



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



7
209

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

**PLANIFICACION DE SISTEMAS DE COMPROBACION
TECNICA DE LAS EMISIONES RADIOELECTRICAS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:

EDGAR BALDEMAR AGUADO CRUZ

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN A. M.
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES SUPERIORES CUAUTITLAN



ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FEG-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Planificación de sistemas de comprobación técnica de las
emisiones radioeléctricas".

que presenta al pasante: Edgar Baldemar Aguado Cruz
con número de cuenta: 8962233-5 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 17 de Octubre de 1994

PRESIDENTE Ing. Jaime Rodríguez Martínez

VOCAL Ing. Margarita López López

SECRETARIO Ing. Juan González Vega

PRIMER SUPLENTE Ing. Ma. de Lourdes Maldonado López

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Francisco Tellitud López

DEDICATORIAS

A mi padre:

Que a lo largo de mi vida ha demostrado ser mi mejor amigo, mi guía y mi gran consejero, puesto que siempre he podido contar con su apoyo, su cariño y su confianza. Además de que siempre en base a su buen ejemplo y su perseverancia en la vida me ha sabido dar los mejores principios tanto morales como sociales y me ha logrado guiar con mano dura y firme cuando ha sido necesario y gracias a eso le debo mi formación como hombre, teniendo la esperanza de no defraudarlo nunca, por todo eso y mas mi padre no solo es mi amigo, si no es un heroe, al que hay no solo que imitar sino tratar de ser igual o inclusive superarlo, por todo esto te dedico este trabajo. Te quiero mucho PAPA.

A mi madre:

A la mujer que me dio la vida, que me cuidó, me defendió y me protegió cuando yo todavía no podía hacerlo, que en base a su cariño y atenciones siempre se ha tratado de darme lo mejor de ella misma, para poderme verme formado y educado, a ella que a base de sacrificios se ha esmerado por darme un mejor nivel de vida y que sería capaz de dar la vida por mí, motivos por los cuales espero no defraudarla en este trabajo el cual se lo dedico. Te quiero mucho mamá.

A mi hermano:

Que a largo de estos años ha estado cerca de mi y hemos pasado juntos momentos felices y tristes y que hemos logrado através de todos estos años establecer una sólida y fuerte unión en base al respeto y al cariño que nos hemos tenido el uno para el otro, con todo cariño te dedico este trabajo Eduardo.

A mi abuelita:

A la "Jefa" que a lo largo de toda mi vida me ha demostrado con su cariño, su afecto y su confianza que no solo es mi abuela, sino que se ha convertido para mi como en una segunda madre. Y como se que esperas verme formado le dedico este trabajo con todo cariño esperando no defraudarla nunca.

A la familia Perez-Cruz:

A mi tío Ricardo, mi tía Tayde y mi primo Miguel, los cuales a lo largo de toda mi existencia me han brindado su cariño, su confianza y su apoyo, con los cuales he pasado por momentos muy gratos y ademas agradecerles de manera muy especial la ayuda desinteresada que me ofrecieron para la realización de este trabajo. Gracias.

A mis amigos y compañeros:

Serfa una lista larga nombrarlos a todos,
pero de no ser por ellos no quiero ni imaginar lo que hubiera pasado
sin ellos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por ser la institución
que me ofrecio una formación profesional y una superación académica.

1
INDICE

INDICE.	1
INTRODUCCION.	5
I. - COMPROBACION TECNICA DE LAS EMISIONES.	
1.1 Finalidad de la comprobación técnica.	7
1.2 Función de las estaciones de comprobación- técnicas de las emisiones en la explotación de los servicios de radiocomunicación.	7
1.3 Organización de un sistema de comprobación técnica de las emisiones.	13
1.4 Sistema de comprobación internacional de - las emisiones.	15
II. - RADIOPROPAGACION DE EMISIONES RADIOELECTRICAS.	
2.1 Naturaleza física de las ondas radioeléc- tricas.	18
2.2 División del espectro de frecuencias ra- dioeléctricas en grandes bandas.	20
2.3 Ondas de superficie y onda ionosférica.	23
2.4 Regiones de la atmósfera.	25
2.5 Características generales de la propaga- ción de las ondas radioeléctricas en fun- ción de su frecuencia.	28

III.- ANTENAS.

3.1 Características generales.	31
3.2 Antenas para ondas kilométricas y miri- métricas.	32
3.3 Antenas para ondas hectométricas y deca- métricas.	35
3.4 Antenas para ondas métricas y decimétri- cas.	44

IV.- EQUIPO MINIMO INDISPENSABLE EN UNA ESTACION -
DE COMPROBACION TECNICA.

4.1 Características generales.	49
4.2 Receptores.	52
4.3 Antenas.	55
4.4 Equipo para medición de frecuencia.	57
4.5 Aparatos para medir la intensidad de campo.	60
4.6 Aparatos para medir la anchura de banda.	63
4.7 Aparatos para el control automático de la - ocupación del espectro.	67
4.8 Equipo de identificación.	70
4.9 Equipo de radiogonometría.	72
4.10 Generadores de señales.	74
4.11 Aparatos suplementarios.	76

V. - ESTACIONES MOVILES DE COMPROBACION TECNICA.

- | | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Objetivos y campo de actividad de las estaciones móviles de comprobación técnica. | 77 |
| 5.2 | Características generales del equipo. | 81 |
| 5.3 | Antenas de estaciones móviles de comprobación técnica. | 91 |
| 5.4 | Fuentes de energía para las estaciones móviles de comprobación técnica. | 93 |

VI. - TERRENOS Y EDIFICIOS PARA UNA ESTACION DE COMPROBACION TECNICA.

- | | | |
|-----|---|-----|
| 6.1 | Características del terreno. | 101 |
| 6.2 | Ejemplo de un terreno e la estación de comprobación técnica en Cerrillo, Estado de México, de la administración mexicana. | 105 |
| 6.3 | Condiciones que debe reunir el edificio e instalaciones. | 108 |
| 6.4 | Ejemplo de edificio de estación de comprobación técnica en el Cerrillo, Estado de México, de la administración mexicana. | 109 |

VII.- PERSONAL.

7.1 Observaciones generales.	111
7.2 Capacitación.	115
7.3 Programas de instrucción.	117

VIII.- PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICION DE SISTEMAS --

RADIADORES DIRECCIONALES EN LA BANDA NORMAL -
DE RADIODIFUSION (535-1605 KHz).

8.1 Características generales.	123
8.2 Desarrollo de las mediciones.	125
8.3 Interpretación de datos.	127
8.4 Presentación de resultados.	130

INTRODUCCION

Para llevar a cabo una adecuada "Planificación de sistemas de comprobación técnica de las emisiones radioeléctricas", se requiere establecer una metodología que reúna los pasos mínimos necesarios para facilitar la medición de emisiones radioeléctricas, partiendo de este axioma, se inicia el camino a seguir, con una breve explicación acerca de lo que se debe entender por una emisión radioeléctrica; para después precisar la importancia de la comprobación técnica de las emisiones; la organización de un sistema de comprobación técnica y posteriormente conocer la naturaleza de la radiopropagación de las emisiones radioeléctricas en cuyo contexto se establecen los tipos de ondas existentes, así como de la influencia de la atmósfera en dichas ondas.

Establecido lo anterior, se realiza un pequeño análisis sobre las antenas que se pueden utilizar para captar ondas radioeléctricas, sus características, formas de conexión para obtener una mejor recepción de las ondas mencionadas.

Posteriormente nos centramos en los equipos y aparatos que son deseables dentro de una estación de comprobación técnica estableciendo sus alcances, su utilidad y formas de operación. Además se hace referencia al equipo adicional que deberá contar una estación de comprobación técnica de tipo móvil, y la utilización que se hace de este equipo, si se trata de una estación de tipo fijo, el cual varía en su operación.

También se precisa la ubicación y las características que debe reunir el terreno donde se va a instalar una estación de comprobación técnica de emisiones, así como el tipo de construcción a realizar para el citado fin, y aquellos lugares en donde pueden utilizarse una estación móvil.

Derivado de lo anterior y a vía de ejemplo, se menciona la estación fija ubicada en el Estado de México.

Referente al personal operativo de la estación se destaca a grandes rasgos el tipo de conocimientos básicos que deben poseer, y cuales deben adquirir através de una capacitación previa a la utilización del equipo de la estación referida.

Para finalizar se representa un modelo para realizar mediciones en una estación de comprobación técnica, destacando la interpretación de la información obtenida y de la forma de como presentar adecuadamente los resultados de la misma.

COMPROBACION TECNICA DE LAS EMISIONES**1.1 FINALIDAD DE LA COMPROBACION TECNICA.**

Se entiende por comprobación técnica de las emisiones, la vigilancia ejercida por una administración, periódicamente o cuando parece necesaria una comprobación, sobre las emisiones de su país y, en su caso, sobre los de sus corresponsales o los de otras estaciones extranjeras. Esta comprobación técnica consiste, en particular en las bandas de ondas decamétricas, en lo siguiente:

- Medición de las características técnicas de las emisiones.
- Identificación de las características y de las fuentes de interferencia.
- Estudio de la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas a fin de elegir frecuencias que puedan utilizarse sin interferencias mutuas con otros servicios ya autorizados.

1.2 FUNCION DE LAS ESTACIONES DE COMPROBACION TECNICA DE LAS EMISIONES EN LA EXPLOTACION DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACION.

La función principal de las estaciones de comprobación técnica de las emisiones consiste en ayudar a la administración en la explotación cotidiana de sus servicios radioeléctricos. Además, cada estación debe estar en condiciones de poder participar en los sistemas de comprobación técnica internacional de las emisiones, en la forma definida en el reglamento.

La comprobación de las características técnicas de los emisores consiste en lo siguiente:

- Medición sistemática de las frecuencias de todas las estaciones dependientes de la administración, de las frecuencias de las estaciones con las que esta corresponde y, a petición de las frecuencias de estaciones situadas en diversos lugares del mundo;
- Medición de la anchura de la banda ocupada y del espectro de las emisiones;
- Verificación de la calidad de la modulación;
- Verificación de la ausencia de radiocomunicaciones no esenciales;
- Medición de la intensidad de campo radiada;
- La observación de las horas de emisión.

La comprobación de las características técnicas de las emisiones es útil para:

- Descubrir los defectos de funcionamiento que pueden sufrir los emisores de las estaciones que dependen de la administración;

- Proceder a una investigación encaminada a suprimir interferencias perjudiciales sufridas o causadas por estaciones nacionales;
- Analizar las condiciones de funcionamiento de las estaciones extranjeras cuyas notificaciones de asignaciones de frecuencia se publican cada semana en la circular de la Oficina de Radiocomunicaciones de la U.I.T. (Unión Internacional de Telecomunicaciones), cuando estas estaciones parecen susceptibles de causar interferencias perjudiciales a las emisiones de estaciones nacionales existentes;
- Analizar las condiciones de funcionamiento de estaciones extranjeras cuyas asignaciones de frecuencias están ya notificadas a la Oficina de Radiocomunicaciones de la U.I.T. (Antes I.F.R.B.), cuando las emisiones de esas estaciones pueden sufrir interferencias a causa de una nueva asignación de frecuencias a una estación nacional.

Las estaciones de comprobación técnica tienen, además la función de contribuir a recoger informaciones técnicas que pueden servir para la planificación de los servicios de radiocomunicación. Estas informaciones se obtienen mediante:

- El control sistemático de la ocupación de las bandas con el fin de determinar las frecuencias adecuadas para los nuevos enlaces;
- La medición sistemática de las frecuencias y de las anchuras de banda de las emisiones;

- La medición de las desviaciones de frecuencia efectivamente respetadas por los transmisores;
- Colaborar en los estudios sobre la propagación de las ondas decamétricas (mediciones de intensidad de campo, observaciones sobre características de los desvanecimientos, ruidos radioeléctricos, etc.).

El conocimiento de la ocupación del espectro es necesario:

- Para descubrir la existencia de estaciones nacionales sin licencia;
- Para investigar si en una porción dada de una banda de frecuencias, hay lugar disponible para insertar una nueva emisión;
- Para comprobar si el tráfico curzado por las estaciones nacionales cuyos usuarios poseen una licencia, se atiene a las condiciones de la concesión de la licencia;
- Para identificar cualquier emisión que ocasione interferencias perjudiciales y determinar, de ser posible, la causa de esas interferencias;
- Para detectar las radiaciones no esenciales.

Quando se desea utilizar una frecuencia de una banda en la que no existe plan alguno (como ocurre con el servicio fijo en las bandas de ondas decamétricas), es indispensable cerciorarse de que la frecuencia que se desea asignar este lo suficientemente libre como para segurar un servicio sin interferencias perjudiciales mutuas. Conviene, pues, proceder a la comprobación de la banda apropiada y buscar las partes de esa banda menos cargadas durante los períodos de explotación previstos.

Cuando se quiere hacer una asignación nueva en alguna de las porciones de una banda, las cuales se ha comprobado que esta suficientemente desocupada, deben observarse estas sistemáticamente durante varias semanas con el fin de cerciorarse de que no han pasado inadvertidas algunas emisiones como consecuencia de variaciones de las condiciones de propagación.

Hay que realizar la observación en el extremo receptor del enlace previsto, especialmente si la distancia que media entre las dos estaciones terminales es suficientemente grande. Por otro lado, es útil consultar los "Resúmenes de la información de comprobación técnica de las emisiones recibidas por la Oficina de Radiocomunicaciones de la U.I.T." y publicados por la misma con los datos suministrados por las estaciones que participan en el sistema de comprobación técnica internacional de las emisiones. Estos resúmenes, establecidos a base de observaciones efectuadas en el mundo entero, pueden suministrar informaciones útiles sobre la ocupación del espectro en regiones en las que el servicio de comprobación técnica de un país solo puede recoger pocas observaciones. Conviene igualmente consultar la Lista Internacional de Frecuencias.

La comprobación técnica de las emisiones, sirve para indicar interferencias y estaciones interferentes.

A este respecto conviene distinguir dos formas de interferencias que, aunque produzcan los mismos efectos perjudiciales, pueden obedecer a causas muy diferentes que el observador ha de esforzarse en reconocer. Se trata:

- De las interferencias debidas a radiaciones no esenciales.
- De las interferencias causadas por emisiones que utilizan la misma parte del espectro que la emision interferida.

Las interferencias de la primera categoría, debidas a defectos de las instalaciones radioeléctricas son a menudo difíciles de identificar porque pueden presentar todas las características de interferencias causadas por cualquier estación capaz de crear un campo suficientemente intenso. En numerosos casos de la segunda categoría, la identificación de la estación interferente plantea problemas, puesto que las estaciones de comprobación técnica, aunque esten provistas de material moderno, pueden tropezar con serias dificultades para identificar estaciones interferentes que utilizan ni distintivo de llamada de la serie internacional ni un procedimiento de identificación reconocido. Reuniendo los recursos de diversas administraciones, se puede obtener suficientes observaciones, entre ellas marcaciones radiogonométricas para disponer de un esbozo bastante completo de las frecuencias utilizadas, de las horas de emisiones y de la ubicación aproximada de las estaciones observadas

1.3 ORGANIZACION DE UN SISTEMA DE COMPROBACION TECNICA DE LAS EMISIONES

La organización del servicio de comprobación técnica de las emisiones depende de la naturaleza de las funciones que ha de cumplir para satisfacer las necesidades particulares de la administración de telecomunicaciones.

Cualquiera que sea su número, las actividades de las estaciones de comprobación técnica de que disponga un país están coordinadas por un centro de control adscrito a la dirección de los servicios radioeléctricos de la administración de telecomunicaciones.

Según sea la naturaleza de las observaciones que hayan de efectuarse, puede ser conveniente asignar una actividad concreta a una estación de comprobación técnica, a causa de su situación geográfica. En otros casos, se pueden confiar ciertas mediciones a una u otra estación, según los medios técnicos de que disponga. Es indispensable que las informaciones obtenidas por una estación de comprobación técnica sean centralizadas en el plazo más breve posible, a fin de determinar si es útil alertar inmediatamente a otra estación de comprobación técnica y pedirle que obtenga informaciones suplementarias. En el caso de observaciones radiogonométricas, para poder localizar a la estación observada, se necesita centralizar rápidamente las marcaciones obtenidas por las diversas estaciones de comprobación técnica o por otras estaciones radiogonométricas que cooperen con el servicio de comprobación técnica.

De este modo, el centro de control puede ordenar en todo momento nuevas observaciones, sea a la estación de comprobación técnica a la que se ha planteado un problema, sea a cualquier otra estación. De la misma manera, todas las anomalías que hayan observado las estaciones de comprobación técnica en el funcionamiento de las estaciones transitorias sin que se haya mediado una petición del centro de control deberán comunicarse inmediatamente a este.

Una vez posesión de los elementos necesarios para resolver un problema, el centro de control establece sus conclusiones. Cuando se trata de un defecto en la emisión de una estación nacional (frecuencia fuera de la tolerancia, nivel excesivo de una radiación no esencial, sobremodulación, etc.), el centro de control las comunica por conducto reglamentario a los responsables de la estación considerada y cuida de que se tomen las medidas apropiadas para hacer desaparecer el defecto. Cuando se le señala un caso de interferencia internacional y la estación de comprobación técnica encargada de identificar la interferencia ha comunicado los resultados de sus mediciones, el centro de control transmite sus conclusiones a su administración, a la que incumbe ponerse en relación con la administración extranjera de que dependa la estación interferente, de acuerdo con el procedimiento reglamentario. No obstante, en numerosos casos, el centro de control puede entrar en contacto directo con los responsables de la estación interferente, dirigiéndoles mensajes de servicio por la vía

apropiada, de preferencia por télex. Estos mensajes indican los valores medidos de las emisiones de que se trata, describen la naturaleza de la interferencia observada y llevan al destinatario que colabore en su supresión. Si el país en el que se encuentra el transmisor incriminado posee un centro de control, los mensajes son dirigidos a este, el cual verifica el fundamento de la reclamación y se pone en comunicación con la estación transmisora.

1.4 SISTEMA DE COMPROBACION INTERNACIONAL DE LAS EMISIONES.

El centro de control pueda desempeñar, también, el papel de oficina centralizadora en el sistema de comprobación técnica internacional de las emisiones. Las estaciones de comprobación técnica que participan en el sistema internacional efectúan, en la medida en que las administraciones de quien dependan estimen posible, las comprobaciones de carácter general o particular que pueden pedirles la Oficina de Radiocomunicación u otras administraciones. Las observaciones efectuadas por las estaciones de comprobación técnica que participan en el sistema de comprobación internacional son de tres generos:

- a) Prospección sistemática del espectro radioeléctrico entre 2850 y 2800 KHz, aproximadamente, observándolo continuamente y esforzándose por identificar el mayor número posible de emisiones;
- b) Medición de las características de las emisiones observadas, en particular la frecuencia y la anchura de banda ocupada;

c) Estudio particular de ciertas partes del espectro.

Evidentemente, es de desear que, para participar en el sistema internacional, las estaciones de comprobación técnica respondan a las normas técnicas recomendadas por la Oficina de Radiocomunicación. Sin embargo, se admite que el hecho de atenerse a normas menos estrictas no significa, en modo alguno, que una estación de comprobación técnica no sea capaz de suministrar informaciones muy útiles de la ocupación del espectro de frecuencias.

Cada administración, cada servicio de comprobación técnica de las emisiones establecido en común por dos o más países y cada organización internacional que participe en el sistema de comprobación técnica internacional de las emisiones, designa una oficina centralizadora a la que se dirigen todas las peticiones de comprobación técnica y por cuyo conducto se remiten los resultados de la comprobación técnica a la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T., o a las oficinas centralizadoras de otras administraciones.

