

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PARA MEDICION DE
CARACTERISTICAS DE ANTENAS TIPO A UTILIZARSE EN EL LA
BORATORIO DE COMUNICACIONES DE LA ESPOL".

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

PRESENTADA POR:

JOSE R. ALTAMIRANO V.

GUAYAQUIL - ECUADOR

1982

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. EEG-020

A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. PEDRO CARLO PAREDES,
Director de Tesis, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

Al ING. CARLOS BECERRA ESCUDERO, por su valiosa ayuda brindada en la realización de mi tesis.

ESQUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Ino. No. ELEC-020

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

ESUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Inv. No. ELSC-020



ING. PEDRO CARLO PAREDES
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ES CUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



JOSE ALTAMIRANO

R E S U M E N

La necesidad de equipar eficientemente el laboratorio de Radiofrecuencia de la ESPOL, nos ha llevado a elaborar y diseñar un sistema el cual será utilizado para determinar valores característicos de antenas tipo utilizados en pruebas de laboratorio y en comunicaciones comerciales.

Las características de antenas, tales como impedancia, ganancia, Angulo de Directividad, Comportamiento a polarizaciones horizontal y vertical, han sido determinadas, unas por métodos directos y otras por comparación de los diagramas de radiación que han sido obtenidos - de un sistema Transductor el cual fue construido para tal efecto.

Las antenas objeto de investigación representan una - parte de una extensa cantidad que podrían ser analizadas, pero hemos seleccionado a ellas por ser las más -

representativas y empleadas en las transmisiones a U.H.F.

INDICE GENERAL

	<u>Pag.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	VIII
INDICE DE FIGURAS -----	X
INTRODUCCION -----	13
CAPITULO I	
OBJETIVOS -----	15
CAPITULO II	
DESCRIPCION DEL SISTEMA PROPUESTO -----	18
2.1. EQUIPOS Y COMPONENTES -----	18
2.2. CONSTRUCCION DE LAS ANTENAS -----	50
2.3. CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL TRANSDUC TOR -----	75
CAPITULO III	
PRUEBAS EXPERIMENTALES -----	87
3.1. MEDICIONES DE IMPEDANCIAS -----	88
3.2. PRUEBAS DE RADIACION -----	99
3.3. EVALUACION DE RESULTADOS -----	126

CAPITULO IV

APLICACION DE RESULTADOS -----	130
4.1. VENTAJAS DEL SISTEMA -----	130
4.2. SUGERENCIAS PARA LAB. DE LA ESPOL-----	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	134
BIBLIOGRAFIA -----	136

I N T R O D U C C I O N

La implementación y construcción de un sistema que será utilizado para medir características de antenas tipo nos ha llevado a seleccionar antenas que son utilizadas en comunicaciones U.H.F tales como dipolos, preferencia y variable, Yagi con reflector esquinero, Bicónica con reflector esquinero y finalmente antena de arreglos lienas; se destacará en esta parte del estudio factores que intervienen en la fabricación de las mismas, materiales que se han empleado, razones de haber utilizado pantallas reflectoras y cuidados que han de tomarse muy en cuenta al momento de su instalación y conexión.

Es necesario señalar que para la determinación de parámetros tales como: Ganancia, ángulo de directividad, comportamiento de las antenas a polarización horizontal y vertical fue necesario la construcción de un sistema transductor que se fundamenta en recoger señales provenientes de una antena bajo investigación, para luego procesar esta señal mediante la utilización de un Analizador de Es

pectros, y una vez procesada esta señal inyectarla a un sistema graficador X,Y, al cual definirá una gráfica que no es otra cosa que el lóbulo de radiación de la antena bajo estudio. Esto fue logrado gracias a la disponibilidad de los equipos que actualmente prestan servicio en el Laboratorio de Radiofrecuencia de la ESPOL y que más adelante serán presentados.

En la parte final del presente estudio se efectuará la evaluación de los resultados que fueron obtenidos de la investigación que se realizó en las antenas que hemos presentado con la finalidad de definir que antena o antenas son las más adecuadas para llevar información a un sitio determinado.

