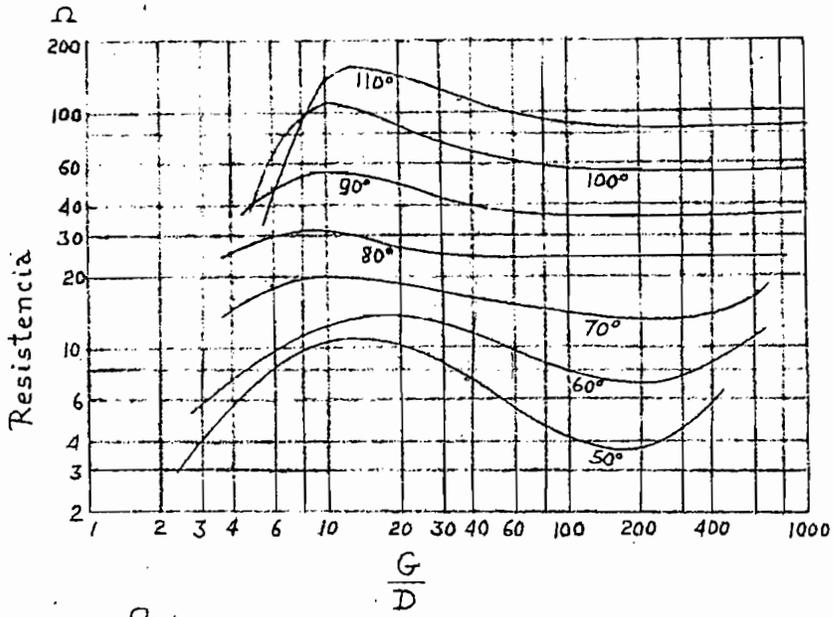


fig. 9

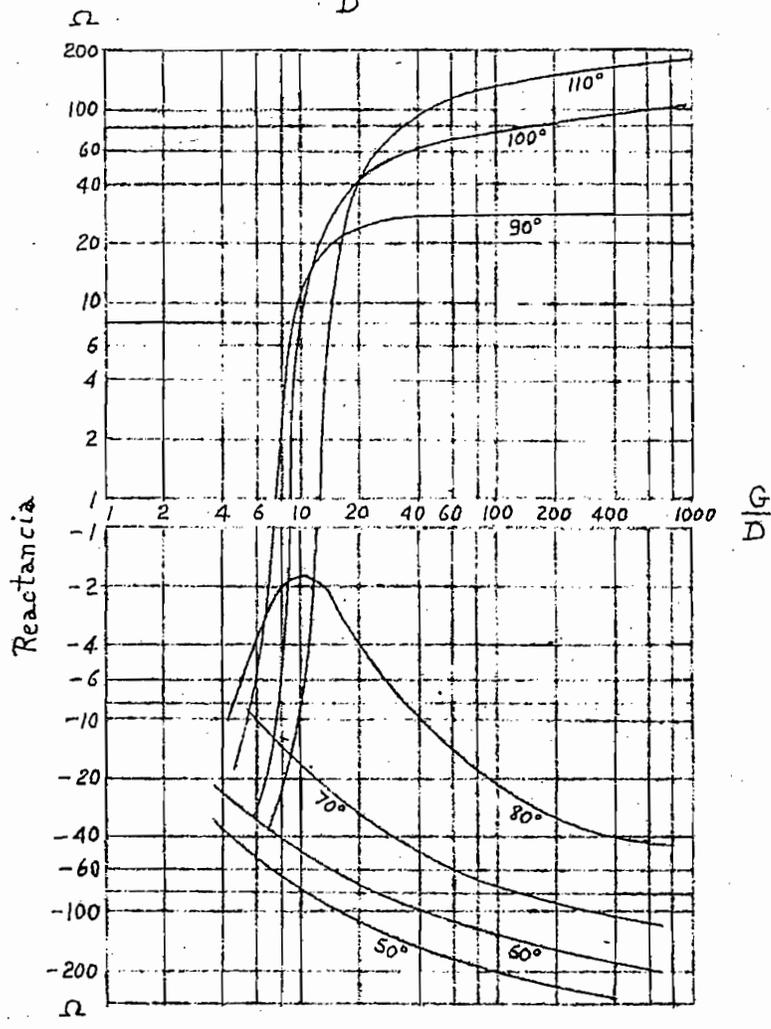


fig. 10

Tomado del  
R.A.E.  
de Laport

Partiendo de la caída máxima de 1 dB a 10 Kc/s se hará el cálculo de la relación G/D correspondiente, y como G lo hemos determinado en 60° para la una solución, obtendremos el valor de D o sea el diámetro de la torre.

Según la fórmula siguiente:

$$\cos \phi = \frac{1}{\log^{-1} \frac{dB}{20}}$$

en la que  $\phi$  es el ángulo de la impedancia y DB es el número de decibeles de disminución a la máxima frecuencia. Si reemplazamos el valor de 1 dB prefijado obtenemos:

$$\cos \phi = \frac{1}{\log^{-1} \frac{1}{20}} = 0,89; \phi = 27^\circ$$

Además, se determina que siendo 600 Kc/s la frecuencia portadora (valor admitido, como término medio de la banda de posibles frecuencias de transmisión), las bandas laterales harán variar este valor entre los extremos de 590 y 610 Kc/s, lo que significa que si  $G=60^\circ$  para 590 Kc/s G será igual a 59° y 61° para 610 Kc/s, por lo tanto, y en este caso, la máxima variación de G para cada lado será de 1°. Con la anterior determinación podemos recurrir a las curvas de las figuras 9 y 10 tenemos que recurrir al proceso de tentativas para llegar al correcto valor de G/D por cuanto tenemos dos incógnitas que son R y X.

El proceso a seguirse es el siguiente: Asumiendo una relación de G/D se determina por interpolación entre los valores extremos de las curvas de 50 y 70 grados, para determinar, en el un caso, la variación de R y en el otro la variación de X, por cada grado de variación de G; obtenido estos valores, se lee la R y la X para la curva de 60°, obteniéndose así el valor central de la impedancia al cual se suman y restan los valores de variación de R y X para cada extremo de la banda de frecuencias a transmitirse, determinándose luego el valor de  $\phi$ . Para aclarar el proceso se hará su desarrollo completo para la primera solución, o sea G igual a 60°. Como primer valor tentativo tomaremos G/D igual a 60.

Para  $G/D = 60$  ;  $R = 9,9 \Omega$  ;  $X = 116 \Omega$

Variación de  $R = 0,5 \Omega$  por cada grado de variación de  $G$

" "  $X = 5,8 \Omega$  " " " " " " " "

590 Kc/s :  $Z = 9,4 - j 121,8$

600 " :  $Z = 9,9 - j 116$

610 " :  $Z = 10,4 - j 100,2$

Mediante un inductor cuya reactancia sea igual a  $j 116$  anulamos el valor reactivo a 600 Kc/s, quedando para esta frecuencia  $Z = 9,9 \Omega$

En cambio para 590 Kc/s,  $Z = 9,4 - j 5,8$ , con lo que calculamos  $\phi$

$$\phi = \text{tg}^{-1} \frac{5,8}{9,4} = 31^{\circ} 45'$$

Siendo  $31^{\circ} 45'$  superior al límite de  $27^{\circ}$  calculado, no podemos aceptar la relación de  $G/D = 60$ .

Se hará ahora la tentativa para  $G/D$  igual a 40.

Para  $G/D = 40$ ;  $R = 11,6 \Omega$  ;  $X = 100 \Omega$

De las curvas se obtiene:

Variación de  $R = 0,48 \Omega$  por cada grado de variación de  $G$ .