Incumbe a la Oficina de Radiocomunicación llevar un registro de los resultados de la comprobación técnica y preparar resúmenes periódicos de estos resultados para su publicación por la Secretaría General de la U.I.T. La Oficina de Radiocomunicación esta, pues, encargada de la centralización internacional de las informaciones relativas a la utilización de las frecuencias y de la comunicación de esas informaciones a las administraciones.

A fin de obtener las informaciones que necesita para cumplir las tareas que le incumben segun el Reglamento, la Oficina de Radiocomunicación puede pedir a las administraciones cuyas estaciones participan en el sistema internacional, que efectuen ciertas comprobaciones especiales, por ejemplo, la ocupación de determinadas bandas de frecuencia. Puede pedir también una comprobación de frecuencias explícitamente designadas, con el objeto de resolver casos de interferencia que se le ha señalado.

Para que un sistema de comprobación internacional de las emisiones sea completamente eficaz tiene que abarcar todas las regiones del mundo. Ahora bien, algunas administraciones provistas de buenas instalaciones de comprobación técnica no participan aun en el sistema de comprobación internacional; por otra parte, existen amplias zonas del mundo en las que son insuficientes, o incluso no existen, medios de comprobación técnica. Para obtener una utilización mas eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas sería muy conveniente que todos los países miembros de la U.I.T. tratan de poner sus medios de comprobación técnica a la disposición del sistema de comprobación internacional.

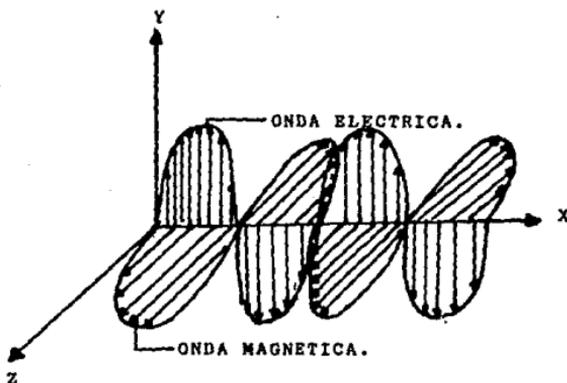
RADIOPROPAGACION DE EMISIONES RADIOELECTRICAS

2.1 NATURALEZA FISICA DE LAS ONDAS RADIOELECTRICAS.

La existencia de las ondas radioeléctricas como la de buen número de fenómenos físicos importantes, ha sido puesto en evidencia teóricamente antes que en la práctica. En efecto, Maxwell en su teoría electromagnética de la luz, establecida entre 1867 y 1873, había predicho la existencia en el espectro de las ondas electromagnéticas, pero fue en 1887 cuando Hertz produjo por vez primera en su laboratorio las ondas radioeléctricas que primero se conocieron con el nombre de ondas hertzianas.

La naturaleza física de las ondas radioeléctricas se análoga a la de las ondas luminosas. Se trata en ambos casos de radiaciones electromagnéticas que se propagan en el espacio libre con la misma velocidad, a saber, 300000 Km por segundo, aproximadamente. Como las ondas radioeléctricas engendradas artificialmente son coherentes en fase, se puede sacar partiendo del fenómeno de resonancia, esto es, de acumular la energía durante varios ciclos, en un receptor convenientemente sintonizado.

La energía radiada por un emisor produce en cualquier punto alrededor de este emisor un campo eléctrico y un campo magnético cuya combinación forma el campo electromagnético.



Onda electromagnética plana

Los dos campos eléctrico y magnético, cuya intensidad varia según la misma función periódica, son perpendiculares entre sí y ambos son perpendiculares a la dirección de propagación; se propagan en línea recta a la velocidad de la luz.

Se llama frecuencia F al número de oscilaciones, esto es de ciclos por segundo, de la función periódica.

Longitud de onda λ en el intervalo, en metros, que separa a dos puntos de igual fase de la sinusoide que representa la función periódica.

La velocidad de propagación C o dicho de otro modo, el espacio en metros recorrido en un segundo, se da por la expresión:

$$C = F \lambda$$

En la que C es una constante ($3 \cdot 10^8$ m/s). Esta expresión que define la relación que existe entre la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda, permite obtener el valor de la frecuencia conociendo la longitud de onda.

2.2 DIVISION DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS RADIOELECTRICAS EN GRANDES BANDAS.

La propagación de las ondas radioeléctricas esta influida por la naturaleza del medio en que se efectua y depende de la frecuencia de onda utilizada.

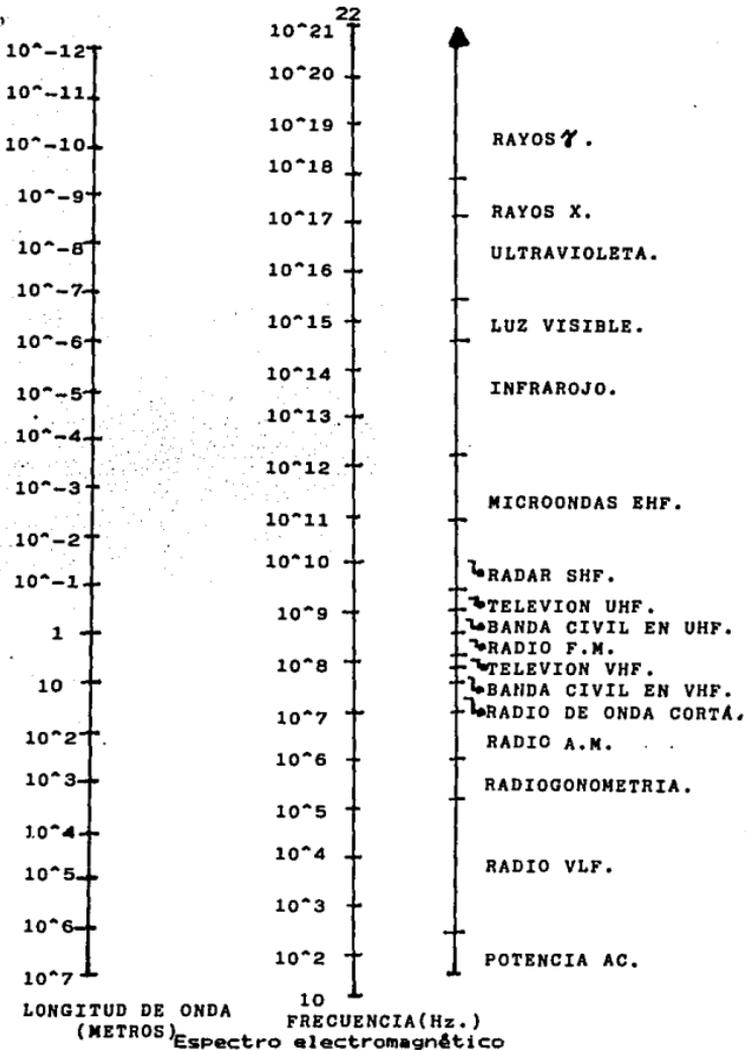
La práctica de las radiocomunicaciones, varía pues, considerablemente según la gama de ondas que se utilice. Ha habido así que dividir la escala de las frecuencias radioelectricas en varias bandas, caracterizadas por medios de propagación muy diferentes y designadas por numeros enteros consecutivos.

En el cuadro se indica la división en grandes bandas del espectro de frecuencias, habida cuenta de los diferentes modos de propagación de ondas.

NUMERO DE LA BANDA	GAMA DE FRECUENCIAS	SUBDIVISION METRICA	ABREVIATURAS
4	3 a 300 kHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	VLF
5	30 a 300 kHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	LF
6	300 a 3000 kHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	MF
7	3 a 30 MHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	HF
8	30 a 300 MHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	VHF
9	300 a 3000 MHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	UHF
10	3 a 30 GHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	SHF
11	30 a 300 GHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	EHF
12	300 a 3000 GHz	ONDAS MIRIAMETRICAS	

En el cuadro anterior, las frecuencias estan expresadas:

- En kilohertzios (kHz), hasta 3000 kHz inclusive.
- En megahertzios (MHz), por encima de esta frecuencia hasta 3000 MHz inclusive.
- En gigahertzios (GHz), a partir de esta ultima frecuencia hasta 3000 GHz inclusive.



2.3 ONDAS DE SUPERFICIE Y ONDA IONOSFERICA.

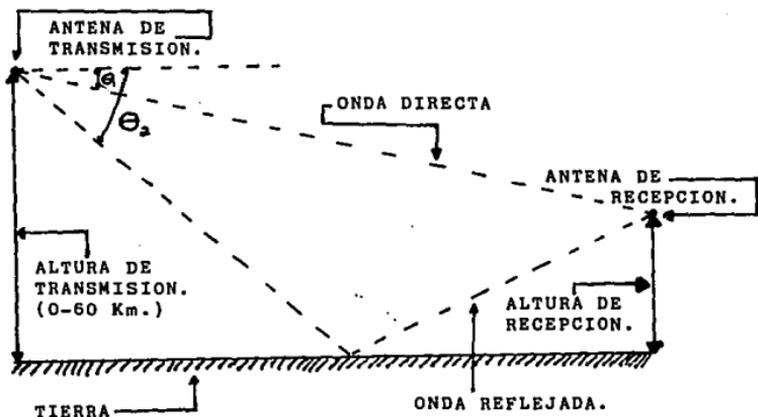
Se toma como referencia la propagación en el espacio libre, es decir, que por regla general, se comparan las condiciones de propagación en un caso determinado con lo que habría sucedido si la energía transmitida desde un emisor a un receptor situados ambos en el espacio libre se hubiese propagado a través de dicho espacio libre, o lo que es lo mismo, en el vacío. Este concepto adquiere tanto mayor importancia cuanto más elevada es la frecuencia. En las frecuencias superiores a unos 30 MHz, la propagación en el espacio libre suele ser una buena aproximación de la realidad, incluso en las comunicaciones entre dos puntos fijos situados en la superficie de la tierra.

En las frecuencias inferiores a unos 30 MHz, se consideran dos modos de propagación:

- a) Propagación en la superficie de la Tierra, por una onda de superficie u onda directa;
- b) Propagación por reflexión en las capas ionizadas de la alta atmósfera, es decir, por una onda ionosférica u onda indirecta.

La existencia de la onda ionosférica depende del grado de ionización de las capas elevadas de la atmósfera y de la frecuencia de la onda utilizada. Por consiguiente, en un punto de recepción dado existe un campo creado:

- Ya sea por la sola acción de la propagación por onda de superficie, habiendo sido la onda ionosférica completamente absorbida en las capas ionizadas de la atmósfera o habiéndolas atravesado de parte a parte;
- Y sea por la sola acción de la propagación por onda ionosférica llegada al suelo después de reflexión en las capas ionizadas, habiendo sido fuertemente absorbida la onda de superficie a lo largo del trayecto;
- O por la resultante de las acciones de la onda de superficie y de la onda ionosférica reflejada.



La atenuación de la intensidad de la señal radioeléctrica transmitida por la onda de superficie depende de las características eléctricas del suelo y de la frecuencia de onda: la atenuación es menor en las superficies cuya conductividad eléctrica es elevada, como la del mar. En muy bajas frecuencias, las ondas de superficie se propagan a muy largas distancias. Cuando la frecuencia aumenta, la onda de superficie se atenúa más y más; en las frecuencias de las bandas de ondas decamétricas, solo puede utilizarse a distancias muy cortas.

Con antenas de construcción especial, la energía emitida puede concentrarse en un sector relativamente estrecho y favorecer así la propagación por onda de superficie y por onda ionosférica, según el tipo de radiocomunicación considerado.

2.4 REGIONES DE LA ATMOSFERA.

Desde el punto de vista de la propagación de las ondas radioeléctricas se distinguen dos regiones atmosféricas principales:

a) La troposfera.- La troposfera es la región de la atmósfera que está en contacto con el suelo. En ella se encuentran los hidrometeoros (nubes, lluvias, nieve, etc.) y se caracteriza por ciertos parámetros definidos, para una atmósfera patrón. Su límite superior (tropopausa) se halla a unos 17 km de altitud en el ecuador y a unos 6 km en los polos.

En las latitudes medias, la altitud de esta superficie de separación varia con las condiciones atmosféricas, en las zonas de alta presión (anticiclones) es de unos 13 km, y en las dispersiones desciende hasta menos de 7 Km. La corriente dieléctrica de la tropósfera es ligeramente superior a la unidad debido a la presencia de moléculas gaseosas y, en particular, de vapor de agua cuya constante dieléctrica es elevada.

b) La ionósfera. - A ras del suelo, la ionización de la atmósfera es muy debil. No es apreciable si no a partir de unos 60 Km de altitud. Para pasar por un máximo y anularse fuera de los límites extremos de la atmósfera. Las diferentes capas en las que la ionización es mas intensa forman la ionósfera, cuyos límites se extienden entre 60 y 500 Km aproximadamente.

A mayor altitud, la ionización decrece de nuevo a causa de la disminución de la presión del aire.

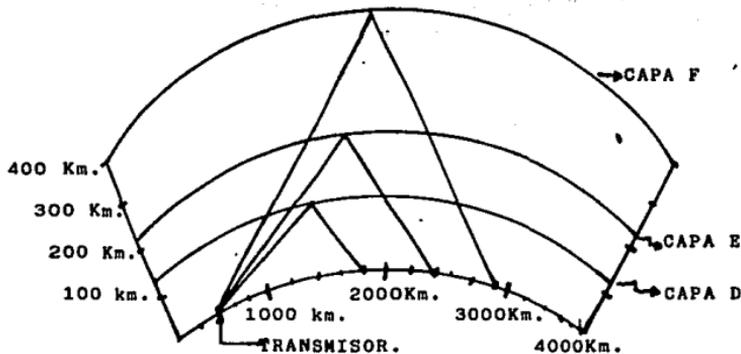
Las capas ionizadas no estan natamente separadas unas de otras; forman en la atmósfera una zona continua no uniformemente ionizada y que presenta, por lo menos, cuatro niveles de densidad creciente de electrones libres.

La densidad electrónica y la altitud de los diferentes niveles no son constantes en el tiempo y son función del emplazamiento geográfico. Los cuatro niveles principales suelen designarse como sigue:

- Capa D, 65-85 Km aproximadamente; densidad electrónica sensible a las erupciones solares; existe principalmente durante las horas del dia;

- Capa E, a 90-130 Km aproximadamente: se caracteriza por una gran regularidad desde el punto de vista de formación y del comportamiento; su altitud es máxima en invierno; a unos 100-120 Km de altitud se encuentra, a veces, una capa E cuya ionización puede ser tan intensa como la de la capa F2.
- Capa F1, a 150-250 Km aproximadamente: existe principalmente durante las horas del día; su altitud máxima se sitúa en invierno;
- Capa F2, a 220-450 Km aproximadamente: esta capa es la mas inestable; su altitud varía con la actividad solar: 220-290 Km con actividad solar maxima; 290-450 Km con actividad solar mínima; el valor mas elevado corresponde al verano.

Las capas F1 y F2 constituyen la región F. Su separación es mayor cuando el sol esta mas alto en el horizonte.



Capas ionosféricas

2.5 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA PROPAGACION DE LAS ONDAS RADIOELECTRICAS EN FUNCION DE SU FRECUENCIA.

Propagación de las ondas de frecuencias inferiores a unos 300 kHz.

Las ondas de frecuencias inferiores a 30 kHz contornean los obstáculos y el suelo las absorbe muy poco. Se propagan por onda de superficie lo mismo de día que de noche, con bastante regularidad, entre la superficie de la Tierra una capa baja y poco ionizada de la atmósfera. Por la estabilidad de su propagación, las frecuencias de esta gama convienen a los sistemas de radionavegación de largo alcance y a las emisiones de frecuencia patrón. Gracias a su profundidad de penetración, estas ondas se utilizan para las comunicaciones con los submarinos sumergidos.

Las ondas de frecuencias comprendidas entre los 30 y 300 KHz aproximadamente se atenúan poco en su propagación a lo largo del suelo. Sin embargo, aparece la propagación por onda ionosférica y de lugar a desvanecimientos de la señal a largas distancias del transmisor. Las frecuencias de esta gama convienen más especialmente a las emisiones de frecuencias patrón, así como a los sistemas de radionavegación de largo alcance (Decá Loran) y a los radiofaros.

Propagación de ondas de frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 kHz, aproximadamente.

Las ondas hectométricas son mas absorvidas por el suelo que las ondas kilométricas, pero dan aun rayos directos utilizables, sobre todo cuando la frecuencia esta comprendida entre 300 y 1500 KHz. La onda de superficie, estable de día y de noche, resulta inutilizable a distancias que dependen de la frecuencia, de la potencia empleada y de la naturaleza del suelo a lo larga del trayecto de propagación. En estas frecuencias durante el día solo se recibe la onda de superficie quedando totalmente absorvida, la onda ionosférica en las capas inferiores de la ionósfera pero en cuanto el sol se pone esta absorción es menos importante y la onda ionosférica se hace preponderante a distancias del emisor bastante cortas.

Propagación de las ondas de frecuencias comprendidas entre 3 y 30 MHz aproximadamente.

La onda de superficie es absorbida con tanta mayor rapidez cuanto mas elevada es la frecuencia. A partir de 1500 KHz se utiliza cada vez menos la onda de superficie, a causa de la importante atenuación que experimenta a medida que aumenta la frecuencia. La propagación de la onda ionosférica pasa entonces a ser el modo de transmisión preponderante. El servicio lo asegura la onda ionosférica, que llega a distancias muy grandes gracias a una serie de reflexiones en las capas ionizadas.

Con la primera reflexión se produce fuera de los límites del alcance de la onda de superficie del emisor, se observa la presencia de una vasta zona de silencio.

Por encima de 30 MHz, cuanto mas elevada es la frecuencia mas permisible se hace la ionósfera a onda ionósferica, y a partir de unos 60 MHz se pueda considerar que la ionósfera deja de comportarse como un reflector.

Por lo tanto, las frecuencias mas elevadas del espectro (ondas métricas, decimétricas y centimétricas) se utilizan para enlaces con visibilidad directa los cuales debido a la curvatura de la tierra solo pueden franquear grandes distancias si emplean relevadores radioeléctricos. Sin embargo, por medio de la técnica de la dispersión troposferica, se pueden realizar enlaces radioeléctricos en trayectos que se extienden bastante mas allá del horizonte óptico. A estos enlaces, se les denomina enlaces transorientes.

ANTENAS

3.1 CARACTERISTICAS GENERALES.

La función principal de las antenas receptoras en las estaciones de comprobación técnica consiste en extraer la máxima energía posible de la señal deseada que se propaga a través de la atmósfera, y aplicar esta señal a la entrada del receptor de comprobación técnica, garantizando al mismo tiempo una captación mínima de ruido y de señales interferentes. Las características específicas de una antena de comprobación técnica estarán en gran medida determinadas por el tiempo de aplicación particular de que se trate. Al escoger una antena de comprobación técnica, es preciso tener en cuenta factores tales como las propiedades de la señal deseada, los parámetros que se proyecta estudiar, las características relativas al emplazamiento en que va a ser instalada y todas las posibles interferencias.

Para obtener la mejor recepción posible, la polarización de las antenas debe corresponder a la del frente de onda de la señal recibida, y su impedancia debe adaptarse a la de las líneas de transmisión y circuitos de entrada del receptor, a fin de lograr una transferencia máxima de la energía.

Los diagramas de recepción omnidireccionales han demostrado su utilidad en la comprobación técnica general o para determinaciones del espectro de radiofrecuencia.