CAPITULO I

1. OBJETIVO

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), por intermedio del Departamento de Ingeniería Eléctrica, consciente del avance tecnológico en el área de las comunicaciones y que la aplicación de esta nueva tecnología en nuestro país, implica la formación y preparación de elementos idóneos que más tarde recaerá sobre ellos la responsabilidad de efectuar los chequeos y mantenimientos necesarios en los equipos de comunicación, les ofrece a la juventud estudiosa, una educación adecuada y Laboratorios suficientemente equipados para que ellos tengan la oportunidad no solamente de observar el aspecto teórico, sino también simular los fenómenos estudiados en las horas de clases.

Deseosos de colaborar con la superación académica de la ESPOL, el presente trabajo está destinado a contribuir con el equipamiento del Laboratorio de Radiofrecuencia, mediante la implementación de un conjunto de antenas tipo muy utilizadas en las transmisiones comerciales, las que serán objeto de estudio para determinar entre

otras cosas su impedancia, su forma de radiar, su comportamiento en polarización horizontal y vertical. En el aspecto físico se detallarán las características de los materiales utilizados para su construcción.

Un aspecto digno de destacar en el presente estudio es la utilización y aprovechamiento de los equipos disponibles en el Laboratorio de Radiofrecuencia, los que serán combinados de tal manera que en conjunto simulen una estación transmisora de señales, para que los estudiantes puedan objetivizar la forma de cómo actúa una Radioemisora, los elementos que la conforman desde su parte inicial hasta la radiación de energía a través de las distintas antenas que se han de utilizar para lograr tal propósito.

En la medición de impedancias de las antenas el estudiante trabajará con los instrumentos de medición, líneas de transmisión, instrumentos detectores todo esto con la única finalidad de que el estudiante se familiarice con los instrumentos disponibles en el Laboratorio de Radiofrecuencia, que no acuda al laboratorio simplemente a cumplir prácticas específicas establecidas en el plan de estudios, sino que el estudiante tendrá la oportunidad de operar un sistema conjunto. Actuará en la instalación de antenas, logrará su perfecto acoplamiento y lo que es más importante obtendrá el diagrama de

radiación de las antenas que serán objeto de estudio.

Se espera que el presente estudio contribuya a elevar el conocimien
to del estudiantado politécnico, así como también ayudar en el avan
ce tecnológico de la ESPOL.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL SISTEMA PROPUESTO

En el capítulo que a continuación expondremos, informaremos acerca de los equipos y componentes que hacen posible la ejecución del sistema en cuestión se detallarán las características de operación en radiofrecuencia y ciertos aspectos técnicos que son dignos de destacar, luego expondremos en la sección 3.2 sobre las antenas - que hemos considerado las más representativas para ser estudiadas ya que ellas son las más empleadas en las transmisiones comerciales, hablaremos acerca de los materiales con los cuales han sido fabricadas y detalles de instalación de las mismas, finalmente en la sección 3.3, trataremos sobre la construcción del Sistema de Transducción, el cual nos informará sobre la forma de radiar la energía, las antenas que serán objeto de estudio.

2.1. EQUIPOS Y COMPONENTES

- a. Medidor de admitancias modelo: 1602 - 13 - UHF: Este instrumento lo hemos usado para determinar admitancias e impedancias de cargas desconocidas sobre un amplio rango de

frecuencias, se ha empleado para tal efecto líneas coaxiales de 50 ohm de impedancia característica; sin embargo - es posible realizar mediciones en línea de impedancias - distintas a 50 ohm. Este instrumento es diseñado para operar a frecuencias comprendidas entre 40 y 1.500 MHz.

Consta de 3 ramales, el primer ramal se cierra con el elemento 1602 P-H-50 ohm, es una resistencia pura de 50 ohm., igual al de la impedancia o característica de la línea, este elemento es llamado conductancia característica (G_s). El segundo ramal se lo cierra con el elemento 1602- P -1, es un stub de longitud variable, opera a las frecuencias de 150 a 1000 MHz, se lo llama susceptancia característica (B_s).

Al tercer ramal se conecta la carga desconocida cuyos valores de admitancia se desea conocer.

$$Y = G + j B.$$

En cada uno de los ramales existe un lazo, los cuales están acoplados magnéticamente, acoplamiento que puede variar al hacer rotar cualquiera de ellos. En la figura -

2.1., se podrá observar con lujo de detalles lo anteriormente expuesto.