" "  $X = 5,4 \Omega$  " " " " " " " "

590 Kc/s :  $Z = 11,12 - j 105,4$

600 " :  $Z = 11,6 - j 100$

610 " :  $Z = 12,08 - j 94,6$

Siguiendo el mismo proceso anterior de anulación de la reactancia a 600 Kc/s se obtiene; para 590 Kc/s;  $Z = 11,12 - j 5,4$

$$\phi = \text{tg}^{-1} \frac{5,4}{11,12} = 26^{\circ}$$

Este valor en cambio es conveniente porque se mantiene justamente por debajo del límite de  $27^{\circ}$ . Se adoptará, por consiguiente, el valor de  $G/D$  igual a 40 para la altura de  $60^{\circ}$ ; siendo esta altura equivalente a 83,3 m. para 600 Kc/s, obtenemos que  $D = 2,08 \text{ m.}$ ; este diámetro se refiere a una sección cilíndrica, para una sección cuadrada esto equivale a que cada lado

tenga 1,68 m. Si se escoge una sección triangular equilátera, cada lado debe tener 2,18 m.. En todos los casos la periferia es igual, pero la solución triangular puede ser algo más económica porque se requiere un larguero longitudinal menos que en el caso cuadrangular. No debe olvidarse que el cálculo anterior es para una frecuencia de trabajo de 600 Kc/s y si la frecuencia que realmente se utilice sea diferente, habrá que tomar esto en cuenta repitiendo el cálculo; aunque entre los límites propuestos de 550 a 680 Kc/s la diferencia será muy pequeña y podría ser despreciada conservando los valores aquí determinados.

La impedancia de entrada intrínseca de la antena tiene, por lo tanto, el valor de  $11,6 - j 100$ , para las antedichas condiciones, esta impedancia está constituida de una componente resistiva baja en comparación a una componente reactiva capacitiva elevada; esta proporción caracteriza a las antenas cuya altura eléctrica es menor de  $90^\circ$ , aprox. Esta no será la impedancia vista desde la línea de alimentación ya que influyen factores externos, especialmente la capacidad del aislador de base; esta capacidad junto a las otras que se presentan no poseen un valor predeterminable exacto, pero podemos asumir que estas capacidades distribuidas serán de un orden cercano a 100  $\mu\text{F}$ . Esta capacidad será considerada como conexión en paralelo con la impedancia intrínseca de la antena y deberá incluirse en el cálculo de la impedancia real aproximada que mirará la línea de alimentación. El circuito equivalente correspondiente está representado en la fig.11.

Resolviendo el circuito paralelo de la fig.11 tenemos:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 600 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = 2660 \Omega$$

$$Z_t = \frac{100 \angle -83^\circ 25' \cdot 2660 \angle -90^\circ}{11,6 - j100 - j2660} = \frac{266000 \angle -173^\circ 25'}{2760 \angle -89^\circ 45'} = 96,4 \Omega \angle -83^\circ 40'$$