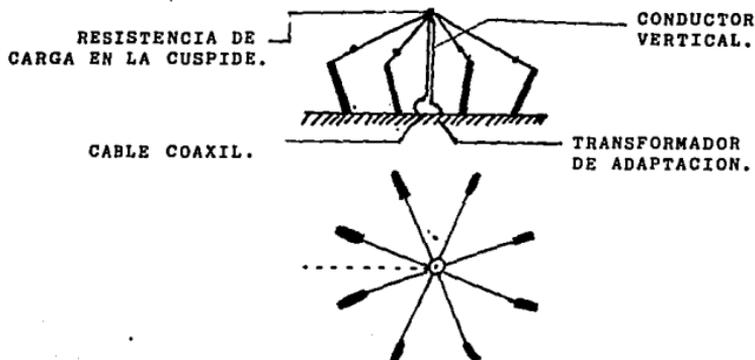
En cambio, cuando se trata de observar una señal específica en frecuencias compartidas, puede ser conveniente utilizar antenas direccionales que permitan anular una o más de las señales interferentes o reforzar la señal deseada. Para determinado tipo de observaciones, tales como los estudios de intensidad de campo, conviene que las propiedades de la antena utilizada en función de frecuencia, sean conocidas y no varíen en el tiempo. Como no existe ningún tipo de antena que reúna todas las características necesarias para una recepción eficaz de toda clase de señales de radiofrecuencia, las estaciones de comprobación técnica deben equiparse de distintas antenas.

En lo que sigue se describen, agrupados según la gama de trabajo, los distintos tipos de antenas que ofrecen mayor utilidad.

3.2 ANTENAS PARA ONDAS KILOMÉTRICAS Y MIRIAMÉTRICAS.

Antenas omnidireccionales para ondas kilométricas y miriamétricas.

Habida cuenta de las longitudes de onda extremadamente grandes que corresponden a la gama de las ondas kilométricas y ----- miriamétricas (del orden de 10^4 m para una frecuencia de 30 kHz), será necesario utilizar antenas para estas frecuencias cuya longitud sea una pequeña fracción de la longitud de la onda. Como por lo general las señales en estas bandas están polarizadas verticalmente, suele utilizarse para la recepción antenas verticales. Una antena vertical sencilla cuya longitud representa solo un reducido porcentaje del cuarto de la longitud de onda posee una impedancia elevada y esencialmente reactiva. Las antenas de este tipo ofrecen por lo general muy bajo rendimiento en la transferencia de energía hacia el receptor a menos que se utilice algún sistema de sintonización o de adaptación de impedancia. En la práctica, la impedancia de la antena vertical se suele reducir añadiéndole una sección capacitiva de carga en el extremo superior. Esta puede consistir en un segmento horizontal único (Antena de L invertida), dos segmentos horizontales simétricos (Antenas en T), o en una serie de segmentos radiales coplanares o generatrices de una superficie cónica (antenas planas y antenas de sombrilla). En la figura siguiente puede apreciarse una antena vertical típica, con carga terminal.



Antena vertical omnidireccional cargada.

En los últimos años se han logrado importantes progresos en materia de antenas integradas subminiaturizadas. En estas antenas se emplea un órgano activo de bajo nivel de ruido para adaptar la impedancia de una antena, de reducidas dimensiones eléctricas, a la línea de transmisión. Cuando las dimensiones del elemento de la antena están limitadas físicamente a una porción reducida de una longitud de onda, como sucede en las bandas de ondas kilométricas y miriamétricas, la antena integrada ofrece normalmente una señal mucho mayor que la que se obtendría conectando directamente la antena al receptor. Esta ganancia se obtiene a expensas de la relación señal/ruido y de una propensión a los fenómenos de intermodulación y de modulación cruzada en los circuitos activos.

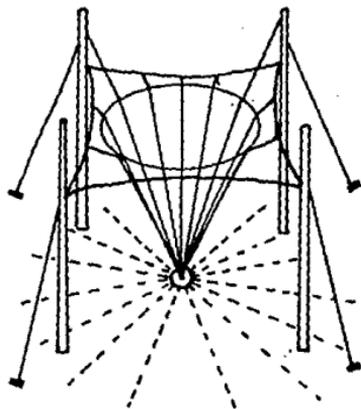
3.3 ANTENAS PARA ONDAS HECTOMETRICAS Y DECAMETRICAS.

Antenas omnidireccionales para ondas hectométricas y decamétricas.

A medida que aumenta la frecuencia en estas bandas, se hace mas visible una realización proxima al elemento de un cuarto de longitud de onda. Es frecuente el empleo de antenas verticales con carga terminal en la banda de ondas hectométricas asi como en la parte inferior de la banda de ondas decamétricas, recurriendo, por lo general, a disposiciones en T o en L invertida. Como la impedancia de las antenas lineales varia con la frecuencia en un grado que depende esencialmente de la relación entre la longitud y la anchura o el espesor, es muy corriente el empleo de diversos tipos que consisten en varios hilos en paralelo, que aumenten el espesor aparente de la antena. Estas antenas multifiliares pueden revestir la forma de un simple rectangulo o cilindro de hilos en paralelo, las formas mas complicadas de unipolos conicos y de conos invertidos. Las anchuras de banda son del orden de 2.5:1 en el caso de las antenas verticales, del orden de 4:1 en el caso de los unipolos cónicos y del orden de 16:1 en el caso de buenas antenas en cono invertido, en el cuadro se indican las caracterfsticas de una antena de cono invertido adecuada para recibir entre 2 y 32 MHz.

Características de una antena en cono invertido	
Gama de frecuencias	2 a 32 MHz.
Polarización	Vertical.
Ganancia	4 dB.
Relación de ondas estacionarias	2:1 como max.
Impedancia de entrada	50 Ω
Diagrama	circular con - una tolerancia de 0.8 dB hor.
Altura	23 m (74 pies)
Superficie necesaria	6470 m ²
Radio de la contraseña	37.5 m (123 ft)

La figura ilustra la disposición de los postes de soporte y de la contraseña.



Antena en cono invertido.

La figura muestra otro tipo de antena omnidireccional para ondas decamétricas que consiste en un conjunto de tres antenas no acopladas, utilizables entre 1.5 a 30 MHz.

Este conjunto se compone de dos dipolos horizontales y de una antena vertical y requiere poco espacio.

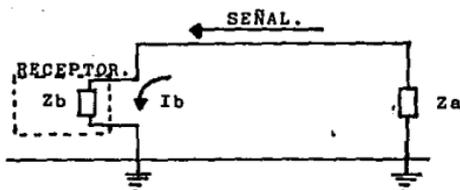
La antena vertical que representa un diagrama de radiación horizontal es suficiente para la recepción de las ondas que llegan con ángulos de elevación comprendidos entre 0° y 65° ; es pues, indicada para la recepción de ondas de superficie polarizadas verticalmente.

Los dos dipolos horizontales presentan un diagrama vertical cuyo lóbulo principal se sitúa en un ángulo de elevación de 25° (apertura a potencia mitad $\pm 15^{\circ}$).

Antenas directivas para ondas decamétricas y hectométricas.

Existen diversos tipos de antenas con propiedades directivas en las bandas de ondas decamétricas y hectométricas. Las antenas Beverage, en V, rombicaz, de dobles y log-periódicas, ofrecen características que las hacen útiles para determinado tipo de cobertura directiva. A menudo la elección viene determinada por consideraciones ajenas a los problemas de diagramas de directividad, que pueden ser, entre otras, la complejidad de construcción, la superficie necesaria para la instalación, y el mantenimiento de la estructura completa.

Cuando el espacio disponible lo permite, la antena Beverage que se ilustra en la siguiente figura, constituye una buena antena directiva para la banda de ondas decamétricas.



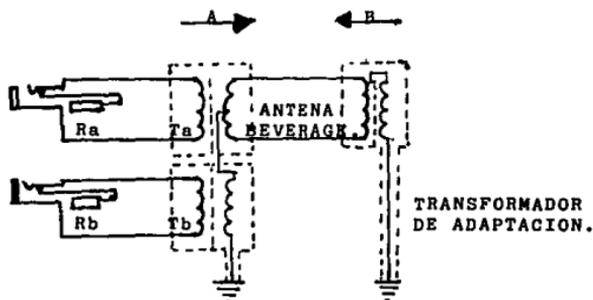
Antena Beverage unifilar.

La antena Beverage extrae la componente tangencial de la onda vertical incidente que se va inclinando a medida que se propaga sobre un suelo de baja conductividad. Para un funcionamiento unidireccional se hace terminal uno de los extremos de la antena en su impedancia característica, absorbera así toda la energía inducida que se propaga a lo largo de la antena hacia la terminación. Esta antena ofrece una buena ganancia y una excelente directividad en una gama cuyas frecuencias extremas están en la relación 4:1 y su longitud está comprendida entre media longitud de onda y dos longitudes de onda.

Ofrece buen rendimiento y bajo costo de construcción, siendo confiable y duradera.

Entre sus desventajas figura la necesidad de disponer de unos 500 m para trabajar en ondas decamétricas y de excelentes tomas de tierra en cada extremo del sistema, condiciones que pueden resultar difíciles de lograr en suelos de poca conductividad. La altura óptima de esta antena es de unos tres metros por encima del suelo pues reduce los efectos de las variaciones de las características eléctricas y la humedad del suelo.

Una variante interesante de la antena de Beverage emplea una línea de transmisión bifilar simétrica como elemento horizontal. Esta línea de transmisión se encuentra terminada en uno de los extremos por un transformador de reflexión que adapta la impedancia entre líneas a la impedancia asimétrica entre las líneas y tierra. El otro extremo de la antena lleva un transformador para extraer la señal que aparece en ambas líneas, y la lleva al receptor. Esta configuración, ilustrada en el siguiente esquema, permite una recepción direccional simultáneamente en ambos sentidos, disponiéndose de ambas salidas en el mismo extremo de la línea.

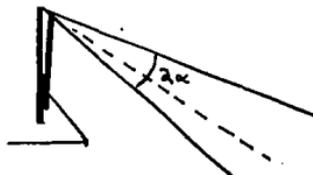


Esquema de conexión de los transformadores terminales de la antena Beverage con dos conductores para recepción unidireccional simultánea en ambos sentidos.

Un tipo de antena que resulta fácil de construir y que ofrece buenas características directivas es la antena en V inclinada. Combina el diagrama de recepción de dos conductores largos alimentados con corrientes iguales pero defasadas 180° , para obtener un diagrama lobular. En su configuración más difundida, los dos conductores se seleccionan entre una serie de radios que se extienden desde un poste central elevado hasta resistencias de terminación cerca del suelo. Los pares de conductores se combinan para producir un lóbulo unidireccional cuyo eje coincide con la bisectriz del ángulo formado por los dos conductores.

La ganancia y el ángulo formado por los hilos adyacentes depende de la longitud de los conductores expresada en longitudes de onda, lo que limita el empleo eficaz de esta antena a una relación de 3:1 entre frecuencias extremas de la gama de funcionamiento en la banda de ondas decamétricas.

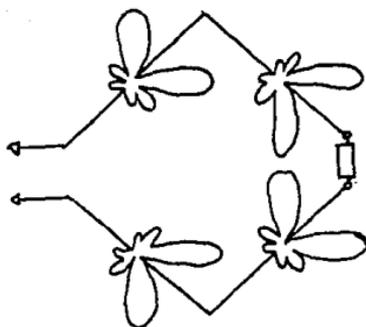
La inclinación de esta antena, que forma un ángulo reducido con el plano horizontal, proporciona una buena ganancia tanto para las ondas de superficie como para las ondas ionosféricas de pequeño ángulo. Ajustando la altura del poste central es posible variar el ángulo de máxima captación. El valor de este ángulo es máximo cuando la antena se instala de forma que cada elemento sea horizontal. Las antenas en V horizontal se utilizan a veces en sistemas horizontales o verticales con una separación de media longitud de onda entre cada elemento en V, o en sistemas diagonales con una separación de un cuarto de longitud de onda. La disposición general de la antena en V inclinada se ilustra en la siguiente figura:



LINEA DE TRANSMISION DE
IMPEDANCIA QUE DECRECE
PROGRESIVAMENTE DE
500Ω a 600Ω

Antena inclinada en V - Disposición general.

La evolución de las antenas filiformes culminó con las antenas rombicadas, que, en esencia, están formadas por dos antenas horizontales en V unidas por el lado mayor. Los diagramas de recepción de los elementos de la antena rombicada se combinan como se muestra en la siguiente figura, para obtener un lóbulo unidireccional bien definido:



a) Diagrama de radiación individuales.



b) Diagrama de radiación resultante.

Un vértice del rombo se encuentra terminado en la impedancia característica de la antena a fin de obtener una respuesta no resonante y la recepción en la dirección deseada, mientras que el otro vértice está unido al receptor a través de una línea de transmisión simétrica. Según la práctica actual se construye cada uno de los cuatro elementos de la antena róbica empleando tres hilos, que se disponen en abanicos a partir del vértice del rombo hacia los postes laterales. Esta construcción ofrece una mejor adaptación de impedancias y reduce la relación de ondas estacionarias de la antena.

La ganancia de la antena róbica, así como los valores de los semiángulos agudos y obtusos correspondientes al valor máximo de dicha ganancia, y el ángulo de elevación de máxima radiación dependen directamente de la longitud de los elementos con respecto a la longitud de onda.

El ángulo de elevación del lóbulo principal depende asimismo de la altura de la estructura de la antena por encima del suelo. La ganancia y el ángulo vertical del lóbulo principal varían en función de la frecuencia para una longitud de los elementos y una geometría de la antena determinadas. Esto limita el empleo de la antena a una gama de frecuencias en que las frecuencias extremas están, aproximadamente, en la relación 2:1, para lograr una buena directividad y una buena ganancia para frecuencias comprendidas entre 4 y 22 MHz. Pueden tener sin embargo resultados bastante buenos en una gama de frecuencias en que dicha relación sea de 4:1 o 5:1. Se han elaborado numerosos abacos y diagramas que permiten proyectar con bastante precisión antenas rombicas para enlaces de telecomunicaciones entre puntos fijos o para una aplicación específica en recepción, destinadas a funcionar en una banda determinada de frecuencias. Cuando es preciso recibir señales procedentes de varias estaciones que transmitan en frecuencias diferentes y situadas a distancias también diferentes hay que recurrir a soluciones de compromiso en la realización de cada antena.

3.4 ANTENAS PARA ONDAS METRICAS Y DECIMETRICAS.

Las condiciones de propagación que se representan en las bandas de ondas métricas y decimétricas limitan por lo general la recepción a distancias correspondientes a trayectos con visibilidad directa.

A fin de aumentar el alcance en recepción, las antenas para estas gamas de frecuencias suelen instalarse en lo alto de una torre situada cerca del local de la estación de comprobación técnica. De esta manera se logran mantener reducidas las pérdidas de la línea coaxial, que adquieren importancia a estas frecuencias, en muchos casos y a fin de comprender la mayor pérdida de transmisión que se produce en estas bandas conviene utilizar antenas directivas de elevada ganancia en vez de antenas omnidireccionales de poca ganancia. Las dimensiones de las antenas directivas para las ondas métricas y decimétricas suelen ser lo suficientemente pequeñas como para que se puedan orientar a distancia, lo cual permite recibir emisiones procedentes de distintos lugares y determinar la dirección aproximada de la recepción.

Antenas omnidireccionales para ondas métricas y decimétricas.

Un tipo de antena que resulta adecuado para su empleo en la gama de ondas métricas y decimétricas es la antena disco o monopolo vertical de banda ancha. Esta antena consiste en una estructura cónica rematada por un disco o por elementos radiales, alimentada en la unión del vertice del cono con el centro del disco. El monopolo resultante presenta un diagrama de radiación uniforme en el plano horizontal y una excelente abertura angular del lóbulo principal en el plano vertical para una gama de frecuencias cuya relación entre frecuencias extremas puede llegar hasta 10:1.

El ángulo comprendido de la estructura determina la impedancia de la antena y puede ajustarse fácilmente a un valor nominal de 50 o de 75 ohms. La anchura de banda para un determinado valor de la relación de ondas estacionarias viene determinada por la relación entre la longitud del cono y su diámetro mínimo. Esta relación se hace en la práctica lo mas grande posible a fin de lograr la máxima anchura de banda. La longitud del lado del cono debe ser como mínimo igual a un cuarto de longitud de onda a la frecuencia mas baja en que se utilice la antena.

Antenas directivas para ondas métricas y decimétricas.

En las bandas de ondas métricas y decimétricas, la necesidad de disponer de antenas con una reducida relación de ondas estacionarias y diagramas uniformes ha conducido a la realización de redes directivas de estructuras que se repiten periódicamente en función del logaritmo de la frecuencia (es por ello que se denominan log-periódicas).

Pueden construirse redes de este tipo con una ganancia moderada (de unos 10 dB por lo general) con buena directividad (relación de radiación delante/atras de 14 dB por lo general), y un diagrama que permanece uniforme en una gama de frecuencias de relación entre frecuencias extremas de hasta 10:1. El diagrama de radiación es por lo general amplio, aproximándose al de una antena formada por un dipolo con un elemento reflector y un elemento director en casi toda la gama de frecuencias.

La característica uniforme de las ganancias del diagrama de radiación y de la impedancia de esta antena, hacen que resulte adecuada para combinarse en redes de banda ancha que permiten lograr configuraciones altamente directivas. En especial, la antena log-periódica se presta muy bien a su empleo como iluminador de reflectores parabólicos para ondas decimétricas cuando se necesita de disponer de haces muy estrechos.

Esta antena se construye por lo general empleando una serie de elementos radiantes alimentados por una línea de transmisión central que al mismo tiempo le sirve de soporte. Los elementos de cada dipolo individual se construyen de manera que ofrescan, con la mayor uniformidad posible, las características deseables en una reducida porción de la gama total de frecuencias de trabajo de la antena. Se reproducen estos elementos individuales a intervalos proorcionales al logaritmo de la frecuencia. El número de intervalos depende de la ganancia y de la relación de ondas estacionarias que debe presentar el sistema completo.

La superposición de las características de los elementos individuales del sistema produce una zona activa formada por varios elementos adyacentes que se desplazan regularmente a lo largo de la estructura a medida que varia la frecuencia.

La relación de ondas estacionarias de la antena depende directamente, para una determinada frecuencia, del número de elementos de la zona activa y de su rendimiento en la transferencia de energía entre la onda electromagnética y la línea de transmisión.

Diversos fabricantes ofrecen antenas log-periódicas completas de banda ancha o de banda estrecha para servicios especiales. Entre otras fuentes, la bibliografía y el Manual de Antenas Directivas Para Ondas Decimétricas de la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T. mencionan publicaciones en las que figura información detallada para la realización de estas antenas.

EQUIPO MINIMO INDISPENSABLE EN UNA ESTACION DE COMPROBACION TECNICA.

4.1 CARACTERISTICAS GENERALES.

El equipo necesario para una estación de comprobación técnica puede comprender aparatos de uso general para la comprobación de frecuencias, emisiones, intensidad de campo, etcetera, así como los instrumentos indispensables para hacer mediciones y observaciones particulares, tales como medición de anchura de banda, identificación de transmisiones desconocidas, etc.

La cuestión de saber si una estación de comprobación técnica debe disponer de tal o cual aparato depende en gran medida de la misión que haya de cumplir, de la organización de los servicios radioeléctricos del país y, en último término, si bien no menos importante, de la naturaleza y calidad de los resultados deseados o que se juzgen necesarios a los efectos de comprobación técnica de los emisores.

Funciones que ha de cumplir una estación de comprobación técnica.

Elección de frecuencias para nuevas vías de comunicación.

Es conveniente estudiar durante un período suficientemente largo la utilización del espectro radioeléctrico en la banda considerada, a fin de poder elegir frecuencias cuyo uso no ocasiona interferencias a servicios ya autorizados.

Esta operación es de la mayor importancia para las administraciones y las empresas privadas de explotación, puesto que del cuidado con que se efectue la elección de las frecuencias dependerán en gran parte de la calidad del enlace y el mayor o menor número de incidentes en la explotación.