Las salidas de los 3 lazos se las conecta en paralelo y - cuando ellos están orientados apropiadamente se obtiene cero en la salida, la cual se visualiza a través del Detector de F.I. (ver manual de operaciones del medidor de admitancias G.R. Mod. 1602).

En la parte frontal del instrumento existe un disco con tres escalas indicando: Conductancia de 0 a 20 millimhos; Sceptancia calibrada de (-20) a (+20) millimhos; y una escala usada para establecer el factor de multiplicación - de admitancias. Sobre la periferia de cada una de estas escalas están ubicadas 3 manecillas acopladas mecánicamente con los lazos anteriormente citados y que indican los valores respectivos de conductancia, susceptancia y factor de multiplicación. Esto se observa en detalles en la figura 2.2.

- b. Fuente de Poder Modelo 1263 - C: Esta fuente ha sido diseñada para trabajar en conjunto con el oscilador Modelo G.R. 1363 o con otros similares. Este equipo ajusta auto

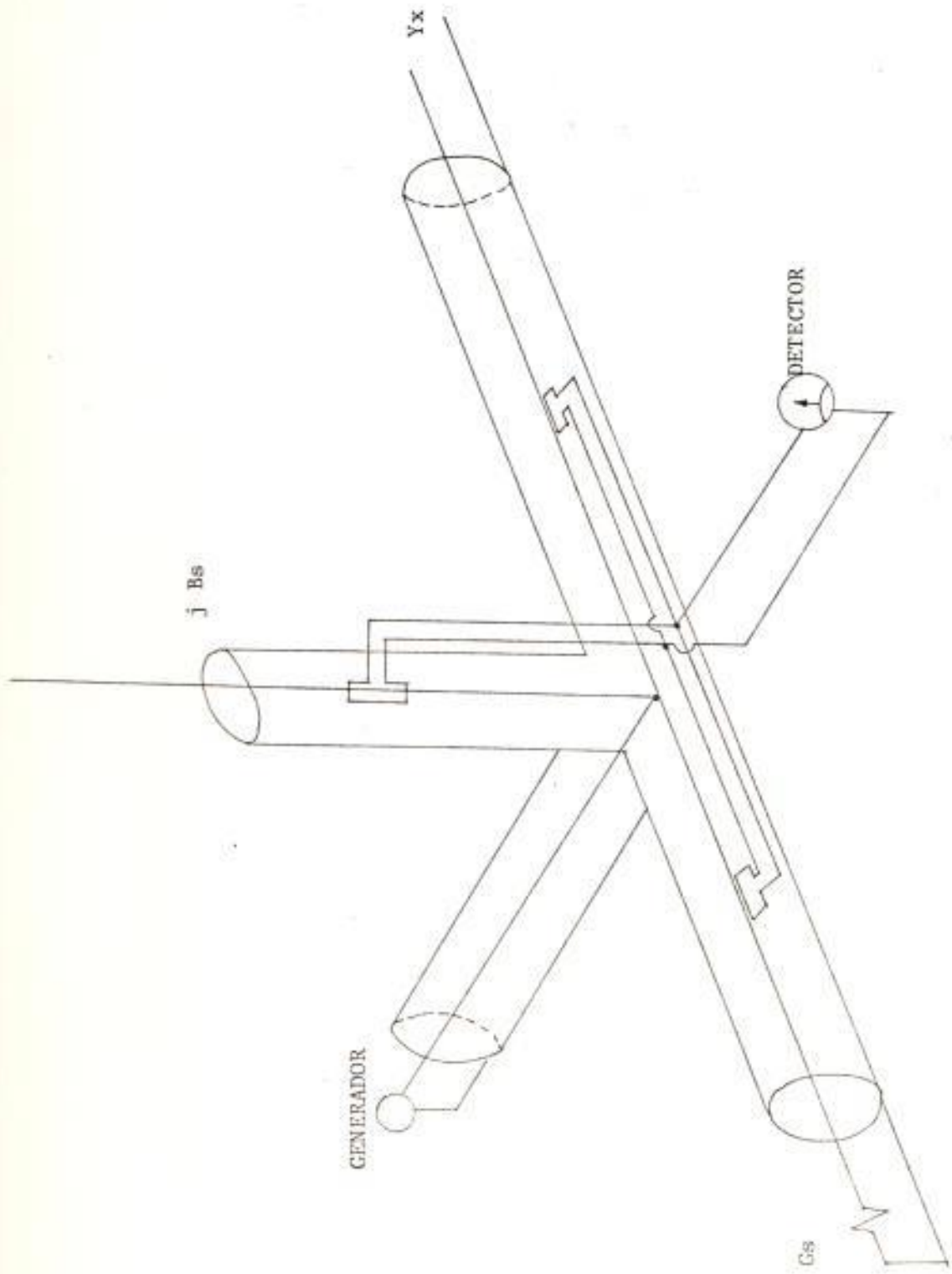


FIG. N° 2.1. ACOPLACION MAGNETICA DE LOS RAMALES

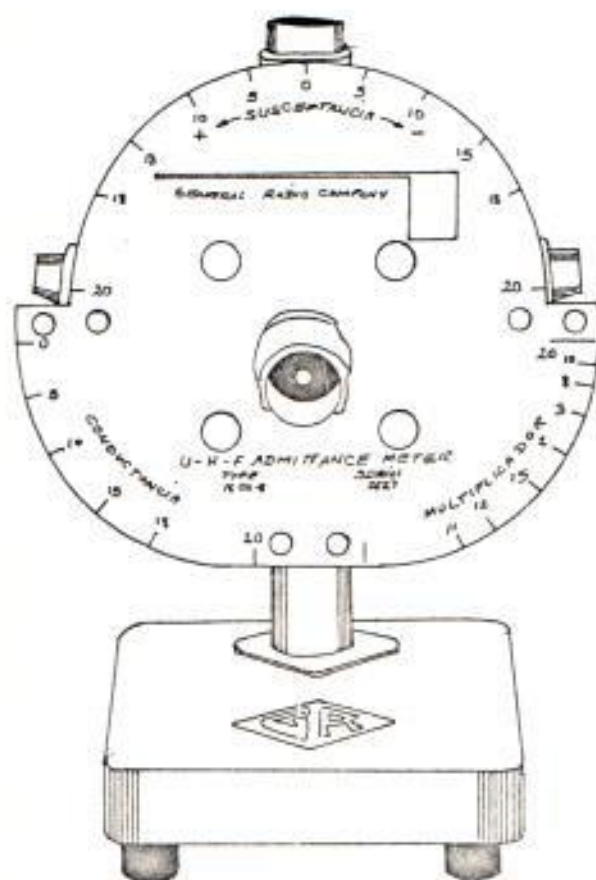


FIGURA N^o 2-2