$$Z_t = 10,6 - j95,7$$

# CIRCUITO EQUIVALENTE

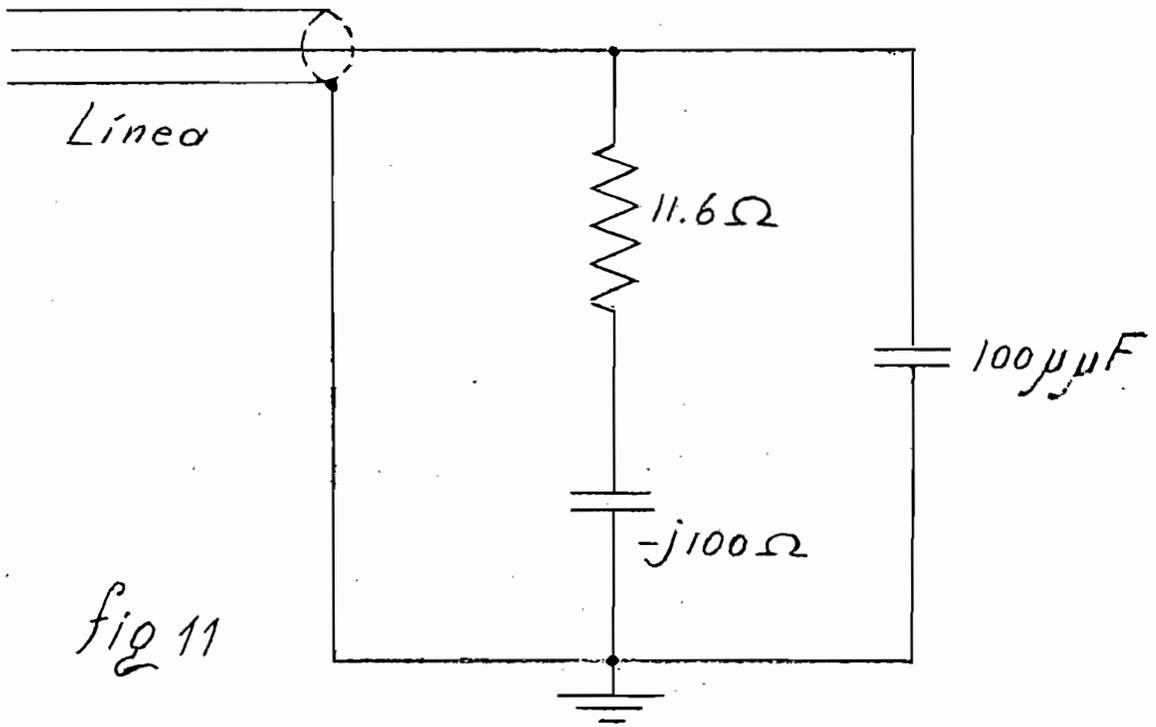


fig 11

# CONEXION DE LA LINEA COAXIAL

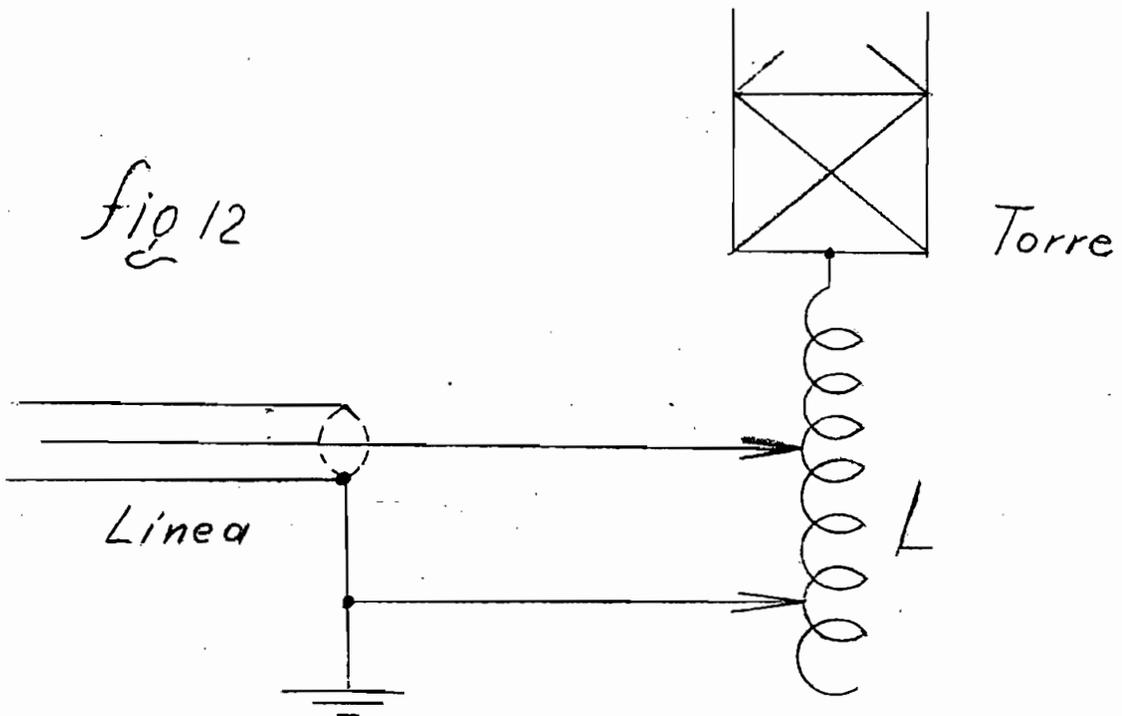


fig 12

Esta es la impedancia real aproximada de la antena que en la práctica podrá variar en cierta medida, pero manteniéndose muy cercana al valor obtenido. De este valor complejo tomaremos en cuenta ahora su componente reactiva que por ser de signo negativo es de tipo capacitivo. Como ya se mencionó, esta componente debe ser anulada por un elemento reactivo de signo opuesto o sea, para nuestro caso, una reactancia inductiva igual a  $j 95,7 \Omega$ , a 600 Kc/s, lo que equivale a una inductancia de 25 uH. Para objetos de sintonía y compensación de capacidades distribuidas, en la práctica, esta inductancia se la hace algo mayor que el valor calculado. La conexión entre la línea y la inductancia mencionada se hará variable para realizar los ajustes necesarios y obtener la máxima transferencia de potencia al sistema radiante. La conexión de estos elementos está ilustrada en la fig.12.

Recordemos que todas estas determinaciones se refieren a una antena de 60° de altura, que era la solución más económica desde el punto de vista estructural. Sin embargo se presenta, en este caso, la desventaja inherente de sistemas radiantes de poca altura y es la baja componente resistiva de la impedancia intrínseca. Sabemos que para obtener la máxima transferencia de potencia la impedancia de la carga debe ser igual a la impedancia del generador que en este caso está representado por la línea de transmisión coaxial. Como la componente reactiva es anulada por los respectivos elementos mencionados, queda para la frecuencia de la portadora, únicamente la componente resistiva como impedancia de la antena. Según lo anteriormente dicho, esta componente resistiva debe ser igual a la impedancia característica que presente la línea de transmisión; en nuestro caso este valor es de aprox.  $10 \Omega$ ; esta resistencia es de un valor muy bajo y presenta por esta razón dos desventajas importantes: la impedancia característica de las líneas coaxiales se halla entre los valores extremos de  $15 \Omega$  y  $75 \Omega$ , lo cual impide una correcta adaptación de impedancia entre esta línea y el sistema radiante; para solucionar esta dificultad había que...

la pérdida de potencia por inadaptación de impedancias, o utilizar circuitos que logren esta adaptación. La segunda desventaja de esta baja componente resistiva es la disminución de la eficiencia del sistema radiante a causa de la resistencia del sistema de tierra; la eficiencia de una antena es, en resumen, el cociente entre la resistencia intrínseca del radiador y la suma de esta resistencia más la de tierra; cuando la resistencia intrínseca llega a ser de un orden comparable con la resistencia a tierra, la eficiencia del sistema se reduce considerablemente. En nuestro caso esta eficiencia podría ser de solo 75 - 80 %, lo cual es inadmisibile para una estación de este tipo. Se puede compensar estas pérdidas mediante un efectivo sistema de tierra, que se discutirá más adelante, pero esto no constituye sino una solución parcial del problema.

Las desventajas expuestas que se presentan con la altura eléctrica de 60° nos suministran el criterio para escoger una altura más conveniente desde el punto de vista técnico; para esto nos valdremos, primero del aspecto de adaptación correcta de impedancia, buscando una altura con la cual se posea una componente resistiva del orden de la línea de transmisión coaxial, o sea entre 15 $\Omega$  y 75 $\Omega$ , procurando mantenerse en valores intermedios. De la fig.9 vemos que la altura más conveniente desde este punto de vista es la de 100°, por cuanto posee una resistencia que oscila alrededor de los 60 $\Omega$ . Desde el punto de vista del valor mismo con respecto a la resistencia del sistema de tierra, esta altura nos suministraría eficiencias superiores al 95 %, lo cual ya es plenamente aceptable. Si utilizamos alturas mayores, la componente resistiva aumentaría, de tal modo que nuevamente se requeriría el uso de circuitos de adaptación de impedancia, que inevitablemente introduce pérdidas en el sistema, por otro lado no podemos descartar por entero el criterio económico, ya que torres de más de 200 m. son extremadamente costosas.

Existe además otro criterio muy importante en la selección de la altura

de la antena; la distancia a la cual se produce la distorsión por desvanecimiento selectivo; si la altura es mayor, esta zona de distorsión se aleja del origen de la transmisión, pudiendo de este modo escogerse, hasta cierto punto, la zona en referencia. Esto es especialmente importante en el caso de transmisiones dirigidas a ciertas regiones, pero tiene menor importancia en nuestro caso, ya que, difícilmente podemos encontrar distancias que sean preferenciales. Como habíamos previsto, la zona o anillo de distorsión nocturna se produciría en la franja entre los 170 y 250 Km. durante la mayor parte del tiempo de transmisión; elevando la altura de la antena esta zona se desplazaría una veintena de kilómetros hacia afuera, lo cual haría variar muy poco la situación en nuestro caso. Por lo tanto, podemos dejar sin consideración este punto de vista y regirnos únicamente por los aspectos eléctricos ya mencionados.

Para completar la segunda solución, debemos realizar una determinación y cálculo semejantes que para el caso de  $60^\circ$ , o sea dimensionar la torre para la nueva altura de  $100^\circ$ . Si consideramos la misma relación de  $G/D$  igual a 60 obtenemos un ángulo  $\phi$  sumamente bajo y que no llega acercarse a los  $27^\circ$  que es el valor máximo, por lo tanto podemos usar una relación  $G/D$  mayor, haciendo la tentativa para un valor de 100 obtenemos que igual a  $9,5^\circ$  aprox., vemos por lo tanto, que para la altura de  $100^\circ$  podemos utilizar casi cualquier relación práctica de altura sobre diámetro, siendo en este caso el factor dominante la estabilidad mecánica de la torre, y no sería aconsejable, por este criterio, hacer uso de diámetros menores de 1 m., dependiendo del número y disposición de los tensores de la torre.

En lo que respecta a la impedancia intrínseca, esta sería igual a  $56 + j 73 \Omega$  que en paralelo con la capacidad externa ya mencionada daría una impedancia total de aprox.  $59 + j 74 \Omega$ . Al igual que en el caso anterior tenemos que anular la componente reactiva, que en este caso es inductiva, mediante una capacidad que tendría el valor de 3.550  $\mu\text{F}$  para 600 Kc/s.

d) Sistema de tierra.

Todos los valores que se han determinado hasta aquí se basan en una conducción de tierra perfecta; pero no debe olvidarse que el suelo por sí solo no presenta estas características ideales, sino todo lo contrario y por lo tanto un sistema de antena de radiador vertical instalado simplemente sobre el suelo representa un sistema sumamente defectuoso en lo que respecta a su eficiencia de radiación ya que gran parte de la energía se disiparía en forma de calor alrededor de la base de la antena sin poder regresar a la base de la tierra. Por consiguiente, se distingue la necesidad ineludible de hacer un eficiente sistema de tierra para el apropiado funcionamiento de la estación.

Existen diseños para tal sistema, comprobados y especificados a base de muchos años de experiencia en este campo y que trabajan con máxima eficiencia sin depender de la conductividad del suelo que rodea a la antena.