Se denomina comprobación técnica de las emisiones al control que se ejerce, periódicamente o cada vez que parezca necesaria una verificación, sobre los transmisores nacionales o, en su caso, sobre los países correspondientes. Esta comprobación técnica consiste:

- En medir las frecuencias y las anchuras de banda de las emisiones.
- En verificar la calidad de la modulación.
- En verificar la ausencia de radiaciones no esenciales y eventualmente, en medir la intensidad de campo radiada.

Mediciones relativas a interferencias.

En todos los casos de interferencia que afectan a un enlace, es necesario intervenir lo antes posible a fin de:

- Determinar las causas de la interferencia;
- Identificar la emisión perturbadora;
- Determinar sus características técnicas;
- Proponer medidas para eliminar la interferencia.

Participación en el sistema internacional de comprobación técnica de las emisiones.

Además de la asistencia que debe estar en condiciones de facilitar a un país o a otra estación de comprobación técnica, toda estación de comprobación ha de poder participar en el sistema internacional de comprobación técnica de las emisiones, en las condiciones fijadas en el artículo 20 del Reglamento de Radiocomunicaciones, Ginebra.

Esta participación consiste en efectuar todas las comprobaciones solicitadas por la Junta Internacional de Registro de Frecuencias de la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T.

El equipo mínimo necesario en una estación de comprobación técnica es un receptor calibrado en frecuencia, con una precisión de funcionamiento de por lo menos 10^{-4} (lo que representa 1 kHz en la frecuencia de 10 MHz), y una antena adaptada. Ello permite, por ejemplo, identificar una estación transmisora que funcione en las bandas de frecuencia clásicas, determinar el grado de ocupación del espectro en determinadas horas y evaluar la calidad de una transmisión según el código SINPFEMO.

En virtud de lo dispuesto en el No. 1879 del Reglamento de Radiocomunicaciones, Ginebra, se deja a la administración interesada en el cuidado de decidir si cada una de sus estaciones de comprobación técnica debe participar plenamente, o en una medida limitada, en el sistema internacional de comprobación técnica de las emisiones.

Una vez decidida la participación de una estación en dicho sistema, la precisión de sus mediciones y su funcionamiento deben ajustarse a las exigencias derivadas de las normas técnicas óptimas aplicables a las estaciones de comprobación técnica. Tales normas constituyen el objetivo de Recomendaciones de la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T. De manera general, se partirá del principio de que la precisión de las mediciones debe ser una década mejor que la de la estación transmisora que hay que observar.

Aunque es posible efectuar ciertas operaciones de comprobación incluso de material más sencillo y menos costoso (a saber, un receptor y una antena apropiada), a continuación se indica el equipo que puede considerarse básico para cumplir las más importantes funciones de comprobación técnica de las emisiones.

4.2 RECEPTORES.

Los aparatos más importantes en las estaciones de comprobación técnica son los receptores.

Hay que disponer de receptores que cubran como mínimo la gama de 100 kHz a 30MHz y que aseguren, en caso necesario, la cobertura de una gama mas extensa. Al elegir los receptores, se debe tener en cuenta la posibilidad de recibir todas las clases de emisión que se han de comprobar (por ejemplo, telefonía de banda lateral única). Conviene también prever diversos grados de selectividad, por ejemplo una anchura de banda en los puntos de 40 dB de 1 kHz, o incluso bastante menos, hasta 12 kHz o más.

En las frecuencias como máximo iguales a 30 MHz, deben exigirse de los receptores de comprobación todas las cualidades que poseen normalmente los receptores de las grandes estaciones de recepción, mas una buena precisión en el ajuste de la frecuencia (mejor que 500 Hz para los receptores de tráfico y que 1 kHz para los receptores de radiodifusión), una sintonización rápida y el mínimo de conmutaciones de bandas de frecuencias.

En general, los receptores deben ser robustos, de fácil manejo y de mantenimiento simple. La mayor parte de los receptores comerciales de comunicaciones satisfacen estas exigencias y pueden emplearse facilmente para el servicio de comprobación general. Dado que, para ciertas mediciones corrientes, debe ser posible utilizar los receptores sin dispositivos auxiliares, es conveniente que posean además de las siguientes propiedades:

- Adecuada sensibilidad;
- Adecuada selectividad;
- Ausencia de respuestas parasitas;
- Gran estabilidad del oscilador;
- Una selectividad variable por conmutación en los pasos de frecuencia intermedia;
- Buenas características de control automático de ganancia;
- Una buena respuesta de baja frecuencia;
- Un dial de sintonización calibrado con precisión;
- Estabilidad suficiente con respecto a las variaciones de temperatura (ventilación) o de la corriente de alimentación.

Para poder conectar el receptor a aparatos suplementarios, tales como dispositivos de manipulación de radioteleimpresor, osciloscopio, etc., es conveniente que la salida de frecuencia intermedia sea accesible con baja impedancia, a través de pasos separadores.

Se recomienda, para poder registrar la tensión de entrada de una emisión recibida, proveer al receptor de una salida de tensión de control automático de ganancia, a la que se pueda conectar un registrador de corriente continua. Es útil además, especialmente en las bandas de frecuencia más elevadas, insertar un regulador de entrada (alternador) cuya función sea la de eliminar las frecuencias parasitas debidas a la presencia de señales de nivel elevado en la entrada del receptor.

Estas salidas suplementarias permiten utilizar el receptor para numerosas tareas en una estación de comprobación técnica. Si el receptor debe funcionar como un registrador mecánico de barrido de frecuencia, es conveniente velar por que no resbalen los dispositivos de sintonización del receptor y permitan un funcionamiento continuo.

Para las tareas generales de comprobación técnica, la precisión mínima de lectura del receptor debe ser, por lo menos, de 10^{-4} (esto es, 1 kHz en la frecuencia de 10 MHz).

4.3 ANTENAS.

Teóricamente, toda estación de comprobación técnica debe ser capaz de recibir y de identificar cualquier señal que pueda causar interferencias en la zona en que la estación ejerce su control. Esto supone que la estación ha de disponer de antenas apropiadas por lo menos en la gama de frecuencias de 100 kHz y 1000 MHz. Las antenas mencionadas a continuación se han revelado las más convenientes para las diferentes bandas de frecuencias:

- Antenas verticales o en L invertida, para la recepción general de ondas largas y medias;
- Antenas omnidireccionales de banda ancha para la exploración rápida, o bien antenas rómbicas de banda ancha, antenas en V invertida, dipolos horizontales, antenas Beverage, antenas logarítmicas y sistemas complejos de dipolos sintonizados, para las frecuencias superiores a 30 MHz;

- Antenas radiogoniométricas, que permitan obtener marcaciones o punto nulo de una emisión interferente.

Todas las antenas exigen una ubicación despejada, tan llana como sea posible, y libre de obstáculos. La mayor dimensión de la parcela debe coincidir con la dirección principal de recepción; su longitud debe ser tanto mayor cuanto mas grande sea la longitud de onda. Las antenas deben estar convenientemente espaciadas a fin de evitar toda interacción.

Esto implica, sin embargo, un aumento de las pérdidas en las líneas de transmisión, puesto que tales pérdidas aumentan con la longitud de la línea.

Cada estación de medida ha de poder elegir entre antenas directivas o antenas omnidireccionales para la banda de frecuencia considerada.

Las salidas del distribuidor de antenas deben estar desacopladas por amplificadores. Sin embargo, es mas seguro en ciertas aplicaciones como la evolución del grado de ocupación de una banda, conectar directamente el apartado de medida a antenas omnidireccionales. En todo caso es conveniente que por lo menos una antena omnidireccional alimente directamente al receptor, lo que constituye un medio de verificación que la señal recibida es realmente de una emisión y que no se trata de un producto de intermodulación creado en el amplificador de antena por señales de entrada de alto nivel. La impedancia de la antena debiera estar adaptada a la que generalmente posee la línea de transmisión, a saber 50 o 75 ohmios.

4.4 EQUIPO PARA MEDICIONES DE FRECUENCIA.

La mayor parte de los aparatos para medir las frecuencias se basan en la comparación de la frecuencia que hay que medir con la frecuencia patrón, cuya precisión determina la exactitud de las mediciones. Por lo tanto, el equipo básico para la medición de frecuencias por medio del cual se pueden generar frecuencias de referencia o intervalos de tiempo de referencia. Se pueden utilizar con este fin los aparatos siguientes; un multiplicador de frecuencia, construido por un oscilador clásico provisto de un divisor de frecuencia, un sintetizador de frecuencias o un generador de armónicas para frecuencias determinadas. Los frecuencímetros provistos de un simple oscilador de cristal de cuarzo poseen una estabilidad de aproximadamente $1 \cdot 10^{-7}$ durante varios días. Sin embargo, los aparatos de medida modernos provistos de cristales de alta precisión pueden tener una estabilidad de por lo menos $1 \cdot 10^{-8}$ durante varias horas, y de $1 \cdot 10^{-6}$ durante varios días. Pronto se dispondrá de patrones atómicos de frecuencia con los que se obtendrán estabilidades de por lo menos $5 \cdot 10^{-8}$ por día.

Como se expresa en los considerandos de la Recomendación 377-1, es de desear que los errores de medición de frecuencias no excedan de la décima parte de las tolerancias especificadas en el apéndice 7 al Reglamento de Radiocomunicaciones.

La tolerancia mas estricta, sobre la que existe un acuerdo internacional, concierne a las estaciones de radiodifusión y a las estaciones fijas que funcionan en la banda de 4 a 29.7 MHz. Esta tolerancia es de $30 \cdot 10^{-6}$ para los nuevos transmisores. Los aparatos de medida correspondientes deben, pues determinar las frecuencias con una precisión de $3 \cdot 10^{-6}$ y $1.5 \cdot 10^{-6}$, como mínimo, respectivamente.

En la actualidad, la mayoría de las mediciones de frecuencia que se efectúan con un sintetizador de frecuencias, aparato complejo que se comporta como un generador que cubra una amplia gama de frecuencias, por ejemplo de 1 kHz a 30 MHz.

Se puede ampliar aún mas esta gama agregando un simplificador de armónicas. El aparato esta controlado por una frecuencia patrón (por lo general de 100 kHz) y produce, en una amplia gama, armónicas y subarmónicas de esta frecuencia. Se conoce con el nombre de "frecuencímetro de décadas". Las diversas décadas pueden estar sincronizadas por la frecuencia patrón, de suerte que es posible obtener una serie de frecuencias discretas.

La última década, de variación de frecuencia continua y que no puede estar sincronizada por la frecuencia patrón, permite la incorporación entre dos multiples enteros consecutivos de 100 Hz. La estabilidad de este aparato y la precisión de su escala permiten hacer mediciones con una precisión de 0.1 Hz o incluso de 0.01 Hz.

Lo que atañe al equipo de una estación de comprobación técnica:

a) **Década de frecuencia:** Aparato moderno para uso en los países en que las estaciones transmisoras sean poco numerosas o en los que el servicio de comprobación este en vías de establecimiento. Este aparato ofrece las siguientes ventajas:

- Fácil utilización;
- Frecuencias puntuales (de 10 en 10 Hz) y generador e interpolación ($=0.1$ Hz);
- Elevada tensión de salida, lo que ofrece posibilidad de ampliar la gama de base por medio de generadores de armónica y extender, por ejemplo, esta gama de 10 kHz a 30 kHz, hasta 2 GHz;
- Presencia de un cristal de cuarzo (que en lo posible, no debe desconectarse), y una aceleración de $1 \cdot 10^{-3}$ por día;
- Posibilidad de calibrar el cristal de cuarzo a partir de una frecuencia patrón (con una aproximación de $1 \cdot 10^{-3}$);
- Aparato transistorizado y, por lo tanto, de poco peso, reducidas dimensiones y bajo consumo, con una fuente de alimentación de 24 voltios.

b) **Frecuencímetros complejos:** De varias décadas para los países donde la densidad de estaciones transmisoras es grande; generadores de armónicas para bandas de frecuencias más elevadas.

Las frecuencias de los transmisores lejanos deberían medirse siempre con la ayuda de un receptor, por el método de comprobación con una frecuencia patrón.

4.5 APARATOS PARA MEDIR LA INTENSIDAD DE CAMPO.

La medición del campo se basa esencialmente en la determinación de la respuesta de una antena de recepción al campo eléctrico o magnético en el cual se halla sumergida. Esta respuesta se detecta por medio de un receptor conectado a la antena. La respuesta al campo electromagnético debe analizarse en lo que respecta tanto al comportamiento de la antena como al del campo. El medidor de intensidad de campo consiste por lo general en varios elementos, normalmente acoplados para formar un aparato único. Dichos elementos son los siguientes:

- Una antena de características conocidas;
- Un receptor provisto de un atenuador de variación discontinua que permita regular la sensibilidad;
- Un generador para calibrar esta sensibilidad;
- Un dispositivo de medida con graduación lineal o logarítmica, según que haya de servir para medir la tensión de entrada del receptor o la intensidad de campo.

Existen dos métodos para medir un campo. El primero, el método de la antena normalizada, hace uso de una antena de la que se conoce la relación entre la intensidad de campo de una onda y la tensión que dicho campo induce a la antena. Se determina entonces el campo midiendo la tensión inducida y aplicando la relación conocida; el resultado representa la intensidad de campo en valor absoluto. El segundo método es el del generador patrón.

Se compara la intensidad de campo desconocida con la de una señal producida por el generador el resultado de la intensidad de campo en valor relativo.

Numerosos aparatos de medida de la intensidad de campo en la gama de 50 kHz a 30 MHz comprenden una antena de cuadro conectada a la entrada de un receptor. Tiene por lo general una precisión de ± 2 dB, pero no necesariamente la suficiente sensibilidad. Otro dispositivo, que asegura una sensibilidad mayor, consiste en una antena de látigo vertical, menor que un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia más elevada que haya de medir, conectada directamente a un amplificador de bajo nivel de ruido.

Para calibrar el sistema, se aplica una tensión conocida en serie a la antena. Esta última debe hallarse lejos de todo edificio elevado fuente eventual de interferencias si el aparato de medida de intensidad de campo no se encuentra a proximidad de la antena, el amplificador de bajo nivel de ruido se puede instalar en un recipiente estanco en la base de la antena, ya que las señales de salida de este amplificador y las señales de calibrado se transmiten por dos cables coaxiales.

Para medir intensidades de campo en ondas métricas, se pueden elegir un dipolo de dimensiones apropiadas a la frecuencia que se quiere medir, a unos 10 metros de altura sobre el nivel del suelo.

La tensión de entrada del receptor puede determinarse entonces por sustitución; la intensidad de campo, estando adaptada la antena, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Intensidad de campo} = \lambda (\text{F.E.M. de la fuente})$$

Un aparato de medida de la intensidad de campo de buena capacidad debería poseer las siguientes propiedades:

- Funcionamiento muy estable: deben poderse efectuar mediciones durante un período bastante prolongado, sin calibrados frecuentes;
- Buena precisión relativa; las mediciones de un campo de valor constante, efectuadas independientemente por dos operadores, deberían dar los mismos resultados;
- Amplia gama de medida (de varios microvoltios por metro a varios voltios por metro);
- Indicación del aparato de medida proporcional al valor cuadrático medio del campo;
- Posibilidad de desmodular tanto emisiones de modulación de amplitud como de modulación de frecuencia, a fin de poder medir esas emisiones en condiciones normales de explotación.

Al igual que los receptores, los aparatos de medida de la intensidad de campo deberían estar provistos de una salida especial para la conexión de un registrador de corriente continua, de manera que puedan efectuarse registros de larga duración.

4.6 APARATOS PARA MEDIR LA ANCHURA DE BANDA.

Son numerosos los aparatos de medida de anchura de banda apropiados para uso de las estaciones de comprobación técnica, pero parece imposible medir la anchura de banda exactamente como lo requiere la definición contenida en el Reglamento de Radiocomunicación. Por tal razón la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T. estudia otros métodos de medida de la anchura de banda y, en particular, la precisión de las mediciones hechas en las estaciones de comprobación técnica.

Existe un programa de estudios sobre la elección del equipo mas conveniente, y sobre los métodos de medida aplicables con las diversas clases de emisión y en presencia de ruido y de interferencia.

La forma mas simple de determinar la anchura de banda de una emisión manipulada consiste en conectar las placas verticales de un osciloscopio a la salida de la frecuencia intermedia de un receptor. Las placas horizontales no se conectan, con lo cual el haz de electrones se desvia solamente en sentido vertical. Delante de la pantalla se coloca una cámara especial con una película de proyección continua cuya velocidad puede regularse entre algunos mm/s y 3.8 m/s. Pueden alcanzarse velocidades de registro de hasta 50 m/s, empleando cortas tiras de película de un metro de longitud aproximadamente, fijas en la periferia de un tambor giratorio.

Se puede así fijar en la película la forma de la señal. Una vez revelada la película, la señal más corta exenta de interferencia y de desvanecimientos sirve para determinar el más breve tiempo de establecimiento o de extinción. La anchura de banda ocupada por la señal se deduce de los tiempos así obtenidos.

Si la salida de frecuencia intermedia del receptor se aplica a un discriminador muy estable, podrá emplearse el mismo método con señales de modulación de frecuencia.

Se puede, además recurrir al método que consiste en barrer lentamente, merced a un filtro muy estrecho toda la banda de frecuencias que hay que medir. A tal efecto, se conecta un espectógrafo de frecuencia radioeléctrica a la salida de frecuencia intermedia de un receptor, o bien se utiliza un analizador de espectro independiente.

Este último consiste ante todo en un receptor superheterodino de banda estrecha, en el cual se explora ininterrumpidamente la porción elegida de la banda de frecuencias radioeléctricas. En la banda de 10 kHz a 30 MHz, la banda de paso de los filtros está comprendida entre 4 y 150 Hz, según el diseño del material.

Al mismo tiempo, se actúa sobre la desviación horizontal del haz un tubo de rayos catódicos de manera que varíe en sincronismo con el barrido. La desviación del haz es proporcional a la tensión de salida del receptor.

La figura resultante representa la amplitud en función de la frecuencia en la banda de frecuencias elegida. Por lo general, la tensión de salida del generador de exploración tiene la forma de un diente de sierra, de suerte que el oscilador local es explorado linealmente entre dos frecuencias límite. La misma señal de diente de sierra se aplica a las placas de deflexión horizontal del tubo de rayos catódicos. El movimiento del haz en la pantalla es entonces proporcional a la variación de frecuencia. La señal de salida del oscilador local se aplica al mezclador, donde se combina con la señal radioeléctrica recibida. Si la diferencia de frecuencia entre las dos señales aplicadas al mezclador es igual a la frecuencia intermedia del analizador, la señal resultante de esta diferencia es amplificada por el amplificador de frecuencia intermedia.

Para equilibrar la tensión de la señal de diferencia con la tensión de señal de radiofrecuencia recibida, es preciso que la potencia proveniente del oscilador local y aplicada al mezclador sea mucho mayor que la de la señal recibida. Tras su paso por el amplificador de frecuencia intermedia, la señal es detectada y amplificada por el amplificador de deflexión vertical hasta el nivel conveniente para su aplicación a las placas deflectoras verticales del tubo de rayos catódicos. Se puede también registrar directamente por medio de la registradora X/Y.

Es necesario que la banda de paso del receptor le permita incluso recibir emisiones que ocupen una banda muy ancha.

Este analizador de espectro puede tener las siguientes aplicaciones:

- Análisis completo de la señal (de modulación de amplitud, de modulación de frecuencia o de impulsos) en función del tiempo y de la frecuencia;
- Comprobación de la forma de la señal;
- Detección e identificación de las señales no esenciales, moduladas en amplitud o en frecuencia;
- Medición del tiempo de establecimiento, de la duración y de la cadencia de repetición de los impulsos;
- Medición de las características esenciales de las señales moduladas por impulsos;
- Empleo, en tanto que receptor sensible, de impulsos y de ondas entretenidas, en estudios de propagación trazado de diagramas de antenas, etc.