INDICACION DE LOS VALORES RESPECTIVOS

maticamente la corriente de placa del oscilador manteniendo el voltaje de R.F. a la salida, en valores constantes.

Lo señalado anteriormente es de enorme importancia especialmente cuando se desea efectuar medidas de frecuencias en el osciloscopio. En la figura 2.3, se muestra la fuente de poder con sus respectivos controles; además se ha creído conveniente anotar las características fundamentales del equipo en cuestión.

ESPECIFICACIONES

VOLTAJE DE R.F. EN LA SALIDA: De 0.2 a 2 voltios al actuar con cualquier oscilador que presente 50 ohm de impedancia. Cuando actúa la modulación de onda cuadrada se obtiene a la salida de 0,2 a 1 voltios.

REGULACION DE LA R.F. EN LA SALIDA: Cuando se actúa por debajo de los 500 MHz, existe un 15 % de Regulación. La misma regulación puede ser lograda cuando trabaja

jamos sobre los 2.000 MHz siempre y cuando se emplee un filtro pasa bajo "Low pass" apropiado.

MODULACION EN FRECUENCIA: Es de KHz de onda cuadrada lo cual es ajustable en un $\pm 5\%$.

ELEVACION Y TIEMPO DE
ASENTAMIENTO "RISE AND
DECAY TIME": 50 u. sec. en cada uno de los
pasos.