Se ha determinado que las corrientes de retorno por tierra a la base de la antena, tienen valores apreciables únicamente hasta distancias radiales de media longitud de onda desde la base del radiador, en la práctica se ha encontrado que el valor máximo necesario es de  $0,412 \lambda$ . El método consiste en extender un cierto número de conductores radiales desde la base de la antena con la mencionada longitud, cada uno, lo que para 600 Kc/s equivaldría a unos 200 m. aprox. El segundo aspecto de importancia en el sistema de tierra es el número de conductores radiales o su separación angular; se ha logrado determinar que con 120 de estos radiales, o sea conductores dispuestos cada  $3^\circ$ , se obtienen resultados muy cercanos a los de una tierra ideal, lográndose eficiencias de hasta 98 % con respecto al valor teórico. Un aumento en el número de conductores radiales sobre los 120, prácticamente no contribuye a elevar esta eficiencia; en cambio disminución en el número afectaría seriamente la eficiencia del sistema que disminuiría

a 85 % para 30 conductores; igualmente la disminución de la longitud de los radiales afectaría seriamente la eficiencia, y así vemos que los 120 conductores acortados a solo  $0,157\lambda$ , la eficiencia sería únicamente de 83 %, refiriéndonos siempre a una altura de  $60^\circ$ .

Queda, por lo tanto, demostrada la conveniencia de utilizar 120 conductores radiales de una longitud de  $0,412\lambda$  (206 g. para 600 Kc/s). Se hace la comprobación de la eficacia del sistema midiendo las corrientes de retorno en varios tramos de los conductores radiales, desde la base de la antena hacia los extremos de algunos de ellos, debiendo ser esta corriente de un valor despreciable hacia los extremos. El calibre de los conductores y la profundidad a la que se los entierra tienen poca importancia; la corriente que cada uno transporta es reducida, generalmente se usan cables # 12 o # 14 AWG. Estos conductores se entierran en pequeñas zanjas de unos 10 a 20 cm. de profundidad; mayor profundidad se requiere solo en caso de posibles cultivos en el terreno en cuestión, en todo caso cerca de la base de la antena los conductores deberán salir a la superficie. La unión de todos los conductores radiales debe realizarse en la base misma del radiador y no hacia un lado, mediante un anillo o placa que será el "punto de tierra" para la conexión de los elementos de alimentación a la antena.

#### e) Aspectos estructurales.

El diseño estructural constituye motivo de un estudio especial que no entra en el objeto de este proyecto, sin embargo cabe mencionar la existencia de dos posibles soluciones, muy utilizadas en estos casos; la torre sostenida únicamente por tensores, y la torre de auto-soporte. En el primer caso, la torre es una estructura de sección uniforme apoyada en su base sobre un aislador compresible de alta resistencia mecánica que soporta todo el peso de la estructura, siendo ésta mantenida en su posición vertical por medio de los tensores que deben soportar íntegramente los esfuerzos por presión del viento. Estos tensores deben estar subdivididos en su longitud eléctri-

camente por medio de aisladores de modo de impedir que las longitudes resultantes tengan relación con la longitud de onda de transmisión, y además para fraccionar el potencial que existe entre el punto de fijación del tensor en la torre y su anclaje en tierra. Si consideramos que la impedancia es de aprox. 100 y la potencia 50 KW obtenemos que el potencial más elevado ( en la punta de la torre) sería de:

$$E = \sqrt{P \cdot Z} = \sqrt{50 \cdot 10 \cdot 100} = 1.000\sqrt{5} = 2.240 \text{ Volt.}$$

Según la fig.8 podremos determinar la tensión contra tierra en cada altura de la torre (para  $\theta$  igual a  $60^\circ$ ). Para los aisladores debe tomarse en cuenta elevados factores de seguridad contra "flash overs" causados especialmente por el efecto corona que a altas frecuencias se produce con mayor facilidad.

La segunda solución, o sea la torre de autoapoyo, consiste en hacer la base de ésta, de tres o más "patas" separadas convenientemente, en este caso la torre no tendría una sección uniforme a todo el largo, ya que la base tuviera que tener una mayor sección, pero este hecho prácticamente no alterarías los cálculos anteriores. Cada pie de la torre deberá estar apoyado sobre un aislador que soporte la parte del peso total que le corresponda.

Para optar por una u otra solución deberá considerarse la disponibilidad de materiales para cada caso; sin embargo parece más económica la primera solución, o sea por medio de una base única y con tensores de apoyo.

#### f) Elementos auxiliares de la antena de onda media.

Además de los elementos de adaptación de impedancia mencionados, y que deben ir alojados en una caseta en la base de la antena y que los proteja de la intemperie; deberá proveerse la instalación de un sistema de pararrayos consistente de un descargador de esferas o de cuernos entre la base de la torre y la conexión de tierra. En ningún caso deberá utilizarse el

sistema utilizado en protección de líneas de fuerza que no es apropiado para aislar tensiones de radiofrecuencia; el sistema más apropiado y económico es el de dieléctrico de aire, existiendo también el de vacío. El uso de un eficiente sistema de descarga de rayos es indispensable para esta clase de antenas verticales elevadas, ya que una descarga atmosférica que pase por la torre sin tener un camino a tierra produciría el destrozo del aislador de base y elementos asociados, inclusive la línea de transmisión. La capacidad introducida por este sistema fué considerada en el cálculo de la impedancia aproximada del sistema radiante.

Como elementos auxiliares debe mencionarse también un sistema luminoso de aviso a los aviones; existen leyes internacionales para el código de colores, número y disposición de los focos luminosos, como también el ritmo del destello. La conexión entre la línea de alimentación de estos focos luminosos deberá dividirse por medio de un transformador de aislación en la base de la torre para impedir el paso de descargas atmosféricas o de radiofrecuencia. Esta línea de alimentación de fuerza podrá utilizarse además para la conexión eventual de aparatos de soldadura, de medición, etc. cerca de la base de la antena.

## 2.- La o las antenas para transmisión en onda corta.

### a) Generalidades.

Para escoger el tipo de antena apropiado para la transmisión en onda corta debemos regirnos por los mismos conceptos que en el caso de la antena de onda media. Únicamente que algunos aspectos son diferentes. Ante todo, la onda de tierra en onda corta desaparece a poca distancia de la antena y en nuestro caso no debemos tomarla en cuenta; interesa, por lo tanto, únicamente la componente radiada bajo un cierto ángulo vertical superior a los  $0^{\circ}$  y que será reflejada por la ionosfera incidiendo luego en regiones a cierta distancia de la antena. No nos puede interesar en este

caso el sistema de radiador vertical utilizado en onda media, porque allí el máximo de radiación se propaga en el plano horizontal. Por el contrario debemos escoger un sistema de antena que radie su máximo de energía en un determinado ángulo que produzca una máxima intensidad de campo a la distancia deseada. Por otro lado, a igual que en onda media, deseamos que la distribución azimutal de la señal sea aproximadamente circular, dada la situación más o menos central del sitio de transmisión con respecto al país. Sin embargo debemos hacer una consideración: el objeto de la transmisión en onda corta fué de compensar o llenar las deficiencias de recepción en onda media a distancias mayores de 300 Km.; estas distancias, dentro del territorio nacional, existen casi exclusivamente hacia el Sur; tiene, por lo tanto, máximo interés de transmitir con la mayor eficiencia en esa dirección. Aparentemente el uso de un sistema direccional sería de desear, sin embargo no sería idealmente apropiado, ya que algunas regiones de la costa noroccidental del país podrían no recibir suficiente intensidad de señal en onda media y requerirían del concurso de la transmisión en onda corta. Barajando estos factores y los de orden económico, resulta que el sistema más apropiado en onda corta es el de dipolo horizontal con una orientación aproximada de los máximos de radiación de Norte a Sur, o sea que la posición física de la antena sería de Este a Oeste.