La calidad de las mediciones de anchura de banda de las siguientes características técnicas del apartado de medida o de analizador especial:

- Velocidad de exploración;
- Amplitud de barrido;
- Anchura de banda del filtro;
- Gama de amplitud de la representación;

El funcionamiento de todos los instrumentos de medida de la anchura de banda está limitado por los desvanecimientos y por las interferencias, especialmente en el caso de emisiones de estaciones remotas. Un analizador de espectro permite suponiendo las fotografías de los resultados de varias exploraciones sucesivas, obtener informaciones muy útiles sobre la dispersión de la banda de la mayoría de las emisiones recibidas en una estación de comprobación técnica.

4.7 APARATOS PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LA OCUPACION DEL ESPECTRO.

Las estaciones de comprobación técnica pueden aplicar dos métodos de observación.

El primero es el método subjetivo, según el cual las observaciones son hechas en forma manual por operadores durante un cierto tiempo. Se utiliza este método principalmente para identificar una emisión y evaluar su calidad.

El segundo es el método objetivo, según el cual las mediciones se efectúan automáticamente durante un cierto período de tiempo.

Los métodos automáticos permiten registrar la frecuencia de una emisión, el tiempo de ocupación del espectro, la intensidad de campo, la anchura de banda y, en su caso, la relación señal/ruido o señal/interferencia.

Por lo general, las observaciones automáticas se realizan mediante un registrador de barrido de frecuencias, un espectrógrafo de frecuencia radieléctrica y/o un registrador de barrido frecuencia/amplitud.

El espectro de frecuencia solo puede utilizarse eficazmente si se conoce a fondo su ocupación. La comprobación automática es un método rápido de conocer el grado de ocupación del espectro. Por lo general, las observaciones automáticas se realizan por medio de un registrador de barrido de frecuencia o de un receptor de exploración automática. Para determinar el grado de ocupación de una banda de frecuencia, hay que variar periódica y progresivamente la sintonización del receptor de manera que se reciban todas las frecuencias de esa banda. El receptor debe completarse, por lo tanto, con un dispositivo mecánico capaz de efectuar el barrido de la banda actuando sobre el mando de sintonía. Toda señal recibida en el curso de esta exploración es amplificada y produce a la salida del receptor una tensión de frecuencia radieléctrica antes de la detección, o una señal variable después de la detección. Esta señal se registra por medio de un registrador de barrido de frecuencia. Si se quiere estudiar en detalle la ocupación de la banda, se debe insertar un amplificador muy selectivo entre el receptor y el registrador. En consecuencia, el equipo de control automático de la ocupación del espectro comprende en general:

- Un receptor;
- Un dispositivo mecánico que acciona el mando de sintonía;
- Un amplificador selectivo;
- Un registrador (de barrido de frecuencia).

Normalmente estos registradores facilitan solo una información general sobre la ocupación de la banda, sin otros detalles.

Existe así mismo un analizador de frecuencia/amplitud con un dispositivo de registro de barrido. Este aparato permite observar automáticamente los principales parámetros, como son la clase de emisión, la anchura de banda, y la relación señal/interferencia. Se puede utilizar además para explorar anchas bandas y para examinar minuciosamente una banda estrecha.

Su funcionamiento es el siguiente:

La señal captada por la antena se aplica a la entrada del receptor por intermedio de un atenuador variable. Un motor permite sintonizar automáticamente el receptor en la banda de frecuencias que desea estudiar. La frecuencia intermedia se aplica a un espectrógrafo de radiofrecuencia. Este aparato reduce la frecuencia de la señal que, después de la detección se aplica a un registrador de corriente continua.

Al comenzar y al finalizar el registro se hace un calibrado de amplitud por medio de un aparato de medida de intensidad de campo.

La aplicación de este método semiautomático, unida a la utilización de un registrador de barrido de frecuencia, proporciona un registro bastante satisfactorio de cualquier parte del espectro, con la suficiente discriminación de frecuencia, tiempo, amplitud, anchura de banda, intensidad de campo, relación señal/ruido y relación señal/interferencia.

4.8 EQUIPO DE IDENTIFICACION.

La identificación de las emisiones es una de las tareas más difíciles del servicio de comprobación técnica internacional.

Esta dificultad se debe en parte a la transmisión poco frecuente de los distintivos de llamada, y al uso de distintivos abreviados o no registrados oficialmente y, en gran medida, a la dificultad que presenta la descodificación de las señales correspondientes a complejos sistemas de transmisión de uso cada vez más general, como la manipulación por desplazamiento de frecuencias, el multiplexaje por distribución de frecuencia o en el tiempo, etc. Además hay sistemas telegráficos automáticos que utilizan códigos distintos del Morse, sistemas de facsimil, sistemas de banda lateral única y de bandas laterales independientes y transmisiones con dispositivos de secreto.

En consecuencia, las estaciones de comprobación técnica deben estar equipados no solo para recibir emisiones de clase A1, A2 y A3, sino también emisiones de la clase A3A, A3B y las efectuadas con manipulación por desplazamiento de frecuencia. Es conveniente además que las estaciones de comprobación técnica dispongan de los siguientes aparatos auxiliares:

- Osciladores de una sola pista o de doble pista, para la identificación de las transmisiones telegráficas a gran velocidad o telegrafía automática;
- Receptores especiales para la identificación de las transmisiones de facsimil;
- Impresores de velocidad variable -generalmente de 45 a 50 Baudios- para la identificación de las transmisiones de teleimpresor;
- Desmoduladores para la identificación de los dispositivos de secreto en telefonía;
- Grabadores de banda magnética para la identificación de lenguas extranjeras o al registro de emisiones dudosas con miras a su examen ulterior.etc.;
- Receptores pancrámicos para determinar la clase de emisión y las frecuencias de las componentes principales de una señal;
- Desmoduladores para la identificación de sistemas complejos como los de multiplaje por distribución de frecuencia o en el tiempo.

A menudo una misma estación no podrá estar dotada de todos estos aparatos.

Ahora bien, si tal estación puede colaborar con una estación transmisora o receptora, las componentes de frecuencia medidas de la señal y las señales telegráficas más complejas podrán transmitirse al terminal telegráfico, donde serán filtrados, examinados e identificados. Este método facilita a veces la determinación del origen de la señal.

4.9 EQUIPO DE RADIOGONOMETRIA.

La identificación de una estación transmisora desconocida puede verse facilitada si se logra determinar la ubicación del transmisor por métodos radiogonométricos. Para determinar con precisión su emplazamiento, es necesario que varias estaciones radiogoniométricas convenientemente situadas obtengan marcaciones. En teoría, se obtiene una posición (es decir el punto de intersección de líneas de marcación) por medio de tres estaciones radiogoniométricas que trabajen coordinadamente, los cuales no es forzoso que se encuentren en el mismo país. La posibilidad de obtener marcaciones en una estación de comprobación técnica da a un operador experimentado informaciones útiles y, por lo tanto, un mayor grado de confianza en la identificación de un transmisor determinado.

Según la precisión requerida y las condiciones locales, el equipo de radiogoniometría será más o menos completo.

En ondas largas, medias y cortas, se emplean generalmente sistemas Adcock, por que los mismos son inmunes a los errores radiogoniométricos debidos a la polarización de la onda ionosferica.

Las antenas de radiogoniometría deben instalarse en lugares despejados, libres de edificios, antenas, líneas de energía, hilos telefónicos u otros obstáculos. La mayoría de las veces es imposible, por lo tanto, instalarlas a proximidad inmediata de la estación de comprobación técnica. La explotación del equipo de radiogoniometría plantea entonces un problema de personal. Es, pues, necesario utilizar un material bien diseñado, de dos o tres canales, que presente los resultados de las marcaciones en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. Tal equipo puede ser operado facilmente por telemando a varios kilometros de distancia. La ventaja de este sistema es que no exige personal suplementario. Además el operador puede evaluar inmediatamente la calidad de la marcación a base de la imagen que aparesca en el tubo de rayos catódicos, y, en caso de interferencia, puede determinar la dirección del transmisor deseado, así como la de la estación interferente.

La precisión de las marcaciones depende de los siguientes factores:

- Naturaleza de la ubicación;
- Banda de frecuencias;
- Nivel de la emisión recibida;
- Condiciones de propagación;
- Magnitud de la interferencia;
- Habilidad del operador.

4.10 GENERADORES DE SEÑALES.

Uno de los aparatos más importantes en toda estación de comprobación técnica es el generador de señales. Constituye esencialmente una fuente patrón de energía de frecuencia radioeléctrica, cuyas características de frecuencia, potencia y modulación se conocen con exactitud, lo que permite evaluar el funcionamiento del equipo de transmisión y de recepción o las características de la emisión que se comprueba.

Un generador de señales preciso es, además indispensable en el laboratorio para las mediciones de sistemas, aparatos y componentes.

Unidos a otros aparatos, el generador de señales permite efectuar las siguientes mediciones de comprobación:

- Medición de antenas (diagramas de radiación, determinación de la ganancia, etc.);
- Evaluación del funcionamiento de un receptor;
- Medición de desvanecimiento;
- Mediciones de intensidad de campo en valores relativos;

- Determinación de anchuras de banda y de curvas de respuesta;
- Evaluación de la precisión del equipo, etc.

Los generadores de señales deben estar calibrados en frecuencia y en potencia de salida. El factor mas importante es la precisión de salida. El factor mas importante es la precisión con que se simulan las señales. Dada la creciente generalización de sistemas electrónicos, cada día mas precizos, las condiciones técnicas a las que debe responder un generador de señales utilizada para comprobar estos sistemas son, como es natural, mas y mas rigurosas. Por esta razón, los criterios esenciales, en el caso de un generador de señales, deben ser la precisión y la estabilidad.

Los elementos básicos de un generador de señales son los siguientes:

- a) Un oscilador de alta frecuencia con indicación del ajuste de frecuencia;
- b) Un atenuador calibrado con indicación de la potencia de salida;
- c) Un modulador y un circuito de manipulación;
- d) Una fuente de energía.

Existen adaptadores que permiten recibir emisiones de banda lateral única o de bandas independientes con receptores para emisiones de doble banda lateral.

Existen tambien aparatos para comparar y comprobar automáticamente una fuente de frecuencias refiriéndola a una emisión de frecuencia patrón, en ondas miriamétricas.

La comprobación de las frecuencias superiores a 30 MHz requiere generalmente la instalación de equipo a bordo de vehículos automóviles.

Este equipo puede comprender:

- a) Un receptor (eventualmente panorámico);
- b) Un aparato de medida de frecuencia, capaz de servir como generador calibrado, de una precisión apropiada para la emisión que se pretende medir;
- c) Un aparato de medida de la intensidad de campo que cubra hasta 1000 MHz;
- d) Un analizador de espectro que permita observar una sola emisión o varias emisiones adyacentes por desplazamiento de frecuencias, mientras una escala basada en el generador calibrado ofrece la posibilidad de medir la frecuencia nominal, la anchura de banda ocupada, la excursión de frecuencia, etc.;
- e) Un sistema de antenas adecuado para las comprobaciones que haya que realizar.

4.11 APARATOS SUPLEMENTARIOS.

Si bien el equipo mencionado en los puntos 4.2 a 4.10 permiten efectuar la mayor parte de las operaciones de comprobación técnica de las emisiones, ciertos aparatos suplementarios pueden aumentar la eficacia y ampliar las posibilidades de una estación de comprobación técnica.

Cabe citar en primer lugar los aparatos para la comprobación visual del espectro radioeléctrico.

Los analizadores de espectro aseguran sin duda la representación de porciones limitadas de una banda, pero su finalidad principal es la de permitir el análisis detallado de una emisión y no la de presentar una gran porción del espectro radioeléctrico para determinar su grado de ocupación. Los aparatos destinados a la comprobación visual comprenden generalmente tubos de rayos catódicos de grandes dimensiones, adecuados para asegurar una presentación suficientemente detallada incluso cuando se trate de observar una amplia porción del espectro. Las velocidades de exploración son, por lo general, lo bastante altas para asegurar una presentación prácticamente continua, en contraposición con las velocidades reducidas, que se aplican en los analizadores de espectro para obtener una discriminación óptima.

Un dispositivo apropiado permite transponer las frecuencias inferiores a 3 MHz a la gama de frecuencias cubierta por el equipo de ondas decamétricas descrito. Se pueden explotar así todas las posibilidades ofrecidas por este equipo.

ESTACIONES MOVILES DE COMPROBACION TECNICA

5.1 OBJETIVO Y CAMPO DE ACTIVIDAD DE LAS ESTACIONES MOVILES DE COMPROBACION TECNICA.

Con excepción de las limitaciones que las dimensiones de los aparatos y el consumo de energía imponen necesariamente a una estación móvil, puede decidirse que es cómodo utilizar una estación móvil para todas las mediciones que efectúan normalmente las estaciones de comprobación técnica.

Por otra parte, la principal función de una estación de comprobación consiste en verificar todas las características de las emisiones que no es fácil comprobar en los centros fijos, por la naturaleza misma de la magnitud que se ha de medir o por dificultades derivadas de la congestión del espectro. Se da este caso en particular en las observaciones en frecuencias superiores a 30 MHz, que las estaciones fijas pueden efectuar eficazmente a causa de la poca potencia de los transmisores, de la gran directividad de las antenas y de las características particulares de la propagación.

Los tipos de mediciones que principalmente requieren el empleo de centros móviles de comprobación técnica son los siguientes:

a) Mediciones de intensidad de campo.

La naturaleza específicamente local de las características del campo electromagnético no permite su medición, salvo en casos especiales que se limitan a las frecuencias más bajas por los centros fijos. Cualquiera que sea, sin embargo, su finalidad, las mediciones de intensidad de campo entran, sobre todo, en el campo de actividad de los centros móviles, y su importancia es a menudo tal que condiciona más que cualquier otra estructura de estos centros.

b) Localización de transmisores desconocidos.

La localización por un centro fijo de un transmisor desconocido es siempre tanto más difícil cuanto mayor sea la ocupación del espectro. Las dificultades son mayores con los transmisores que no transmiten de manera continua. En tal caso, la localización se efectúa por aproximaciones sucesivas, por medio de una serie de mediciones radiogoniométricas en puntos cada vez más próximos, y requiere el empleo de medios móviles.

c) Comprobación técnica de las características de las estaciones de los servicios móviles.

La poca potencia de las estaciones de los servicios móviles y la variación continua de las condiciones de funcionamiento, hacen extremadamente difícil realizar desde un centro fijo las operaciones de comprobación técnica, mientras que una estación móvil puede efectuarlas con más facilidad, haciendo las mediciones a corta distancia.

d) Registro de los datos relativos a la densidad local del tráfico y a los problemas locales de interferencia.

La naturaleza misma de estas operaciones exige que las efectuen localmente estaciones móviles.

e) Mediciones de comprobación técnica directamente en los transmisores.

La necesidad por parte de las administraciones de controlar las características de los servicios radioeléctricos cuyo funcionamiento han autorizado, con el fin de asegurarse la observancia de las condiciones impuestas (potencia, frecuencia, anchura de banda, radiaciones no esenciales, etc.) requiere en muchos casos mediciones directas en el transmisor por medio de aparatos montados en vehículos.

Los tipos de mediciones que más comúnmente efectúan las estaciones móviles, y las gamas respectivas de frecuencias, son las siguientes:

- Mediciones de frecuencia 10 kHz a 10 GHz y más.
- Mediciones de intensidad de campo 10 kHz a 10 GHz y más.
- Mediciones de anchura de banda 10 kHz a 10 GHz y más.
- Radiogoniometría con antenas de cuadro 10 kHz a 10 GHz y más.
- Radiogoniometría con una serie de dipolos 20 MHz a 1 GHz y más.
- Radiogoniometría con antena de bocina 1 GHz a 10 GHz y más.
- Control automático de la ocupación del espectro 10 kHz a 300 MHz y más.
- Mediciones del índice de modulación y de la excursión de frecuencia 10 kHz a 1 GHz.

- Medición de la señal de video de las transmisiones de televisión 40 MHz a 960 MHz.

La constitución de una estación móvil de comprobación técnica puede variar mucho según sean su finalidad, su campo de actividad y las condiciones en que ha de utilizarse.

En los casos mas sencillos y para mediciones especializadas en lugares de difícil acceso, una estación móvil puede estar constituida por aparatos con alimentación independiente, montados en maletas que el operador transporta a mano o de otro modo hasta el lugar en que han de hacerse las mediciones.

Mas generalmente, sin embargo, la complejidad, el peso y las dificultades de alimentación exigen un empleo de un medio de transporte, equipado según las necesidades, que permita rapidos desplazamientos y ofrezca las condiciones apropiadas para el buen funcionamiento de la instalación y el trabajo de los operadores.

Pueden utilizarse estaciones móviles de comprobación técnica de uso universal montadas en vehículos de capacidad media, equipados para la mayor parte de las mediciones necesarias, pero en muchos casos puede ser mas práctico, para numerosas centrales utilizar vehículos pequeños mas manejables, especializados en la ejecución de ciertas mediciones.

Cuando se trata de levantar el diagrama de radiación de un transmisor, puede también ser necesario el empleo de un medio aéreo, en cuyo caso hay que instalar en un helicóptero el oportuno equipo de medida.

5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO.

Las principales características de una estación móvil son:

a) Vehículos.

Generalmente, los vehículos destinados a estación móvil de comprobación técnica están contruidos por un chasis de autobús de unas tres toneladas y una carrocería especialmente contruida a modo de laboratorio móvil. Concebidos para tres o cuatro personas, chofer inclusive, tienen que estar provistos de cuanto es necesario para efectuar las mediciones con facilidad. Es preferible adoptar una estructura de tipo autobús para el chofer, que durante el desplazamiento del vehículo suele tener que trabajar de perfecto acuerdo con los operadores, puede pasar fácilmente, sin descender del coche, del asiento del conductor al puesto de trabajo.

Para poder efectuar mediciones de comprobación en cualquier localidad, el vehículo debe poder desplazarse por caminos vecinales e incluso, en ciertos casos, a campo travieso. Es, pues, preferible un vehículo con tracción en las cuatro ruedas. Si ha de realizar largas misiones en malas condiciones atmosféricas, conviene también que la carrocería

asegure un aislamiento térmico suficiente y que el vehículo este previsto de una buena instalación de acondicionamiento de aire. Es indispensable así mismo, para la completa autonomía del servicio, prever un grupo electrogeno adecuado, capaz de suministrar corriente alterna de las características apropiadas, de 2 o 3 kVA de potencia media.

La elección del grupo y su montaje en el chasis deben ser objeto de especial atención, para evitar perturbaciones eléctricas o mecánicas durante las mediciones. Es aconsejable prever también la posibilidad de conectar el vehículo a la red de distribución urbana siempre que sea posible.

En lo que concierne a la disposición interior, es preferible equipar el vehículo con mesas provistas de raffles especiales en forma de cola de milano, en los que se monten, según las necesidades, con pinzas de fijación, de preferencia elásticas, los aparatos de medida que vayan a utilizar. Esta solución parece preferible, por su flexibilidad a la adoptada en algunas estaciones móviles de comprobación, y consiste en prever en el interior del vehículo bastidores fijos de modelo corriente, en los que se montan los aparatos.

No hay que olvidar la colocación de las estanterías para papeles, accesorios, cables, pinzas de recambio para los aparatos, y las herramientas indispensables para las reparaciones de poca monta.