VOLTAJE DE ALIMENTACION
DE PLACA: 0 a 300 voltios con 300 m A

RUIDO Y MURMULLO: Menos de $\%$ cuando se utiliza
C.W.; $\pm 3\%$ al usarse 1 KHz
de modulación de onda cuadrada.

MEDIDOR: Cuando se usa (1) KHz de modula
ción con onda cuadrada, el va
lor leído es el R.M.S. de la on

da portadora. El medidor está provisto de un sistema Estandarizador el cual mejora la lectura en 10%.

Los numerales y literales que aparecen en la figura 2.3. los detallaremos a continuación:

REE:F.

F U N C I O N

1. -----Ajusta el cero en el medidor de voltaje
2. -----Chequea el voltaje de salida en el medidor.
Además calibra la salida rectificada de voltaje sin causar ningún disturbio en la corrección con el oscilador:

Tiene cinco posiciones: CERO/ CHEQUEO / CALIBRACION / OPERACION / SALIDA SIN REGULACION.
3. ----- Indicador de la salida del voltaje.
4. ----- CONTROLA EL VOLTAJE DE SALIDA. Establece el nivel de operación.
5. ----- Para ajuste y calibración del Indicador de voltaje.
6. ----- Ajusta la modulación de la frecuencia.
7. -----

8. ----- Tecla de prendido/apagado, con lámpara indica
dora.
9. ----- Actúa en dos posiciones C W y 1 - Kc de modu
lación con onda cuadrada.
10. ----- Permite una modulación simétrica con onda cua
drada, y estabiliza apreciablemente el circui
to de encendido del oscilador.

REFERENCIA	<u>F U N C I O N</u>
------------	----------------------

- | | |
|----------|--|
| A. ----- | Terminal triple, para alimentación del equipo. |
| B. ----- | Salida Rectificada a través del conector GR-
874. |
| C. ----- | Salida modulada para usar con un sistema de <u>mo</u>
dulador sincrónico. |
| D. ----- | Conexión para utilizar con un circuito externo
el cual elimina la salida del oscilador <u>inter</u>
no del equipo. |
- c. Oscilador de F.I. Modelo G.R. 1363: Este modelo es de tipo colpits, emplea un triodo 2C - 43 como elemento principal. Es este instrumento es utilizado ampliamente en los Laboratorios de R.F. La sintonización de la frecuencia se la efectúa a