#### b) Diseño del dipolo.

Para el diseño del dipolo para transmisión en onda corta debe partirse de la determinación de su altura eléctrica sobre el suelo basada en el ángulo de radiación máxima en el plano vertical. A su vez para determinar el ángulo vertical apropiado nos valemos de los valores de la distancia aproximada a la que debe incidir la señal, y la altura media de la capa reflectora en la ionosfera. Siendo la altura media de las capas F de 300 Km. y queriéndose una máxima intensidad de señal entre 300 y 500 Km. de distancia desde Quito, calcularemos el ángulo vertical requerido, sin tomar en cuenta

la curvatura terrestre.

Siendo: H la altura de la capa ionosférica.

$\alpha$  el ángulo vertical medido a partir de la horizontal.

d la distancia desde el transmisor hasta el sitio de recepción.

Tenemos que:  $d = 2.H.\cotg \alpha$

Si reemplazamos los valores de  $H = 300$  Km. y  $d = 400$  Km. se obtiene que el ángulo es:

$$\cotg \alpha = d/2H = 400/600 = 0,66$$

$$\alpha = 57^\circ$$

Siendo éste el ángulo requerido para la óptima radiación vertical en el caso previsto, se podrá calcular ahora la altura eléctrica sobre el suelo que debe poseer el dipolo de media onda.

El diagrama polar de distribución de la radiación vertical de un dipolo de media onda se calcula por la ecuación:

$$F(\alpha) = \text{sen}(h.\text{sen} \alpha)$$

en la que h es la altura eléctrica de la antena o sea su separación vertical del suelo. Igualando esta última ecuación a 1, obtenemos:

$$1 = \text{sen}(h.\text{sen} \alpha); h.\text{sen} \alpha = 90; h = 90/\text{sen} \alpha$$

siendo  $\alpha = 57^\circ$ ;  $\text{sen} \alpha = 0,84$ ;  $h = 90/0,84 = 107^\circ$ .

O sea que la altura de la antena debería ser  $0,5 \lambda$ . Este cálculo se refiere al caso de terreno de conductividad perfecta; en el caso real esto no se presenta y el efecto se deja notar no tanto en el ángulo de máxima radiación sino en la amplitud misma de ésta. Para alturas eléctricas de  $0,5 \lambda$  y una conductividad de  $5 \times 10^{-14}$  e.m.u. la pérdida con respecto al valor teórico de conductividad perfecta es de 20 %. Para mayores alturas de la antena este valor disminuye, en cambio con alturas pequeñas como  $0,1 \lambda$  las pérdidas llegan a superar el 40 %.

La altura eléctrica que se ha determinado es válida para todas las frecuencias de trabajo propuestas, o sea, de 5 a 10 Mc/s. Para determinar la frecuencia a usarse en cada momento tenemos que regirnos por las estadísticas y pronósticos originados en las respectivas oficinas de los IT.UU. Estos datos se refieren a la máxima frecuencia útil (MUF) que varía con las horas del día, con los meses del año y dentro del período de actividad solar. Esta frecuencia máxima útil de cada momento no es la frecuencia apropiada para la transmisión ya que es un límite bastante crítico; se debe escoger la frecuencia de trabajo óptima (O.F) que es aproximadamente el 65% de la MUF. La figura 18 nos muestra la variación de la frecuencia de trabajo óptima durante un período de 24 horas y en una latitud cercana a la nuestra. Según la mencionada figura podemos distinguir el desarrollo normal del proceso, o sea, que el mínimo de poder reflejante de la ionosfera se produce en las últimas horas de la madrugada, aumentando con gran rapidez apenas aparece el Sol, llegando a un valor máximo alrededor de las últimas horas de la tarde, disminuyendo luego lentamente. Vemos, asimismo, que la frecuencia óptima está comprendida, para la mayor parte del tiempo, entre 6 y 11 Mc/s, para la distancia de transmisión de 400 Km., estas curvas de la figura 18 se refieren a un período de considerable actividad solar, lo cual nos indica que en los períodos de mínima actividad estas frecuencias serán correspondientemente menores, pero para nuestro caso, raramente disminuirán de los 5 Mc/s considerados.

Como hemos propuesto el uso de tres bandas de frecuencia en la onda corta, para cada una se requerirá una antena separada. Según lo determinado, las alturas físicas serán: para 31 m.: 9,5m.; para 49 m.: 15 m., y para 60 m.: 18 m. Estas alturas son aproximadas y se definen con mayor precisión al conocerse las verdaderas frecuencias de trabajo asignadas. Se aconseja sin embargo, que por medio de un sistema de poleas, exista la posibilidad de variar esta altura en un 20 % para, no solo variar la distancia de transmisión

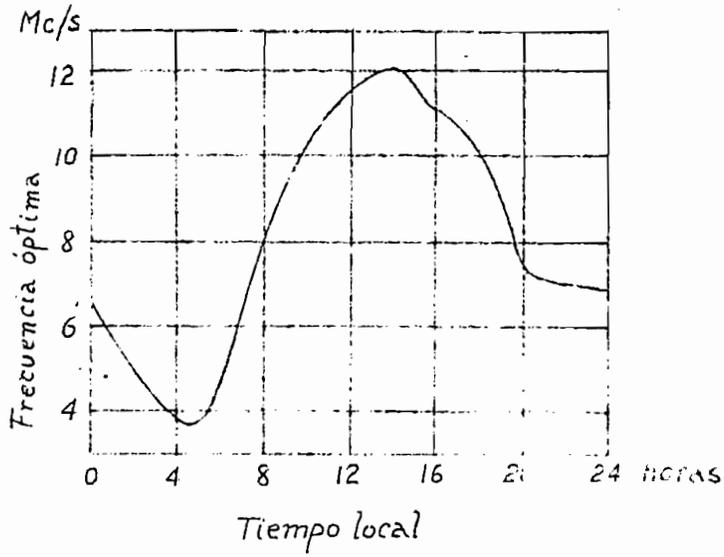
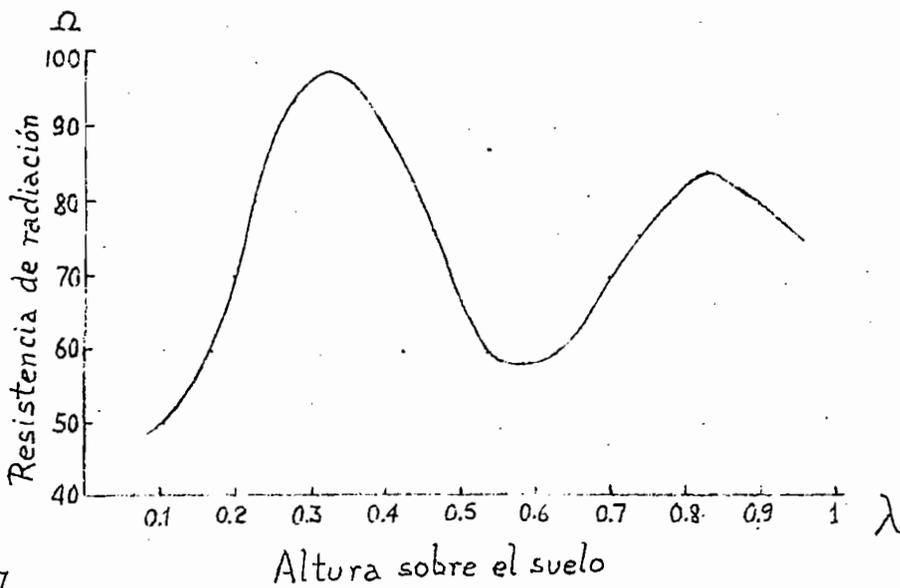


fig. 13



Tomado del  
R.A.E.  
de Laport

fig. 14

sino para compensar cualquier inexactitud en la correcta adaptación de impedancia entre la antena y la línea de alimentación, ya que la resistencia de radiación de un dipolo de media onda depende fundamentalmente de su altura eléctrica sobre el suelo. Esta última dependencia está ilustrada en la figura 14. Para el dimensionamiento de las antenas es necesario conocer el valor de la resistencia de radiación que obtenemos de la figura 14, siendo de 96 para la mencionada altura eléctrica de  $0,5\lambda$ . Debiendo ser la altura eléctrica igual para las tres antenas, su cálculo es común.