Debe preverse así mismo el fácil montaje de las antenas, que generalmente se instalan en el techo, con sujeciones apropiadas o, a veces, a un lado de la carrocería, así como la posibilidad de elevar las antenas para frecuencias superiores a 50 MHz hasta unos diez metros por encima del techo del vehículo, por medio de un soporte telescópico accionado desde el interior.

Para facilitar el cambio de antena según las necesidades, es preferible que pueda accederse al techo del vehículo directamente desde el interior, por una abertura apropiada, sirviéndose de una escalerilla.

El tipo de vehículo descrito responde a las condiciones medidas que debe reunir una estación móvil de comprobación capaz de realizar casi todas las mediciones necesarias. Sin embargo, cuando el número de mediciones sea importante, puede ser conveniente equipar vehículos de menor capacidad, destinados a mediciones especializadas: de intensidad de campo, de frecuencia, etc., y reducir en consecuencia el equipo, el peso y las mediciones del vehículo al mínimo estrictamente indispensable para el tipo particular de mediciones a que se destine.

b) Equipo de medida.

Características generales.

Los notables progresos recientemente registrados en materia de electrónica han contribuido, sin duda, a simplificar considerablemente el problema del equipo de una estación móvil de comprobación técnica.

Los instrumentos de medida modernos, casi todos tranzistorizados y con numerosos circuitos integrados son hoy en día mucho más ligeros, de dimensiones más reducidas y de mucho menor consumo que los empleados en el pasado, y sus características son además muy superiores.

Añádese a esto su mayor resistencia a las sacudidas y un menor riesgo de avería, lo que conviene particularmente a aparatos que han de funcionar a bordo de un vehículo.

El poco consumo de los aparatos de medida compuestos exclusivamente de elementos de estado sólido y los progresos realizados en lo que concierne a los pequeños acumuladores de níquel-cadmio, han inducido a los constructores a fabricar instrumentos de medida con alimentación autónoma por batería solución particularmente ventajosa para los instrumentos instalados en vehículos, aunque, presente algunos inconvenientes prácticos cuando la estación tenga que funcionar durante largos periodos.

Los instrumentos de las estaciones móviles deben ser de poco consumo y, al mismo tiempo, de construcción robusta, capaces de soportar condiciones extremas de funcionamiento sin sufrir alteraciones, poco sensibles a las variaciones de temperatura, de preferencia tropicalizados, y estar constituidos por elementos de características profesionales de gran estabilidad.

c) Receptores de medida y medidores de intensidad de campo.

Los receptores utilizados en los vehículos destinados a la comprobación técnica son la parte esencial de todo el equipo de medida, y es lógico exigir que sus características de calidad respondan a las condiciones que se han de emplear.

Además de los requisitos indicados en el punto precedente, deben responder a los siguientes:

- Sencilles de uso y de conservación.
- Buena sensibilidad.
- Selectividad ajustable con buena eliminación de las señales no deseadas.
- Gran estabilidad de los convertidores de frecuencia.
- Calibrado cuidadoso de la escala con posibilidad de verificación.
- Control automático de sensibilidad eficaz, con posibilidad de puesta fuera de circuito.
- Ancha banda de respuesta del amplificador de baja frecuencia.
- Posibilidad de extraer la señal de frecuencia intermedia.

De todas las características requeridas, la única en la que cabe ser menos exigentes es la sensibilidad, pues contrariamente a los receptores utilizados en las estaciones fijas, los de las estaciones móviles, gracias a la facilidad que estas tienen para desplazarse, funcionan a distancias del transmisor nada excesivas.

Con el fin de reducir lo mas posible el número de receptores para no aumentar demasiado el peso, suele adaptarse un conjunto de dos receptores. El primero, de gamas multiples, cubre las frecuencias comprendidas entre 50 kHz y 30 MHz, y puede recibir emisiones de clase A1, A2 y A3; el otro, de tipo con circuitos enchufables, puede recibir emisiones de clase A1, A2, A3, F1, F2, F3, F4 y F9 en frecuencias superiores a 30 MHz. Los receptores deben estar provistos de indicadores de sintonización de cero central, montados a la salida del discriminador de frecuencia, y de un medidor del nivel de entrada suficientemente sensible.

Los medidores de intensidad de campo deben poseer características análogas, pero sin limitaciones de sensibilidad, que debe ser lo mas elevada posible.

Por las condiciones en que se emplean, los medidores de campo se prevén generalmente para poder transportarlos a mano; se alimentan automaticamente por acumuladores, y estan provistos de cierto número de antenas de características muy definidas, que cubran todas las bandas de frecuencias consideradas.

d) Adaptadores panorámicos y osciloscopios.

Un accesorio casi indispensable del receptor e comprobación técnica es el adaptador panorámico, que permite ampliar considerablemente las posibilidades del receptor en la mayor parte de sus aplicaciones prácticas, por ejemplo, en las mediciones de frecuencia (en presencia especialmente de modulaciones complejas o de interferencias), en las mediciones de anchura de banda, en la comprobación técnica del espectro de emisión de un transmisor, en

la observación visual de la densidad de ocupación del espectro y en las mediciones aproximadas de modulación.

El adaptador panorámico es casi siempre un accesorio del receptor situado a la salida del paso de frecuencia intermedia de este. Puede constituir una unidad independiente o enchufarse en el receptor; para las aplicaciones a que se destina, debe de tener una frecuencia de barrido ajustable entre algunos Hz y una treintena de Hz, una capacidad de análisis de por lo menos 1 kHz, un barrido ajustable entre algunas decenas de kHz y algunos MHz, y estar provisto, además de un dispositivo de calibración de amplitud o de frecuencia por medio de marcadores. Para una mejor utilización del adaptador panorámico en las mediciones de anchura de banda y para la comprobación técnica de las emisiones no deseadas, es preferible que este provisto de un atenuador ajustable de 50 dB por lo menos. En algunas aplicaciones, el adaptador panorámico puede sustituirse por un osciloscopio de rayos catódicos, el cual se presta mejor a empleos mas generales, por ejemplo, el análisis de la forma de las señales recibidas y las mediciones de la modulación de amplitud. Se elegirá de preferencia un osciloscopio portátil, con un tubo de 10 cm (4 pulgadas) como mínimo, de las características siguientes: amplificador vertical con banda de 9 a 20 MHz, sensibilidad ajustable de 10 mV/cm a 10 V/cm; amplificador horizontal con banda de 0 a 5 MHz, sensibilidad de 1000 mV/cm a 10 V/cm; eje de tiempo de barrido ajustable entre 1000 μ s/cm y 5 seg/cm; sincronización interior y exterior.

Es preferible que el amplificador vertical permita la visión simultánea de dos señales, por ejemplo, por conmutación electrónica.

e) Aparatos para mediciones de frecuencia.

Estos aparatos pueden ser distintos según el método de medición elegido. Las mediciones de frecuencia se efectúan más generalmente con sintetizadores de frecuencia patrón. Existen de diversas categorías, que se distinguen por la banda de frecuencia cubierta, por el mínimo intervalo entre las frecuencias sucesivas de sincronización y por la manera de efectuar el ajuste.

Para las necesidades de una estación móvil de comprobación técnica, pueden adaptarse sintetizadores que cubran una gama de frecuencias entre unas decenas de Hz y 50 MHz, provistos de multiplicadores de frecuencia hasta 1000 MHz por lo menos; algunos sintetizadores comerciales llevan ya multiplicador. El mínimo intervalo de sincronización es de 1 kHz o menos, según el tipo. Los sintetizadores preferibles para un empleo rápido son aquellos en que cada unidad de sintonización cubre más de una década, o en que el ajuste se efectúa por medio de botones.

La posibilidad de interpolación continua de la frecuencia es indispensable. La tensión de salida ha de poder ajustarse por medio de un atenuador de baja impedancia hasta un mínimo de 20 μ V por lo menos. La señal de salida debe tener una buena estabilidad de fase y estar desprovista de componentes indeseables.

Los contadores son menos empleados en las mediciones de frecuencia por estaciones móviles.

Exigen, para las mediciones a distancia un oscilador auxiliar que se ajusta en la frecuencia que se va a medir. Mas comunmente, los contadores se emplean para la comprobación técnica directa de los transmisores.

f) Patrones de frecuencia.

Los sintetizadores, lo mismo que los contadores, incluyen ya patrones secundarios de frecuencia, capaces de proporcionar en condiciones normales de trabajo frecuencia patrón de una precisión comprendida, según los tipos entre $1 \cdot 10^{-6}$ y $1 \cdot 10^{-8}$. Esta precisión es, en casi todos los casos, ampliamente suficiente para las mediciones de frecuencia que efectúan las estaciones móviles. Generalmente, no se logra si no despues de varias horas de funcionamiento continuo en un lugar tranquilo y dentro de los límites de temperatura que no siempre es posible garantizar en un vehículo. Es, pues necesario elegir tipos de aparatos especialmente estudiados para estas condiciones de trabajo y tratar, al propio tiempo, de mantener en el vehículo una temperatura adecuada.

La rapidez con la que el patrón alcanza su régimen es también de gran importancia práctica. Cuando se requiere de una precisión mayor, puede ser indispensable hacer pilotear los aparatos mencionados por patrones de cuarzo de gran estabilidad, que han de mantenerse constantemente en actividad a menos que sea posible contrarrestar el patrón por medio de emisiones de frecuencias patrón.

Gracias a los grandes progresos realizados estos últimos años en materia de osciladores patrón de precisión, es posible disponer de modelos portátiles, que unen a su gran estabilidad (del orden de algunos 10^{-10} por día), un consumo muy reducido (no superior a 10 vatios), una insensibilidad suficiente al medio ambiente y fácil de alimentación por baterías de baja tensión. Hay que reconocer, sin embargo, que esta estabilidad solo se logra después de varios días, e incluso de varias semanas, de funcionamiento ininterrumpido; de ahí la necesidad de mantenerlo en continuo funcionamiento y constantemente alimentado, lo que no ofrece, como antes se dice, grandes dificultades.

La mayoría de estos patrones comprenden una batería tapón de níquel-cadmio, que asegura la continuidad de la alimentación durante el proceso o períodos en que el aparato no está alimentado por una fuente externa. No obstante, la capacidad de la batería no es siempre suficiente para garantizar el funcionamiento durante todos los períodos de trabajo de una estación móvil de comprobación técnica, por ejemplo, durante una noche entera. En este caso, es necesario completar la batería interior con otra exterior de mayor capacidad, que ha de cargarse periódicamente, claro es, por otros medios.

5.3 ANTENAS DE ESTACIONES MIVILES DE COMPROBACION TECNICA.

Los tipos de antenas de las estaciones móviles varían en función de la frecuencia y de la naturaleza de las mediciones.

Pueden emplearse antenas del tipo omnidireccional, particularmente útiles para la exploración general del espectro pero para mejorar la relación señal/ruido, aumentar la ganancia y reducir así las interferencias en las mediciones de intensidad de campo, y más aun para la radiogoniometría, se emplean antenas más o menos directivas. Pueden elegirse antenas de banda ancha, preferibles generalmente para una estación móvil de comprobación, o de banda limitada. Las antenas pueden también ser aptas para la recepción de ondas de polarización horizontal o vertical, u orientables para la recepción de ondas con cualquier clase de polarización.

La principal limitación con que tropieza una estación móvil en lo que concierne a las antenas la constituye el espacio de que dispone, forzosamente reducido. Hay que recurrir, pues, al empleo de antenas de pequeñas dimensiones, a no ser que se recurra a antenas desmontables que se instalen directamente en tierra, una vez el vehículo parado.

Para las frecuencias mas bajas, se necesitan antenas cuyas dimensiones maximas sean inferiores a un pequeño porcentaje de la longitud de onda.

5.4 FUENTES DE ENERGIA PARA LAS ESTACIONES MOVILES DE COMPROBACION TECNICA.

Por lo general existen cuatro tipos de fuentes de energía para las estaciones móviles de comprobación técnica, los cuales son:

a) Alimentación por medio de pilas o acumuladores.

La alimentación del equipo electrónico y de los aparatos auxiliares de una estación móvil de comprobación técnica presenta problemas de cierta importancia, si bien en los últimos años la reducción general, como consecuencia de la transistorización, de la potencia absorbida por los instrumentos ha contribuido notablemente a su solución.

El reducido consumo de los aparatos transistorizados ha inducido a los fabricantes de instrumentos de medida a adoptar para la alimentación baterías recargables estancas de níquel-cadmio, e incluso en los aparatos de menor importancia pilas secas.

Esta solución, además de ser mas económica comparada con las líneas de alimentación de corriente alterna, presenta la ventaja de la completa autonomía de cada aparato y de la ausencia de perturbaciones debidas a la alimentación. En ciertos casos, por ejemplo, para los osciladores patrón de cristal de cuarzo, se adopta un sistema mixto de alimentación.

construido por fuentes de corriente alterna, con baterías de reserva de níquel-cadmio, dispuestas en un tapón o incluso con conmutación automática, en caso de faltar la energía.

En estos casos se prevé generalmente también un dispositivo para recargar las baterías. Esta solución garantiza mejor el funcionamiento continuo de los aparatos, especialmente durante el transporte.

La alimentación por baterías es también la única solución posible para los equipos transportados a mano en lugares aislados, a los que no pueden llegar los vehículos, caso frecuente cuando se hacen mediciones de intensidad de campo.

Se encuentran en el comercio diversos tipos de instrumentos electrónicos, milivoltímetros, osciladores, receptores de radio y osciloscopios previstos para su alimentación exclusiva por baterías incorporadas, o bien en otros casos, con la posibilidad de sustituir el alimentador por una batería exterior.

Las baterías recargables, de tipo hermético y semihermético, montadas en estos instrumentos, tienen sin embargo, necesariamente una capacidad limitada y no pueden, pues, garantizar una larga autonomía entre dos cargas. Por otra parte, dada su naturaleza, la recarga se hace necesariamente con una corriente limitada y dura por término medio unas 15 horas, lo que puede presentar ciertos inconvenientes para una estación móvil de comprobación técnica.

Para alimentar instrumentos de consumo muy reducido y de empleo intermitente, puede estar indicado el uso de pilas secas, mucho mas economicas que los correspondientes acumuladores de niquel-cadmio y que no exigen mantenimiento, pero que son menos estables y se deterioran facilmente, incluso cuando no se utilizan.

b) Alimentación por alternador acoplado al motor inversores.

Como la mayor parte del equipo electrónico de medida esta previsto para ser alimentado directamente por la red de corriente alterna de 50 o 60 Hz, 115 o 220 voltios, es necesario disponer a bordo de un generador capaz de suministrar energía de estas características y de suficiente potencia.

Quando la potencia global exigida no excede de 500 VA o para la alimentación parcial del equipo, una solución muy sencilla consiste en utilizar un pequeño alternador monofásico, de características apropiadas, unido directamente al motor del vehículo o por una correa o una junta coaxial desconectable. Esta solución si bien es muy simple y económica, presenta ciertos inconvenientes, entre ellos una regulación deficiente y un escaso rendimiento debido al bajo régimen a que debe trabajar el motor que esta estudiado, para una potencia mucho mas elevada.

Una solución mas racional consiste en hacer uso de un inversor, alimentado por la batería del vehículo.

De ser necesario para asegurar la autonomía imprescindible, puede recurrirse al empleo de una batería auxiliar de mayor capacidad, pero esto plantea a su vez problemas de manutención y de recarga periódica.

El elevado rendimiento, la seguridad de funcionamiento, el silencio, la gran estabilidad tanto de frecuencia como de la tensión generada y la ausencia de perturbaciones eléctricas que se logra con los inversores modernos, totalmente de estado sólido, hacen de ellos el medio más indicado por lo menos hasta 500 VA.

Para potencias más elevadas, las dimensiones y el peso de las baterías necesarias para obtener la deseada autonomía y los inevitables problemas de manutención que plantean, hacen que sean poco interesantes para la alimentación de las estaciones móviles de comprobación técnica.

Para potencias superiores, hasta 3 KVA aproximadamente, se encuentran motores de explosión de dos y de cuatro tiempos y, excepcionalmente, motores Diesel. Los motores de explosión de cuatro tiempos, con un consumo específico más modesto y menos ruidoso, son también más complejos que los de dos tiempos y de más difícil conservación.

c) Alimentación por grupos electrogenos rotativos.

Habitualmente se rebasa el límite de 500 VA para la alimentación de las estaciones móviles de comprobación técnica. Hay que asegurar no solo la alimentación del equipo electrónico, sino también la de los aparatos auxiliares:

pequeños motores eléctricos, ventiladores, aparatos de alumbrado y, sobre todo, radiadores, acondicionadores de aire, etc. En una estación móvil de comprobación técnica de dimensiones medias, se llega fácilmente a 2.5 KVA, e incluso se rebasa este valor si hay que garantizar muchas horas o aun varios días de autonomía. En estos casos, la solución mas adecuada consiste en un grupo electrógeno rotativo con motor de combustión interna.

Los grupos electrógenos pueen clasificarse en distintas categorías: de explosión o Diesel, de dos o de cuatro tiempos. El arranque se efectua en general a mano o con un pequeño motor eléctrico.

Para potencias muy bajas, de 800 VA a 1 KVA aproximadamente, se suelen adoptar motores de explosión de dos tiempos, de menor peso especifico y de construcciones mas sencilla, que son, en consecuencia muy seguros y requieren poca conservación. En cambio su consumo especifico es mas elevado que el de motores de explosión de cuatro tiempos similares pero ello no tiene excesiva importancia en esta gama de potencia.

Los inconvenientes comunes a todos los motores de explosión de poca potencia son: el ruido, las vibraciones y, a veces ciertas dificultades de desembrage, debidas a sus características de funcionamiento y a los problemas de equilibrio de las masas. Por otra parte, el encendido puede originar facilmente perturbaciones electricas si no esta suficientemente protegido.

La instalación en el grupo electrógeno en el vehículo debe hacerse con todo cuidado, para evitar que se constituya una fuente de ruido molesto para los operadores, que ponga en peligro las mediciones. Normalmente, se instala en un compartimiento lateral de la carrocería, enteramente revestido de un material que absorba el ruido y fijado a este último por sujeciones elásticas. El acceso al grupo para las inspecciones, conservación y puesta en marcha, se efectúa desde el interior a través de una ventanilla, cuyo cierre no debe ser fuente de ruido.

Solo la experiencia directa permite sugerir, a medida que surge la necesidad, los procedimientos apropiados para mantener el ruido dentro de límites razonables por eliminación, entre otras, de las resonancias mecánicas que pueden producirse en la carrocería.

Si hay que emplear intermitentes entre el grupo electrógeno, por ejemplo, para poner en marcha de vez en cuando la instalación de acondicionamiento de aire, para recargar las baterías durante largas campañas de mediciones, o incluso para hacer frente a crestas momentáneas de consumo, puede ser conveniente no instalar el grupo en la carrocería y elegir un modelo portátil, que pueda instalarse al aire libre, a cierta distancia del vehículo al que estará unido el cable, a fin de que su funcionamiento no cause graves perturbaciones.

d) Alimentación directa por la red pública.

Aunque una estación de comprobación técnica tenga un sistema de alimentación autónomo, es preferible, aprovechar siempre que sea posible la corriente de la red, tanto cuando hayan de hacerse mediciones en centros urbanos, en los que sea factible la conexión, como durante las paradas, con el fin de asegurar el eficaz funcionamiento de las instalaciones auxiliares de alumbrado y de acondicionamiento de aire, y para poder recargar las baterías de servicio y las baterías internas de los instrumentos, mediante los cargadores respectivos.