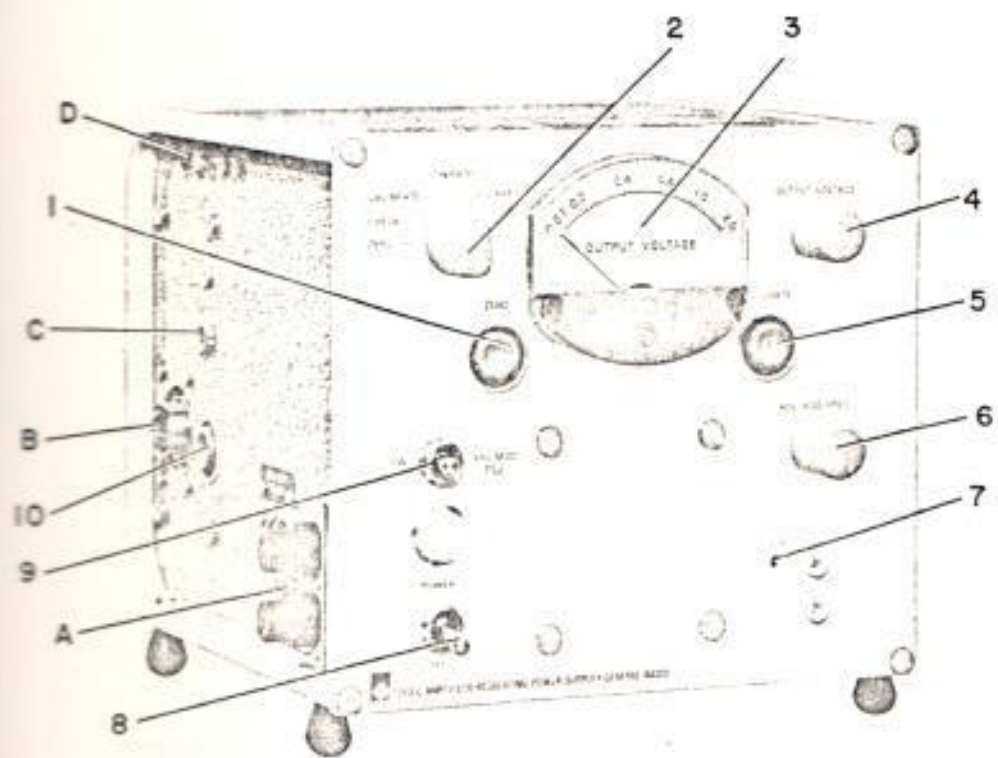


FIGURA 2-3

FUENTE DE PODER mod. -1263-C

través de un gran dial ubicado en la parte frontal del equipo como se puede observar en la figura 2.4.

Se ha creído conveniente anotar ciertas características de operación del equipo en referencia, las mismas que se detallan a continuación:

RANGO DE FRECUENCIA:	De 56 a 500 MHz.
CIRCUITO DE SINTONIA:	Se emplea capacitor e inductancia variable.
DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA:	Es de 0,8 % total; luego de haber encendido el equipo y haber transcurrido un tiempo prudencial es posible un desplazamiento de 2 %.
CONTROL DE FRECUENCIA:	Se efectúa a través del Dial en la parte frontal del equipo, las frecuencias están calibradas sobre 250 grados.
PRECISION DEL EQUIPO:	\neq , - 2%

En la figura 2.4. se señalan numéricamente ciertas partes importantes en el funcionamiento del equipo; se detalla a continuación las más importantes:

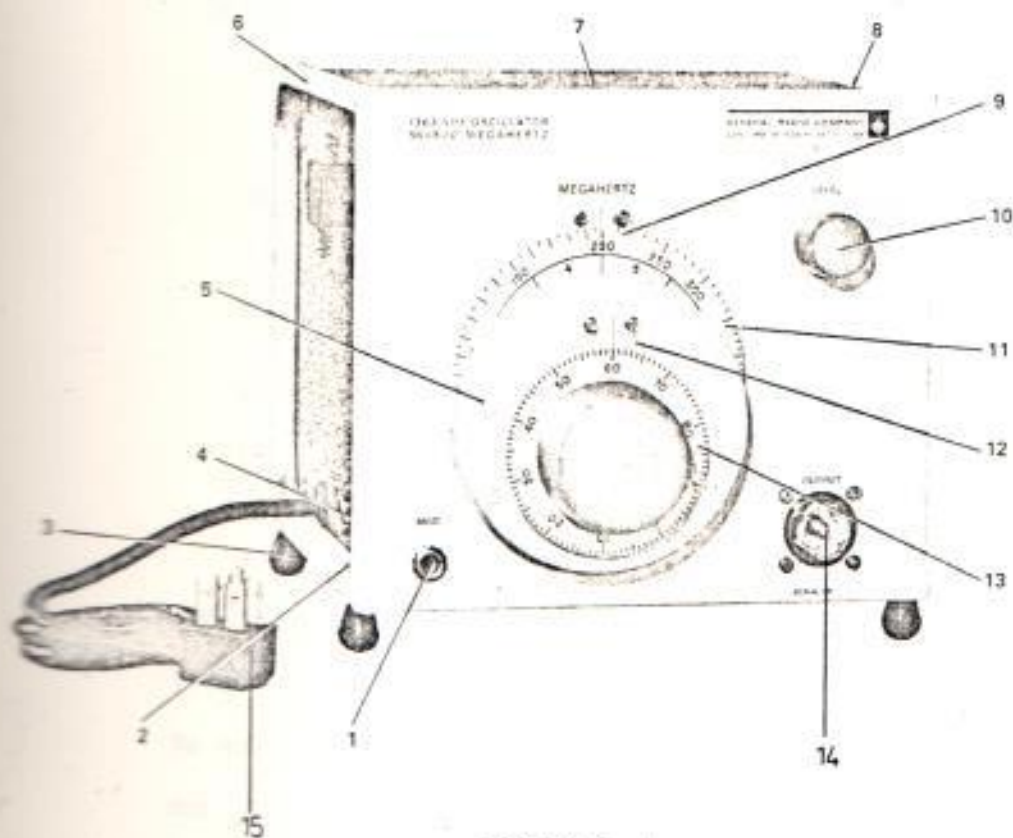


FIGURA 2-4

OSCILADOR mod. - 1363 V.H.F.