La intensidad de corriente máxima en la antena es de:

$$I_a = \sqrt{N/R} = \sqrt{20.000/96} = 14,4 \text{ Amp.}$$

Para calcular el potencial máximo entre un extremo del dipolo y tierra, para el dimensionamiento de los aisladores extremos, es necesario calcular el valor de Q de la antena. Ante todo debemos definir el calibre del conductor que forma la antena; no cabe regirse por la corriente calculada de 14,4 Amp., ya que según este valor sería suficiente un calibre muy reducido; pero intervienen otros factores que obligan a utilizar diámetros mayores; primeramente tenemos que considerar que se trata de corrientes de alta frecuencia que no fluye del mismo modo que la corriente continua o la corriente de fuerza de 60 c/s; se presenta en nuestro caso el llamado "skin effect" o efecto pelicular que consiste en que la corriente alterna tiende a fluir preferentemente por las capas exteriores o periféricas del conductor, y con el aumento de frecuencia este efecto se hace cada vez más notorio y la resistencia que el conductor presenta al paso de la corriente alterna es bastante superior a la resistencia a corriente continua. A causa de este efecto es necesario dar una sección mayor al conductor que para igual intensidad en corriente continua.

Como criterio para escoger el calibre adecuado no existe un sistema definido ya que existen varios factores que intervienen en esta selección:

el efecto pelicular mencionado; el efecto corona, a su vez dependiente de la temperatura ambiente, humedad del aire, presión atmosférica, etc., también debe hacerse consideración de la resistencia mecánica, que en este caso será el factor de mayor importancia. Existe también otro factor: la anchura de banda que depende de la relación de longitud de la antena con respecto a su diámetro; este aspecto mereció mucha atención en el dimensionamiento de la torre para onda media, pero para el dipolo de media onda para onda corta este factor es poco crítico, si nos referimos a la anchura de banda necesaria para la correcta transmisión de la componente de audio.

Prima, por lo tanto, el concepto de resistencia mecánica y al mismo tiempo de reducida resistencia al paso de corriente de alta frecuencia; para esto existen varias soluciones: ya sea el uso de conductores cableados gruesos (por ejemplo el #4 A.G.); o el sistema de varios conductores dispuestos en forma de "jaula de ardilla", o sea, varios conductores paralelos separados por medio de aisladores, esto se utiliza especialmente en el caso de quererse una considerable anchura de banda, igualmente este arreglo impide en gran medida el efecto corona.

A continuación se hará el cálculo del Q y del potencial máximo contra tierra para una antena de conductor simple que es el caso más desfavorable. El calibre tomado en cuenta es de #4 A.G.

$$Z_0 = 276 \log L/r$$

Siendo  $Z_0$  la impedancia característica como línea de transmisión balanceada; L la longitud de punta a punta menos un 5% que se resta por el efecto de radiación de los aisladores extremos y otros elementos de suspensión; r es el radio del conductor en las mismas unidades que L.

L para la banda de 60 m. es igual a 30 m. menos el 5%:

$$L = 30.000 \text{ mm.} - 30.000 \times 0,05 = 28.500 \text{ mm.}$$

$$Z_0 = 276 \cdot \log 28.500/2,595 = 1115 \Omega$$

$$m = \frac{Z_0 - R_r}{Z_0 + R_r} = \frac{1115 - 96}{1115 + 96} = 0,84$$

El valor de Q es:

$$Q = \frac{1+m}{1-m} = \frac{1+0,84}{1-0,84} = 11,4$$

El potencial entre

un extremo y tierra es:  $E = 1/2 \cdot Q \cdot I_0 \cdot R = 7900$  Volt.

Para modulación de 100% hay que multiplicar este valor por 2:

$$E_{total} = 15.800 \text{ Volt.}$$

Esta es la tensión que deben soportar sin dificultad los aisladores de los extremos con un apreciable factor de seguridad. Generalmente se utiliza cadenas de aisladores que soporten 4 ó 5 veces este potencial calculado.

### c) Adaptación de impedancia.

Para la alimentación de la antena o las antenas para onda corta se puede utilizar la línea de alimentación abierta constituida por dos conductores paralelos separados por aisladores. Habiéndose determinado que una antena dipolar de media onda a una altura de 0,5 de la longitud de onda posee una resistencia de radiación de  $36 \Omega$  debe diseñarse el sistema de alimentación apropiado para obtener la máxima transferencia de potencia entre la línea y el sistema radiador. A diferencia de la torre radiadora de onda media, la impedancia de la antena de media onda para onada corta es practicamente una resistencia pura, por cuanto se trata de un sistema en resonancia a la frecuencia central de la portadora, no se requiere, por lo tanto, de reactancias de anulación como en el caso de la antena vertical. En cambio la resistencia de radiación es demasiado baja para construir una línea abierta de una impedancia característica de ese valor. Las líneas abiertas para potencias elevadas, difícilmente pueden ser de menos de  $300 \Omega$ . Por lo tanto habrá que recurrir al uso de un sistema de adaptación de impedancia. Existe una multitud de sistemas de adaptación de impedancia para antenas de media onda, por ejemplo el sistema de alimentación de "tronco" (stub-feeding) que consiste de una línea abierta paralela que desciende

perpendicularmente del centro de la antena y con una longitud de  $1/4\lambda$ , realizándose la alimentación por medio de una línea abierta del mismo tipo, o sea de una impedancia característica entre 300 y 600  $\Omega$ , conectada cerca del extremo superior del "tronco" mencionado. Existen muchos otros sistemas relativamente sencillos de realizar la adaptación de impedancia, siendo cualquiera de ellos apropiado (adaptación tipo Delta, etc.).

d) Para el diseño de las antenas de onda corta se ha hecho hincapié aquí en el criterio de máxima economía; sin embargo no está demás mencionar alguna de las posibilidades alternativas que se presentan.

El cálculo del alcance de la transmisión en onda media nos había llevado a la conclusión de que se requiere la transmisión en onda corta para cubrir eficazmente el territorio nacional, especialmente en referencia de la región comprendida por las provincias de Loja, El Oro, Santiago Zamora y parte de Guayas y Azuay. Si, una vez en funcionamiento, se encontrase que el transmisor de onda media haría innecesaria la transmisión en onda corta hacia regiones del Noroeste, Norte y Noroeste, lo cual es posible, y si además el aspecto económico lo permitiera, sería muy conveniente la instalación de sistemas direccionales para la radiación en onda corta, cuya máxima radiación sería hacia el Sur para cubrir con mayor eficacia la región mencionada. Existen varios sistemas convenientes para obtener el efecto direccional y su diseño y descripción serían motivo de estudio particular, caso de optarse por su utilización.

## CAPITULO IX

### EL EDIFICIO DE TRANSMISORES.

#### 1.- Localización del edificio de transmisores.

La localización del conjunto formado por el edificio de transmisores y las antenas debe ser fuera del perímetro estrictamente urbano de Quito. Por otro lado, para facilidad de comunicación y acceso, debe estar situado en un lugar lo más cercano posible al mencionado perímetro.