Naturalmente la conexión de la red sustituye a los generadores de a bordo, ya que no es posible su funcionamiento paralelo, y el conjunto del vehículo debe concebirse de forma que se impida, por medios mecánicos, la conexión simultánea de estos dos sistemas. Para garantizar la seguridad de los operadores y reducir las perturbaciones, es indispensable que el vehículo este conectado permanentemente a una puesta a tierra adecuada. Como la tensión de las redes de alimentación no es la misma en todos los casos, por su valor nominal o debido a caídas de tensión a través de las líneas, es necesario disponer a bordo de un autotransformador de relación continuamente variable, para mantener la tensión en el valor normalmente utilizado en el vehículo. Un voltímetro de corriente alterna de buena precisión, conectado a la salida del autotransformador, provisto de una referencia correspondiente a la tensión nominal, permite comprobar continuamente el valor efectivo de esta.

La línea de conexión a la red debe incluir un buen interruptor automático, calibrado para el máximo de corriente necesario.

TERRENO Y EDIFICIOS PARA UNA ESTACION DE COMPROBACION TECNICA**6.1 CARACTERISTICAS DEL TERRENO.**

Una estación radiomonitora de una estación radieléctrica de tipo muy especial, que debe permitir la recepción y las mediones relativas a las señales radioeléctricas y a las perturbaciones que las afectan.

Debe presentarse gran atención al emplazamiento de una estación radiomonitora. Deberan efectuarse minuciosos estudios y pruebas antes de proceder a la instalación del material y equipo, y al nombramiento del personal. Es necesario , examinar y aquilatar previamente todos los factores que pudieran ocasionar mas tarde el abandono de la ubicación considerada. En virtud de que, si después de instalar una estación radiomonitora hubiera que cambiarla de lugar, se ocasionarian pérdidas enormes de tiempo, esfuerzo y dinero, con detrimento de la continuidad de todo estudio de control iniciado, y del funcionamiento de la cadena de control, de la cual cada estación es un eslabón.

Para la adecuada elección de un terreno para una estación de comprobación técnica se deben tomar en cuenta los siguientes elementos:

a) **UBICACION.**- Se determinara aproximadamente la zona en que ha de situarse la estación, para lo que se tendrá en cuenta, la distribución que debe darse a las instalaciones, así como la localización de las estaciones radiomonitoras existentes. Además, si la estación ha de poseer un radiogonómetro, se deberá calcular el ángulo que forme su marcación, con las de las estaciones de control existentes.

El terreno elegido debe encontrarse a más de 16000 m. de distancia de todo centro industrial o zona urbana, a fin de disminuir la posibilidad de perturbaciones.

La proximidad de buenas carreteras, de energía eléctrica disponible, líneas telefónicas, y alojamientos adecuados para el personal, son ventajas deseables.

b) **TOPOGRAFIA.**- Es necesario un terreno nivelado, en una región relativamente plana, que no sufra inundaciones en tiempo de lluvias.

c) **AREA.**- La superficie necesaria depende sobre todo de las dimensiones y de la disposición del sistema de antenas proyectado, especialmente si han de montarse transmisores para que la estación trabaje en red, y si la estación ha de participar en un servicio radiogonometrico en ondas cortas. La Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América, recomienda una superficie aproximada de 121 hectareas.

d) **CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL TERRENO.**- La instalación de un radiogonómetro requiere condiciones suplementarias.

Cuanto mas elevada sea la conductividad del terreno, mejor sera el emplazamiento.

Deben evitarse los terrenos pedregozos o arenosos por ser inapropiados. No debe haber en estos terrenos pequeñas extensiones de agua a menos de 1600 metros.

e) **RUIDO INDUSTRIAL.**- En el lugar designado deben efectuarse pruebas de recepción prolongadas que permitan garantizar que los parametros industriales no rebasen el nivel admisible. De modo especial hay que comprobar el ruido que producen las máquinas eléctricas, las instalaciones industriales o medidas susceptibles de radiación, los motores de los vehículos, etc.

f) **POSIBILIDADES RADIOGONIOMETRICAS.**- Es necesario asegurarse de que el emplazamiento es adecuado para el trabajo de precisión radiogoniométrica proyectado. A fin de determinar la dirección de llegada de las ondas de espacio y de superficie, deben efectuarse pruebas en todo el terreno, con un radiogoniometro portátil.

g) **DESCARGAS ATMOSFERICAS.**- Debe escogerse un sitio donde no ocurran descargas atmosfericas con demasiada frecuencia.

h) **OBSTRUCCIONES.**- Las montañas, estructuras, arboledas, etc, no han de percibirse desde el terreno en un ángulo superior a 30° con respecto al horizonte.

En la tabla siguiente, se dan especificaciones de distancias mínimas a diferentes obstaculos.

OBSTACULOS	DISTANCIA MINIMA AL CENTRO DE EMPLAZAMIENTO
Edificios no metálicos (un piso)	100 m aislados 200 m agrupados.
Edificios no metálicos (2 o 3 pisos)	250 m.
Edificios no metálicos (mas de 3 pisos)	300 a 500 m segun- altura.
Pequeños edificios con techos y elementos metálicos	250 m.
Estructuras metálicas (pequeños cobertizos, etc.)	800 m.
Gasómetros, puentes metálicos, etc.	1500 m o mas.
Líneas aéreas, telegráficas o telefónicas y de energía a baja tensión.	250 a 300 m.
Líneas de transmisión de energía sobre torres de 15 m.	1000 m.
Líneas de transmisión de energía sobre torres de 30 m.	2000 m.
Líneas de ferrocarril	400 m.
Arboles aislados	100 m.
Pequeños grupos de arboles	200 m.
Grandes bosques	800 m.
Cables en zanjas	200 m.
Antenas (redes grandes)	400 m.
Antenas (redes pequeñas)	200 m.
Adcock de onda media	350 m.
Adcock de onda corta	200 m.
Rios o canales	70 m.
Rios grandes	400 m.

i) ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.- Una vez elegido el terreno apropiado; debe ser despojado de árboles y de arbustos proximos al sitio donde se instalarán las antenas. Se derribaran o alejaran a mas de 150 m. de este sitio los alambrados, líneas aéreas superfluas o cualquier otro obstáculo.

Seguidamente, se procederá a nivelar el terreno, colmando todas las depresiones que existan. Después, puede iniciarse la construcción e instalación de los diversos elementos de la estación.

6.2 EJEMPLO DE UN TERRENO DE LA ESTACION DE COMPROBACION TECNICA EN CERRILLO, ESTADO DE MEXICO, DE LA ADMINISTRACION MEXICANA.

Por razones económicas, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes adquirió un terreno, que pudiera ser compartido por las estaciones radiomonitoras y radioreceptora centrales. El terreno de referencia se encuentra situado en el Valle de Toluca, Estado de México, a la altura del kilómetro 79 de la carretera Panamericana, y a 4 kilómetros aproximadamente de esta. La superficie total es de 479102 Ha, habiéndose asignado 21131 Ha, a la radiomonitora.

El terreno asignado satisface los requisitos de ubicación, topografía, superficie y ruido industrial mencionados en el párrafo anterior.

Por lo que se refiere a la conductividad eléctrica del terreno, no se han hecho mediciones, sin embargo es de esperarse un valor no menos de $4 \cdot 10^{-14}$ u.g.m.; dadas las características geológicas y el tipo de suelo.

Para la localización del edificio principal, casetas de radiogoniometría, de medición de intensidad de campo eléctrico y juegos de antenas, se procedió a estudiar cuidadosamente los lugares donde se instalarían las antenas y el radiogoniómetro, cuidando que el edificio quede en la parte más alta del terreno para evitar problemas de humedad e inundaciones. Después de varios intentos se localizó casi en el centro del terreno destinado a la radiomonitora, dejando un espacio despejado para la localización del radiogoniómetro. Enseguida se procedió a verificar mediciones de radiogoniometría en la siguiente forma:

- a) Con un radiogoniómetro portátil que cubre la banda de 1 a 30 Mc/s., se situó en el lugar más plano posible y alejado aproximadamente 400 m. del límite del terreno.
- b) Desde este punto se trazaron 36 radiales de 400 m. marcándolos perfectamente con estacas cada 100 m.
- c) Enseguida a distancias de 200 y 400 m. se situó un transmisor portátil que cubre la banda de 1 a 30 Mc/s., de aproximadamente 1 watt, conectado a una antena vertical de altura aproximada de 2.5 m que se coloca sobre el terreno.
- d) Se puso a operar el transmisor a diferentes frecuencias dentro de la banda de 1 a 30 Mc/s.
- e) Con el radiogoniómetro se leía la diferencia -entre la visual radiogoniómetro- antena transmisora y la lectura obtenida con el mismo por medios radioeléctricos. Estas lecturas se hicieron en 10 diferentes frecuencias y a los 200 y 400 m en los 36 radiales.

f) Se elaboran gráficas comparativas de las lecturas ópticas y radioeléctricas para cada radial.

Estas pruebas se hicieron en dos lugares distantes aproximadamente 1000 m. En el primero, que fue donde se propone instalar las antenas Beverages, hubo errores de mas de 20., y por esta causa se descarto y en el segundo el error máximo fue de 20.. De acuerdo con las recomendaciones de la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T. esta desviación es tolerable y solo hay que tomarla en cuenta al calibrar el radiogoniómetro fijo durante su instalación definitiva. En esta forma se definió el lugar para la instalación del radiogoniómetro.

Por lo que se refiere a las obstrucciones, el terreno es adecuado, excepto algunos pequeños sectores azimutables donde las montañas sobrepasan la altura máxima permisible.

En lo que respecta a las descargas atmosféricas, se ha comprobado que en esta zona, son frecuentes en época de lluvias, por lo que se han tomado las providencias necesarias para proteger las instalaciones.

El acondicionamiento del terreno solo presenta problema en lo que se refiere a la nivelación. Los desniveles y ondulaciones son tolerables y aunque es deseable eliminarlos, resulta incosteable.

6.3 CONDICIONES QUE DEBE REUNIR EL EDIFICIO E INSTALACIONES.

El edificio para una radiomonitora primaria, no deberá ser excesivamente grande, pero sí lo suficiente para que el personal no se vea obligado a trabajar en condiciones de estreches, si se quieren obtener buenos resultados. Con arreglo a nuestra experiencia se propone que una estación de control debe estar construida por las oficinas siguientes:

- Una para el jefe de la estación.
- Una para el personal administrativo.
- Una destinada a los equipos telefónicos, de teleimpresor radioeléctrico.
- Varias salas de operación que pueden estar dotadas de uno o más puestos autónomos de trabajo como por ejemplo, para las siguientes operaciones:
 - a) Registro automático.
 - b) Observaciones y mediciones de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas.
 - c) Radiogoniometría.
 - d) Medidas de frecuencia y medidas especiales, tales como las anchuras de banda.
 - e) Material de conservación, ajuste y calibrado.
 - f) Análisis de los registros de los resultados de las medidas.
 - g) Revelado de películas y fotografías.
 - h) Clases o conferencias.

Los puestos de trabajo deberán instalarse independientemente unos de otros o bien agrupar algunos de ellos según la finalidad especial de la estación pero no conviene que estén todos en la misma sala. En una estación de una sola sala, el nivel de ruido será demasiado elevado, incluso si las paredes y el techo están revestidos con amortiguadores de ruido.

Todas las salas deben ser de fácil acceso y todos los puestos de trabajo estar interconectados por líneas telefónicas compartidas. En general, cada puesto de trabajo constituirá una unidad completa, para que el operador no tenga que preocuparse de instalar material complementario para poder llevar a cabo sus trabajos. Solo en el caso de medidas muy especiales el ingeniero encargado de la estación hará instalar el material de medida complementario requerido.

Son también necesarios garages para las estaciones móviles de comprobación técnica.

6.4 EJEMPLO DE EDIFICIO DE ESTACION DE COMPROBACION TECNICA EN EL CERRILLO, ESTADO DE MEXICO, DE LA ADMINISTRACION MEXICANA.

El edificio de la radiomonitora de Cerrillo, la sala de operadores está acondicionada acústicamente con el objeto de reducir el ruido acústico al máximo y el cuarto de mantenimiento está aislado electrónicamente con el objeto de evitar al máximo las posibles interferencias producidas por los osciladores y el equipo de prueba y ajuste.

Un renglón especial lo constituye el sistema de tierra que lo forma una placa metálica y que va enterrada a una proximidad de 2 metros rodeada de una mezcla de tierra, sal y carbón vegetal. A este sistema de tierra van conectadas unas cercas de cobre que corren a lo largo de todos los ductos y de donde se conectan los diferentes aparatos de la estación radiomonitora.

En lo que se refiere a la energía eléctrica esta llega por cable subterráneo al edificio principal cuando menos en un trayecto de 1000 metros. La capacidad es del orden de 15 KVA. para alimentarlas casetas de radiogoniometría y de medición de intensidad de campo eléctrico. también se llevan cables subterráneos a una profundidad mínima de 2 metros.

PERSONAL

7.1 OBSERVACIONES GENERALES.

Antes de poder examinar como es debido la cuestión del personal que debe destinarse a una estación de comprobación técnica de las emisiones, conviene comprender con claridad los fines y objetivos del servicio que se ha de asegurar. Ante todo, debe dejarse bien sentado que el servicio de comprobación técnica de que se trata no es de modo alguno un servicio de interceptación. Aunque pueda suceder, a veces, que, en el marco general de sus actividades, este servicio parezca efectuar ciertas operaciones de interpretación, el trabajo que realiza solo tiene por objeto la obtención de los datos indispensables a sus fines normales de comprobación: puede proceder, por ejemplo, al registro de programas nacionales de radiodifusión para ver si el contenido de los mismos se ajusta bien a las normas reglamentarias del país. Pero una estación de comprobación técnica no tiene por que registrar emisiones de estaciones extranjeras para los fines de un servicio de información.

La organización y el alcance de todo servicio de comprobación técnica dependen en gran medida de la extensión territorial del país, de las necesidades de administración y de los recursos que esta pueda destinar a este servicio.

Así, como por ejemplo, Francia tiene una sola estación de comprobación técnica con puestos de observación múltiples, Canada posee una cadena de 10 estaciones fijas de comprobación técnica, que funcionan independientemente, con varios grupos móviles; Estados Unidos de América explota una red de estaciones de comprobación técnica con control centralizado.

Los trabajos que efectúa el personal de una estación de comprobación técnica de las emisiones pueden clasificarse con arreglo a las tres categorías siguientes:

- a) Trabajo de explotación;
- b) Trabajos técnicos;
- c) Trabajos de supervisión y de administración;

Los trabajos de explotación comprenden la observación del espectro, la medición de las características de las señales y el registro de datos relativos al espectro; mas adelante, en la sección dedicada a la capacitación, se hace un examen crítico mas a fondo.

Las funciones técnicas, incluidos los trabajos de mantenimiento que se efectúan, ya sea regularmente, ya ocasionalmente (sobre todo en las estaciones mas pequeñas) y en casos urgentes o imprevistos, pueden realizarse tanto el personal de explotación como los encargados de supervisión, a condición de que unos y otros posean la experiencia y calificaciones necesarias.

Las principales reparaciones y modificaciones importantes de las instalaciones pueden confiarse a los técnicos de una brigada móvil, o efectuarse en centros de mantenimiento.

Las estaciones mas grandes pueden poner de su propio personal técnico destinado permanentemente a los trabajos que deban efectuarse en la estación.

En cuanto a las necesidades de personal de supervisión dependen en gran medida de la plantilla de personal de servicio en una estación dada. Bastará con la presencia de un solo inspector en una pequeña estación, mientras que en las mas grandes habra jefes de equipo, además el jefe de la estación. Solo las grandes estaciones con varios puestos de observación necesitaran personal administrativo; en las demás, el jefe de la estación suele realizar los trabajos administrativos, en los que ayuda, en cierta medida, el personal de explotación.

Desde el punto de vista del rendimiento, es muy conveniente que cada operador, aunque especializado en una de las mencionadas funciones, haya adquirido algunos conocimientos y por lo menos una capacitación base en los otros campos.

Como el mas especializado de estos campos es el de los operadores de comprobación técnica de las emisiones, se dedica la continuación de este capítulo a la contratación y capacitación de los mismos.

Los operadores de las estaciones de comprobación técnica se contratan principalmente:

- Entre radiotelegrafistas poseedores de un certificado de primera o de segunda clase, perfectamente capacitados y calificados.
- Entre poseedores de un diploma de escuela secundaria que hayan seguido durante dos años, por lo menos, cursos técnicos de electrónica o de radiocomunicación.

Los candidatos del primer grupo son generalmente radiotelegrafistas provenientes de organismos de telecomunicación. (por ejemplo, de estaciones costeras, de estaciones de barco, de estaciones terrestres del servicio móvil aeronáutico, etc.). Como, en la mayoría de los casos, poseen larga experiencia del servicio de radiocomunicaciones, tienen también un conocimiento teórico de los fundamentos de la electrónica, lo que es indispensable para comprender no solamente las posibilidades del material muy especializado que utiliza el servicio de comprobación técnica de las emisiones, y la forma de manejarlo, sino también los objetivos fundamentales de este servicio. En una organización bien concebida, el servicio de una estación de comprobación técnica de las emisiones puede considerarse como una etapa muy lógica y atractiva en la carrera de un operador de radiocomunicaciones.

7.2 CAPACITACION.

- Normas generales.

La capacitación es una de las cuestiones más delicadas. Con independencia de los conocimientos teóricos y prácticos de base que debe poseer, es necesario que el personal tenga el espíritu fundamental orientado hacia las radiocomunicaciones. Sus actividades abarcan desde la lectura de mensajes recibidos en Morse al manejo del osciloscopio y de otros aparatos electrónicos complicados. Es preciso, pues, que el personal tenga suficiente antigüedad y experiencia para desempeñar trabajos variados, y que sea a la vez suficientemente joven para soportar la carga que imponen las funciones que deben efectuarse y el sistema de trabajo por turnos. Deberá también tener un espíritu abierto y vivo para mantenerse al corriente de los progresos constantes de la técnica de radiocomunicación.

A excepción de los receptores, grabadores de cinta y teleimpresores, los tipos de aparatos electrónicos utilizados en las estaciones de comprobación técnica no son de uso muy corriente en las radiocomunicaciones. Incluso las instalaciones de radiogoniometría difieren considerablemente de las existentes a bordo de barcos y aviones, y son sin duda de concepción más complicada que la de las estaciones terrestres de radionavegación; ya que el servicio de comprobación técnica de las emisiones se ve precisado a trabajar en gamas de frecuencia mucho más variadas.

Las actividades técnicas que el personal de explotación debe poder efectuar son mucho más complejas que el ajuste preciso de un receptor, registrador, analizador o aparato de calibración y medida. También se hará necesario que los operadores sepan interpretar, analizar y evaluar los datos obtenidos. Con independencia de estos aspectos técnicos de su trabajo, es preciso que estén perfectamente al corriente de la reglamentación nacional e internacional de radiocomunicaciones. Por último, su profesión exige conocer los procedimientos de explotación aplicados en los distintos servicios (por ejemplo, en las telecomunicaciones del ejército, del servicio móvil marítimo, del móvil aeronáutico, del fijo presa y télex, etc.). Solo largos años de experiencia permiten que un operador se familiarice con gran número de detalles de esos procedimientos.

- Normas de capacitación.

Para los operadores del servicio de comprobación técnica de las emisiones puedan alcanzar un grado aceptable de competencia, se les debe exigir, en primer lugar, que sigan con provecho uno o varios cursos metódicos de enseñanza especializada, antes de empezar un extenso aprendizaje o la capacitación en el empleo.