Un aspecto fundamental, para la selección del lugar, es la línea óptica de enlace entre el edificio del estudio, en el centro de la ciudad aproximadamente, y el edificio de transmisores para el funcionamiento correcto del sistema de VHF para la modulación de los transmisores. Además deberá ser un lugar algo elevado con respecto al terreno circundante y sin obstáculos elevados en cualquier dirección del azimut. Esto es especialmente importante en la transmisión de onda corta, en la cual la propagación máxima se efectúa bajo un determinado ángulo, que para nuestro caso es relativamente alto, de tal modo que bastaría que los obstáculos sean menores que  $40^{\circ}$  sobre el horizonte, para que la transmisión no sufra mayores pérdidas. En todo caso deberá preverse un terreno más o menos plano sin árboles próximos a las antenas.

La disposición misma de las antenas con respecto al edificio que aloja a los transmisores sería: hacia un lado del edificio estaría situada la antena-torre de onda media, a una distancia máxima de unos 200 m., como ya se mencionó; y hacia el otro lado tendríamos las antenas de onda corta, las que podrían estar en línea, una a continuación de otra y todas con la misma dirección física mencionada de Este-Oeste; la distancia de estas antenas al edificio de transmisores debe ser mantenida en un mínimo por cuanto las pérdidas en la línea de transmisión de onda corta son mayores que onda media. Sería conveniente que las antenas de onda corta se hallen en el lado sur

del conjunto con el objeto de que no exista el obstáculo de la elevada torre de onda media hacia ese lado, con el objeto de impedir cualquier pérdida en la radiación hacia el Sur, y también en previsión de la posible instalación futura de sistemas direccionales.

Como lugar de posible instalación del conjunto en cuestión, puede proponerse algún terreno en la cadena de lomas al Este del Batán o El Inca, hacia el Norte del Colegio 24 de Mayo, lo que facilitaría la construcción de un camino de corta longitud para el acceso. El problema constituye en encontrar una parte de la cresta de estas lomas que tenga la anchura suficiente para la colocación del sistema radial de tierra para la antena de onda media que requiere una anchura total de unos 400 m., que en caso de fuerza mayor podría reducirse a unos 300 m. con la consiguiente pérdida de radiación a causa de la imperfección del sistema de tierra.

#### 2.- El edificio de transmisores.

Estará destinado a alojar los dos transmisores; el de onda media y el de onda corta.

Además deberá contener otros elementos que son:

a) En la parte externa superior del edificio estará montada la antena direccional para la recepción de la señal de VHF proveniente del transmisor del estudio.

b) El receptor de VHF conectado a la antena mencionada.

c) Un sistema de control auditivo para la comprobación de la calidad de sonido tanto de la señal de audio proveniente del receptor de VHF, como también de la señal modulada que va a la antena transmisora.

d) Un sistema de comunicación telefónica entre el edificio de transmisores y el estudio central.

e) Elementos de control, conmutación y distribución de la energía eléctrica de alimentación.

Todos estos elementos citados estarán en el interior del edificio, excepto la antena de VHF. Someramente citaré los recintos que se requieren y sus principales características.

a) Sala de transmisores.- Debe ser un recinto de dimensiones grandes, en el cual irán los dos transmisores, de 20 KW y 50 KW. Esta sala deberá llenar las siguientes condiciones; efectiva refrigeración por medio de amplios ventanales cuya entrada esté protegida por tela metálica para impedir la entrada de insectos, especialmente en las horas de oscuridad. Asimismo estos ventanales, estando abiertos, deben estar dispuestos de tal manera de no permitir la entrada de la lluvia a la sala. La temperatura deberá mantenerse dentro de los límites máximos de 10° C y 35° C, y la humedad relativa del aire no deberá sobrepasar el 70 %.

Al igual que en una sala de generación o distribución de energía eléctrica, deberá tenerse especial cuidado en la disposición de los conductores que salgan de los transmisores que son los de alimentación de las antenas ya que conducen corrientes de elevada tensión de radiofrecuencia que puede constituir un peligro para el personal de servicio. Las demás tensiones elevadas quedan confinadas dentro de los transmisores y se desconectan al abrirse éstos, sistema de protección que viene incluido por la fábrica constructora.

La iluminación de la sala de transmisores debe ser muy eficiente y particularmente destinada a iluminar el frente de los equipos en donde se halla los controles, conmutadores e instrumentos de medida. Igualmente deberá proveerse de adecuada iluminación a la parte posterior de los transmisores para su arreglo y comprobación.

b) Sala de control.- Contendrá; el receptor de VHF, los sistemas de control auditivo y de otro tipo para la transmisión, sistemas de alarma por control remoto, comunicación con los estadios, etc.

c) Recinto de distribución eléctrica.- Contendrá el tablero de control,

conmutación y distribución de la energía eléctrica de 220 V, trifásica. Además podría contener un banco de acumuladores, para conectarse automáticamente a la rama de iluminación del edificio cuando falle el suministro de energía.

d) Recinto de almacenamiento de materiales de repuesto.- Contendrá todos aquellos materiales, cuyo cambio sea posible prever, como válvulas, etc.

e) Cuartos para el descanso, distracción, baño, etc. para el personal del servicio, para la máxima comodidad de éste.

El edificio en su conjunto deberá ser de un solo piso para que su altura sea mínima y produzca la menor absorción de la señal originada en las antenas; su construcción debe ser de rigidez y estabilidad suficientes para impedir vibraciones perjudiciales al funcionamiento de los equipos. La construcción debe ser moderna y funcional.

### 3.- Requerimientos de energía eléctrica.

A base del rendimiento especificado para los transmisores, que de una a otra casa constructora varía poco, determinaremos la potencia eléctrica total que debe suministrarse al edificio de transmisión.

Las potencias de consumo de los transmisores deben tomarse bajo el régimen máximo o sea cuando la modulación tiene un nivel de 100 %. Además de estos dos consumidores principales, existirán consumos secundarios, como iluminación, carga de baterías, amplificadores de control auditivo, receptor de VHF, etc.

Para determinar el consumo a 100 % modulación de los transmisores tomaré en cuenta aquí los valores de rendimiento de dos transmisores de la casa Telefunken de Alemania, y que son: para el transmisor de 20 KW el rendimiento, bajo las condiciones de modulación mencionadas, es de 29,9 % con respecto a la potencia de 20 KW, o sea que la potencia consumida de la red alcanzaría los 67 KW. Para el transmisor de 50 KW, el rendimiento

bajo las mismas condiciones, es, según la especificación, de 29,2 %, lo que equivale a un consumo de energía de 171 KW.

La lista de consumidores y sus potencias aproximadas es:

Transmisor de 50 KW a 100 % modulación.....	171 KW
" " 20 " " " " " .....	67 "
Iluminación de la sala de transmisión .....	5 "
" " " " " control .....	1 "
" " " " " distribución eléctrica.....	1 "
" " " " " almacenamiento.....	0,5 "
" " " " " los cuartos de personal.....	1 "
Equipo de VHF y amplificadores de control.....	0,5"
Carga de baterías, hasta.....	2 "
Iluminación externa y de antenas.....	5 "
Aparatos varios de medición, etc.....	2 "
<u>Tótal.....255 KW.</u>	

La potencia total instalada es por lo tanto de unos 255 KW aprox. El factor de potencia de los transmisores es alto y en el caso de aquellos construidos por la casa Telefunken, el  $\cos \varphi$  es de 0,95. Los restantes consumidores que son casi exclusivamente de iluminación no harían sino elevar este valor aún más. Dejaremos sin embargo el valor de 0,95, y así obtenemos que el requerimiento total máximo es de 268 KVA.

El factor de simultaneidad <sup>es</sup> muy alto ya que los dos consumidores principales o sea los transmisores funcionan simultáneamente varias horas consecutivas y bajo 100 % de modulación constituyen el 95 % del consumo total.

Los transmisores requieren de un sistema de alimentación trifásica a 220 V entre fases. La frecuencia depende de la casa constructora, pero en nuestro caso debe ser de 60 c/s.

Queda, por lo tanto, establecido que se requiere el suministro confí-

nua de una potencia de 255 KW,  $\cos\phi=0,95$ ,  $E=220$  V,  $f=60$  c/s, trifásica.