7.3 PROGRAMAS DE INSTRUCCION.

Evidentemente, el programa de instrucción debe y puede concebirse de modo que responda a las necesidades de un servicio particular, sin dejar de tener debidamente en cuenta la capacitación y experiencia previas de los nuevos operadores. Se volverá a examinar este aspecto en las secciones. Se recomienda la enseñanza, a los operadores contratados por el servicio de comprobación técnica de las emisiones, de las materias esbozadas a continuación. Este breve cuadro, debería de considerarse solo como un ejemplo destinado a establecer cursos apropiados para el fin perseguido.

a) Materias de caracter general:

- Definiciones y terminos de la U.I.T.; adjudicación y atribución de frecuencias; tolerancia de frecuencias; etc.;
- Documentos de la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T. y registro de frecuencias;
- Acuerdos y tratados internacionales aplicables a países determinados, por ejemplo: Acuerdo Regional Sobre el Espacio de Radiodifusión por Ondas Hectométricas, en la region 2; Acuerdo Europeo de Radiodifusión.
- Leyes y reglamentos nacionales que rigen el servicio de radiocomunicación en un país determinado.

b) Teoría:

- Revisión de conocimientos de matemáticas, especialmente de el empleo de logaritmos y de decibelios.

- Revisión de conocimientos de radioelectricidad, especialmente en lo que respecta a la propagación;

- Emisiones radioeléctricas: tipos, clasificación, etc. (por ejemplo: impulsos, facsimil en banda lateral única, telegrafía armónica, etc.);

- Principios y características de los sistemas de radionavegación, por ejemplo: LORAN, DECCA, ILS, TACAN, radar, etc.

c) Procedimientos de telecomunicación:

- Procedimientos del servicio móvil marítimo;

- Procedimientos del servicio móvil aeronáutico;

- Otros procedimientos civiles y militares;

- Código Q, código Z, abreviatura de servicio, señales de identificación de la O.A.C.I., etc.

- Distintivos de llamada, atribución y formación.

d) Técnicas de explotación:

- Frecuencímetros;

- Analizadores de espectro;

- Radiogoniómetros;

- Convertidores de teleimpresores;

- Aparatos de medida de intensidad de campo;

- Ajuste de teleimpresores;

- Grabadores en cinta;

- Registradores de diagramas;

- Registradores de ocupación del espectro;

- Pupitres de explotación; conmutación de antenas y de receptores, etc.

e) Identificación e interpretación:

- Identificación de estaciones, por ejemplo, por medio de los distintivos de llamada, del tipo de tráfico, de las formas, de las señales de identificación, de los indicadores de destino, etc;

- Identificación de las señales a oído, por ejemplo: manipulación por desplazamiento de frecuencia, Hellschreiber, multiplex, facsimil, etc.;

- Interpretación de diagramas registrados, por ejemplo: anchura de banda, porcentaje de modulación, bandas laterales, señales parasitas, etc.;

- Ocupación del espectro:

f) Trabajos administrativos:

- Inscripción de los diarios de escucha;

- Informes e infracciones;

- Informes de casos de interferencia;

- Formularios de la Oficina de Radiocomunicación de la U.I.T. (por ejemplo: informes de comprobación técnica de las emisiones de radiodifusión de ondas decamétricas, etc.);

- Transcripción, a partir de cintas grabadas, de mensajes interceptados (con fines de establecer informes de infracciones y de interferencias).

g) Código Morse:

- Recepción de señales morse, por lo menos a la velocidad requerida para el certificado de radiotelegrafista de segunda clase.

h) Mecanografía:

- Velocidad conveniente: 40 palabras por minuto.

Aunque se formule el principio de que todos los operadores de explotación de las estaciones de comprobación técnica deben alcanzar estas normas mínimas, es evidente que los operadores experimentados, en posesión de un certificado de radiotelegrafista, necesitaran mucho menos una instrucción formal que los contratados a la salida de una escuela o en otro medio.

El operador experimentado conocerá ya perfectamente el código Morse, así como, por lo menos, las prácticas de la explotación y los procedimientos en vigor en el servicio móvil marítimo, el código Q y gran número de abreviaturas utilizadas en la explotación; estará también familiarizado con el Reglamento de Radiocomunicaciones y tendrá, por lo menos, nociones generales de la legislación nacional sobre las estaciones radioeléctricas.

De cuanto antecede se deduce que convendría proveer dos cursos, según sean las calificaciones y experiencia de los operadores recién contratados. Para los del primer grupo, los cursos de instrucción formal podrían impartirse durante 10 a 11 semanas, mientras que para los otros deberían preverse probablemente de 24 a 30 semanas.

De considerarse necesario, podría dividirse este último curso en dos partes separadas por un período de prácticas de 10 a 12 semanas en una estación de comprobación técnica de las emisiones.

Sería mejor no organizar los períodos de instrucción formal en una estación de comprobación técnica, sino más bien en otro local donde se pudieran dar a la vez conferencias y disponer de pupitres de explotación como los de las estaciones de comprobación técnica pero instalados expresamente para la instrucción. De este modo no se interrumpe la continuidad de los trabajos de las estaciones, y el instructor puede seguir con más detalle los progresos de sus alumnos. El número de alumnos de una clase no debería de ser superior a 10 o 12. Se comprenderá la importancia de esta restricción si se considera que un instructor no puede hacer una demostración satisfactoria en el pupitre de explotación más que a 4 alumnos a la vez, y que todos los alumnos deben pasar muchas horas de práctica real ante un pupitre.

Como los pupitres de instrucción deben parecerse lo más posible a los aparatos que los alumnos encontrarán probablemente en una estación de comprobación técnica, este material de demostración puede dar lugar a un gasto que debe examinarse detalladamente.

Ahora bien, si es reducido el número de alumnos de la clase, no será necesario que la escuela disponga de varios pupitres.

Será útil tener puestos suplementarios de operador, solo provistos de un receptor y una máquina de escribir, que permitan a los alumnos adquirir práctica en la observación general del espectro, manteniendo del diario de escucha, etc.

No debe pensarse que la aplicación de este programa de instrucción formal produzca inmediatamente operadores totalmente calificados. Normalmente, es conveniente, por no decir indispensable, un nuevo período de capacitación en el empleo para que un operador de explotación pueda adquirir la experiencia necesaria y ser considerado totalmente calificado. Este período puede extenderse hasta dos años. Es muy conveniente, además, instruir a fondo a todo el personal sobre material nuevo, a medida de su puesta en servicio, y sobre material o las técnicas nuevas en cuanto se tiene conocimiento de las mismas.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICION DE SISTEMAS RADIADORES DIRECCIONALES EN LA BANDA NORMAL DE RADIODIFUSION (537-1605 KHZ.)

8.1 CARACTERISTICAS GENERALES.

Utilizando planos topográficos y aereofotos con escala no mayor de 1:50000, se trazan los radiales por medir a partir del sistema radiador; la cantidad de radiales debe estar de acuerdo con la complejidad del diagrama de radiación pero en ningún momento sera inferior a 8, los cuales seran distribuidos de acuerdo a la forma del diagrama de radiación, como por ejemplo, en dirección de los nulos, lóbulos menores, mínimos, etc.; tomando en cuenta tambien las facilidades de desplazamiento en el campo; es recomendable que durante las mediciones en la zona cercana al sistema radiador se utilizen mapas o aereofotos. a menor escala de la que se menciona al principio de este artículo, por ejemplo 1:20000 o 1:10000, esto se debe a que a muy cortas distancias se pierden los detalles en mapas o aereofotos con escalas muy grandes lo cual dificulta la ubicación de los puntos de medición.

La distancia mínima aceptable a la que deben iniciarse las mediciones no debe ser menor de diez veces la separación entre antenas, esto debido a que se considera que la radiación producida por el sistema radiador no es originada en un punto.

La longitud mínima de los radiales debe ser de 16 kilómetros, sin embargo, cuando existe la imposibilidad de medir a esta longitud, debido a accidentes topográficos, zonas boscosas, ríos, lagos, mar o frontera común con otro País, los radiales pueden ser de menor longitud.

La cantidad mínima de puntos de medición por radial será de 25, los cuales se indicaran tentativamente en el plano de acuerdo a los siguientes intervalos:

- A partir de la distancia mínima aceptable hasta 3 kilómetros, los puntos se fijan a intervalos de 150 metros.
- De 3 a 5 Kms a intervalos de 300 metros.
- De 5 a 10 Kms a intervalos de 500 metros.
- De 10 a 20 Kms a intervalos de 1000 metros.
- De 20 a 35 Kms a intervalos de 2000 metros.
- De 35 a 50 Kms a intervalos de 5000 metros.
- Mayor de 50 Kms pueden ser a intervalos de 10 Km.

No obstante lo anterior, la separación entre los puntos de medición pueden variar de acuerdo a las condiciones del terreno, especialmente en zonas urbanas y de difícil acceso.

Durante el trabajo de campo, al tener que variar la ubicación de un punto de medición debe procurarse que la desviación del mismo este comprendida dentro de un arco de circunferencia de $\pm 70_30'$ a partir de la trayectoria original.

Sin embargo, en todos los casos, la cantidad de mediciones y la longitud y numeros de radiales debe ser suficiente para el trazo preciso de la o las curvas de atenuación, de distancia inversa que se obtengan al graficar los valores medidos y del diagrama de radiación.

Con fines de comprobación posterior del diagrama de radiación medido, deben seleccionarse cuando menos 6 puntos de control a 1609 metros en los radiales medido, los cuales estaran ubicadós en los nulos y los máximos del lóbulo mayor y de los menores los cuales se haran resaltar en el mapa y en las tablas de los radiales.

8.2 DESARROLLO DE LAS MEDICIONES.

Las mediciones iniciaran dos horas después de la salida del sol y finalizaran 2 horas antes de la puesta del sol, para ello se utilizará un medidor de intensidad de campo calibrado recientemente y autorizado por la Dirección de Nnormatividad y Control de Comunicaciones y antes del inicio de la misma debe tenerse cuidado de que la estación se encuentre operando con los parametros autorizados. Con el fin de determinar con exactitud, los nulos, los lóbulos menores, los máximos, los medios y para tener una idea aproximada de la forma del diagrama de radiación; se llevan a cabo primeramente mediciones de intensidad de campo a 1609 metros del sistema radiador, la cantidad de mediciones sera variable, entre 12 y 30 y estara de acuerdo a la forma del diagrama de radiacion que se quiera medir, efectuando a la forma del -

diagrama de radiación que se quiera medir, efectuando el mayor número de mediciones en las zonas críticas del diagrama de radiación, tales como los nulos, los lóbulos menores y los mínimos; debiendo localizarse estas con exactitud. Y si es necesario reubicar sobre los planos los radiales hacia estas direcciones críticas. Una vez efectuado lo anterior se procede a la medición de los radiales teniendo en cuenta que pueden existir obstáculos, como por ejemplo, cerros, edificios, líneas de energía eléctrica, vías de ferrocarril, etc., que impiden que las mediciones se realicen a las distancias consideradas; invariablemente las mediciones se efectúan procurando los lugares más despejados y planos; cuando los puntos de medición están comprendidos dentro de la ciudad, los intervalos de distancia de cada uno de ellos debe ser menor a los enumerados en la tabla anterior, realizándose cuando menos 3 mediciones dentro de una circunferencia con radio aproximadamente de 5 metros, procurando alejarse la mayor distancia posible, de estructuras metálicas; y de líneas de energía eléctrica aéreas y subterráneas, en realidad el valor de intensidad de campo que se anota es la mediana de los valores medidos dentro de la circunferencia en cuestión.

Adicionalmente se llevan a cabo los trabajos necesarios para determinar la altura, la separación y la orientación de las torres que componen el sistema direccional.

Es importante que durante el desarrollo de las mediciones se tenga un control de la potencia, que la misma se conserve constante para esto se toman lecturas cada media hora de la corriente en la base de las torres, y de los medidores del paso final de R.F. del

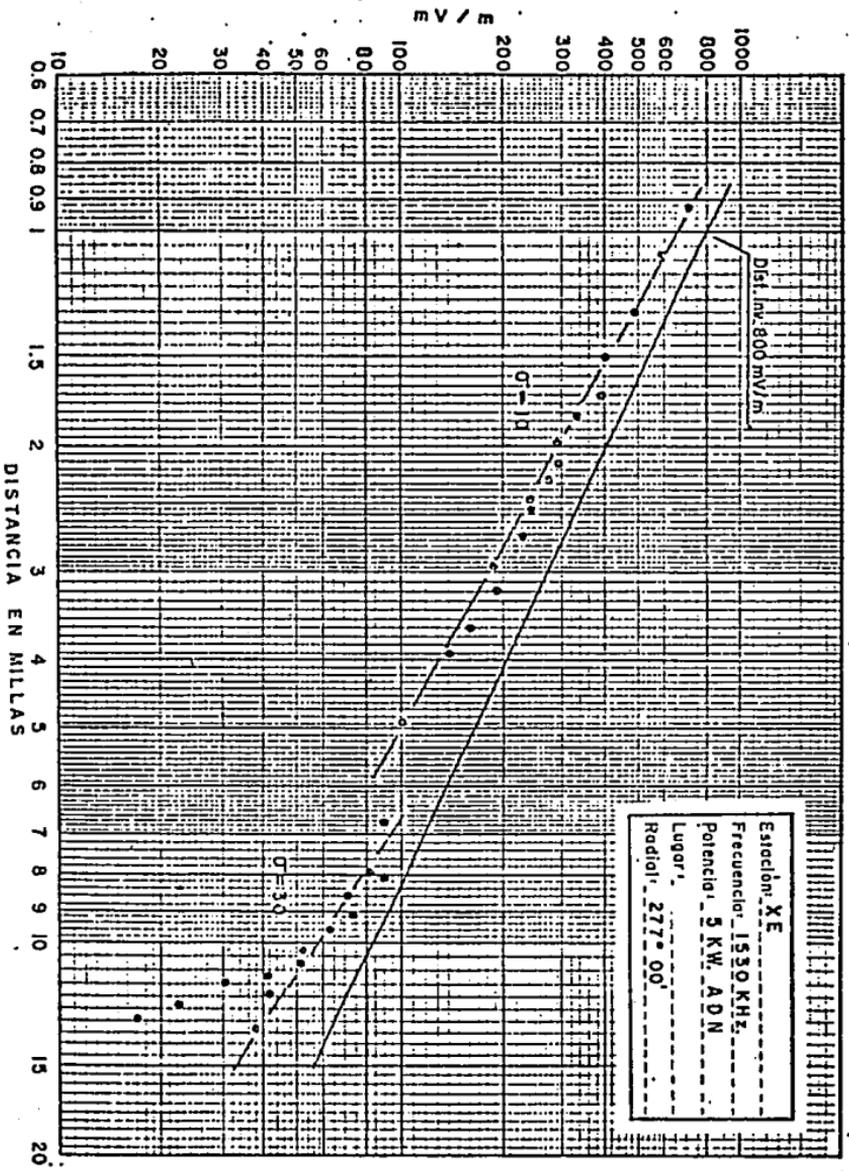
transmisor, haciendo las anotaciones correspondientes; así mismo se anotan las fases de las corrientes de los elementos radiadores.

De existir alguna variación considerable en los parámetros de operación anotados, deben efectuarse nuevamente las mediciones de intensidad de campo tomadas durante el período de variación.

8.3 INTERPRETACION DE DATOS.

Los valores de intensidad de campo medidos en cada radial y la distancia al radiador de cada uno de los puntos de medición se grafican en papel logarítmico transparente, en el cual la intensidad de campo está dada en la escala de las ordenadas y la distancia en la de las abscisas, el tamaño de la escala de dicho papel será igual al de las curvas teóricas amplificadas de "Intensidad Campo de Onda de Tierra contra Distancia" correspondientes al Anexo IV de las "Normas para Instalar y Operar Estaciones de Radiodifusión en la Banda de 535 a 1605 kHz".

La curva o las curvas de atenuación se encuentran deslizando la gráfica transparente en forma vertical hacia arriba y hacia abajo sobre las curvas teóricas, utilizando como referencia la distancia de 1609 metros (1 milla) de ambas gráficas, hasta encontrar la curva o curvas que se aproximen más al mayor número de puntos graficados; anotándose los valores de conductividad, así mismo también se calcula la curva de distancia inversa; el valor de la intensidad de campo de distancia inversa se puede leer en la intersección de la ordenada de una milla con la curva de distancia inversa.



Estacion: XE
 Frecuencia: 1530 KHz.
 Potencia: 5 KW. ADN
 Lugar:
 Radiol: 277° 00'

Dist. inv. 800 mV/m

Los valores de intensidad de campo eléctrico de distancia inversa obtenidos, se grafican en papel de coordenadas polares de acuerdo al azimut que les corresponda, uniendo posteriormente los puntos graficados para obtener finalmente el diagrama de radiación deseado.

Para obtener el valor E_{RCH} del diagrama de radiación en cuestión, se llevan a cabo cálculos utilizando la siguiente expresión:

$$E_{RCH} = \sqrt{\frac{E^2_{100} + E^2_{200} + \dots + E^2_{360}}{36}}$$

Donde:

E_{RCH} = Valor raíz cuadrática medio de los valores de intensidad de campo a 1606 metros tomados del diagrama de radiación.

E = Valores de intensidad de campo a 1609 metros del diagrama medido de 100 hasta 360°.

El cálculo de la intensidad de campo característico se lleva a cabo por la siguiente expresión:

$$n = \frac{E_{RCH}}{\sqrt{P_{RCH}}}$$

Donde:

n = Intensidad de campo característico medio de los valores de intensidad de campo a 1609 metros.

P_{Kw} = Potencia total de trabajo del sistema radiador en Kw (la suma algebraica de las potencias de trabajo de cada torre).

En esta expresión el valor de la potencia en cada torre se determina como sigue:

$$P = I_b^2 \cdot R$$

Donde:

I_b = Corriente en la base de la antena.

R = Parte resistiva de la impedancia de trabajo de la torre en cuestión.

8.4 PRESENTACION DE RESULTADOS.

Para la presentación de los resultados de la medición efectuada es aconsejable seguir los siguientes pasos:

a) Realizar una breve reseña de la forma en que se llevaran a cabo las mediciones, anotando lo que se considere importante, las formulas y los cálculos efectuados, la impedancia de trabajo de las torres y del sistema, las dimensiones, separación y orientación del eje de torres encontrados.

b) Tabla que contenga los valores de intensidad de campo medidos a 1609 metros como la que se muestra en la tabla 1.

c) Tablas de valores de intensidad de campo medidos para cada radial que contenga los datos que se muestran en la tabla 2.

d) Curvas de atenuación de la intensidad de campo para cada radial, anotando la conductividad y la curva de distancia inversa con el valor de intensidad de campo obtenido.

e) Tablas de los valores leídos en los medidores del paso final de R.F. del transmisor y en la base de las antenas, como se muestra en la tabla 3.

TABLA 1

ESTACION: XE----- 1530 KHz 5 Kw
 LECTURAS DE CORRIENTE EN LA BASE DE LAS ANTENAS

HORA	TORRE 1	TORRE 2	TORRE 3	FECHA:
				TORRE 4
9:30				
9:45				
10:00				
10:15				
10:30				
10:45				
11:00				
11:15				
11:30				
11:45				
12:00				
12:15				
12:30				
12:45				
13:00				
13:15				
13:30				
13:45				
14:00				
14:15				
14:30				
14:45				
15:00				
15:15				
15:30				
15:45				
16:00				
16:15				
16:30				
16:45				
17:00				

TABLA 3

ESTACION: XE---- 1530 KHz
 5 Kw ADN
 MEDICIONES DE INTENSIDAD DE CAMPO
 ELECTRICO A 1609 METROS.

FECHA: -----

PUNTO	AZIMUT	mV/m	OBSERVACIONES
1	00 00'		
2	60 35'		
3	120 35'		
4	170 30'		
5	260 00'		
6	320 30'		
7	390 15'		
8	420 50'		
9	550 00'		
10	730 30'		
11	1000 00'		
12	1180 00'		
13	1500 00'		
14	1650 00'		
15	1850 30'		
16	2200 00'		
17	2470 00'		
18	2570 00'		
19	2770 30'		
20	2860 00'		
21	2960 30'		