Debe procurarse que esta potencia pueda ser obtenida de la red de la Empresa Eléctrica Quito, caso contrario tendría que recurrirse a la instalación de dos plantas generadoras, la una para la generación normal y la otra como reserva para el caso de una falla en la primera. Si la energía es obtenida de la red de la ciudad se requeriría solamente de una planta, igualmente de emergencia. Esta, o estas plantas podrían ser de Diesel, caso de no existir la posibilidad de construir una planta hidráulica en las cercanías. La o las plantas Diesel estarían alojadas en una casa a poca distancia de la de transformadores, la instalación dentro del mismo edificio, no es aceptable a causa del ruido y la vibración que producen tales plantas. La planta de emergencia debe ser de arranque automático para el caso de falla de la principal.

La tensión producida por estas plantas no deberá variar en más de  $\pm 3$  % con respecto a la tensión nominal, y la frecuencia no deberá variar en más de  $\pm 2$  %.

Debe tomarse en cuenta además que la carga varía fuertemente al efectuarse la transmisión normal a causa de los diversos niveles de modulación que oscilan continuamente entre 0 y 100 % lo que significa variaciones de potencia de un  $\pm 6$  % con respecto a la potencia máxima; estas variaciones son de carácter rápido y transitorio y que deben ser compensadas o absorbidas principalmente por la masa volante del generador.

Caso de instalarse una planta para el suministro continuo deberá tomarse en cuenta un factor de seguridad para el servicio, ya que no conviene el trabajo continuo a carga máxima, por otro lado debe preverse la posibilidad de agregar aparatos que aumenten el consumo, por lo tanto, la planta generadora debiera poseer por lo menos unos 300 KVA.

C A P I T U L O X  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO

Las consideraciones de orden económico son bastante complejas, a causa de la gran cantidad de elementos y aspectos que intervienen en una estación Radiodifusora Nacional de la categoría aquí descrita. Además, los precios de los equipos, especialmente de los transmisores, varían considerablemente de una casa constructora a otra. Me limitaré aquí a considerar los precios de los equipos y el costo aproximado de su instalación, sin entrar en consideraciones acerca del costo de los edificios que es un aspecto que no incumbe a esta tesis.

Como guía en esta estimación aproximada me he valido de los precios de lista de la casa Telefunken de Alemania y de otras casas del mismo país, tengo que insistir que estos precios son de mera información para obtener una idea aproximada del costo total de una estación de alta calidad.

Los precios se darán a continuación en dólares americanos y al último se hará la conversión en sucres.

Estudio completo con dos grabadoras de cinta.....	\$	8.500
Puente de enlace completo de VHF con antenas.....	"	4.876
Transmisor de 20 KW para onda corta.....	"	152.860
Transmisor de 50 KW para onda media.....	"	256.200
Antena vertical para onda media.....	"	15.000
Cable coaxial con gas a presión de 200 m.....	"	6.100
5 # antenas dipolo de media onda.....	"	3.000
Unidad de generación diesel-eléctrica de 300 KVA.....	"	22.300
Banco de acumuladores con sistema de carga.....	"	1.200
Varios (sistemas de control auditivo, receptor, etc.)..	"	5.000

---

Total.... US \$ 475.036

El total así obtenido es el costo aproximado del equipo empacado en el puerto de salida, en este caso en Alemania, o sea, el precio f.o.b.

El precio c.i.f., o sea en Guayaquil sería aprox. el 113% del valor f.o.b., lo que da US \$ 536.000 en cifras redondas.

A este valor hay que agregar un 3% por transporte hasta el lugar de instalación, lo que da US \$ 553.000 que es costo aproximado total del equipo en Quito.

Para la instalación misma, en el caso de la compañía Telefunken, deben ser contratados ingenieros especializados de la casa que realicen el montaje del equipo, que viene desarmado y requiere de personal familiarizado con todos estos elementos. Esto agrega unos 10.000 dólares al costo y si a esto sumamos unos \$ 10.000 más por otros gastos de instalación, el total será de unos US \$ 583.000 que al cambio oficial de 16,50 S/. por US \$ equivale aproximadamente a unos S/. 9.000.000, costo de equipos e instalación.

INDICE DE MATERIAS

	Página
CAPITULO I	1
1.- La Radiodifusión en el Ecuador y en el mundo	1
2.- Razones para la instalación de una Radiodifusora Nacional	7
3.- Condiciones programáticas y cualitativas que debe llenar esta Radiodifusora	12
CAPITULO II	19
1.- Condiciones técnicas de recepción término medio a través del territorio nacional.- Receptores y antenas de recepción	19
2.- Bandas de frecuencia apropiadas para realizar las transmisiones	24
3.- Determinación de las frecuencias dentro de las bandas escogidas	27
CAPITULO III	32
1.- Territorio que debe cubrir la estación	32
2.- Determinación de la potencia necesaria para cada frecuencia de transmisión	34
I) Determinación de la potencia de transmisión requerida para el transmisor de onda media	34
a) Nivel de intensidad de campo requerido	34
b) Determinación de la conductividad media del suelo para la frecuencia a utilizarse	35
c) Distancia de transmisión requerida	47
d) Altura de la antena transmisora para onda media	46
II) Alcance real previsible de la transmisión en onda media	52
III) Adopción de una potencia adecuada de transmisión para onda corta	57
Conclusiones del capítulo III	59
CAPITULO IV. EL ESTUDIO	62
1.- a) Micrófonos	64
b) Toca-discos	65

	Página
c) Grabadoras-reproductoras de cinta magnética	66
d) Mesa o consola de control central	68
2.- Salas y recintos del estudio	69
a) Sala de control central	69
b) Sala de locución	69
c) Sala de música y variedades	70
d) Salas de grabación	71
e) Sala de discoteca y conservación de grabaciones en cinta	72
f) Locales de administración y preparación de programas	72
<b>CAPITULO V. SISTEMA DE ENLACE ENTRE EL ESTUDIO Y EL TRASMISOR</b>	<b>73</b>
a) Distancia entre el estudio y los transmisores	73
b) Calidad de la señal que llega a los transmisores	74
c) Solución adecuada	74
<b>CAPITULO VI. LOS TRASMISORES</b>	<b>76</b>
1.- Reglas para la transmisión según la FCC.	76
2.- Amplificadores de audio y moduladores	77
3.- Osciladores, etapas intermedias y finales de R.F.	78
<b>CAPITULO VII. ENLACE ENTRE LOS TRASMISORES Y LAS ANTENAS</b>	<b>82</b>
<b>CAPITULO VIII. LAS ANTENAS</b>	<b>85</b>
1.- La antena para transmisión en onda media	85
a) Distribución de E e I en la antena vertical	86
b) Característica de propagación en ángulos verticales	87
c) Dimensionamiento del radiador	89
d) Sistema de tierra	100
e) Aspectos estructurales	101
f) Elementos auxiliares	102
2.- La o las antenas para transmisión en onda corta	103

	Página
a) Generalidades	105
b) Diseño del dipolo	106
c) Adaptación de impedancia	110
d) Consideraciones varias	111
CAPITULO IX. EL EDIFICIO DE TRANSMISORES	112
1.- Localización	112
2.- El edificio de transmisores	113
3.- Requerimientos de energía eléctrica	115
CAPITULO X. PRESUPUESTO ESTIMATIVO	116
INDICE	120

INDICE DE TABLAS

TABLA		Página
1		42
"	2	42
"	3	44
"	4	49
"	5	51
"	6	55
"	7	71

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	1	38
"	2	41
"	3	46
"	4	53
"	5	56
"	6	63
"	7	64
"	8	68
"	9	92
"	10	92
"	11	96
"	12	96
"	13	107
"	14	107