56 - 500 MEGAHERTZ

REFERENCIADESCRIPCION

1	Conector para aplicar modulación
10	Control del nivel de la señal en la salida
11	Dial indicador de la frecuencia de operación
13	Dial afinador de la frecuencia de operación
14	Conector de Salida G R - 8 7 4
15	Cable de alimentación del equipo

d. Amplificador de F.I. Modelo G.R. 1236: Este equipo en la mayoría de los casos actúa como detector heterodino al ser puesto en combinación con el oscilador G.R. 1363 y con el mezclador (MRAL - MIXER); es muy sensitivo lo que determina que se lo emplee como indicador de voltajes relativos, especialmente cuando se trabaja con valores sumamente pequeños. La figura 2.5, nos muestra un diagrama en bloques del amplificador de F.I. en lo que respecta a su constitución.

Las especificaciones eléctricas del equipo en cuestión, las detallaremos a continuación:

FRECUENCIA CENTRAL:	En 30 MHz.
ANCHOS DE BANDA:	4 MHz y 0.5 MHz, los cuales -

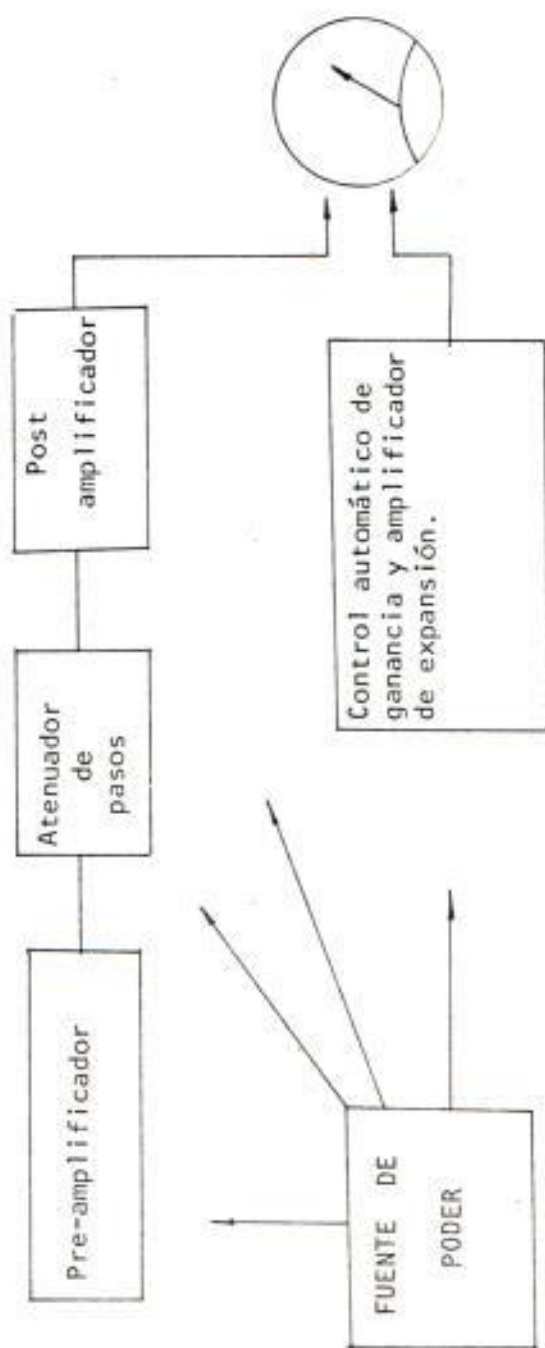


FIG. N° 2.5. DIAGRAMA EN BLOQUE DEL AMPLIFICADOR DE F.I.

SENSITIVIDAD:

pueden ser seleccionados por intermedio de un switch ubicado en la parte frontal del equipo. Mayor a 9 u.v. cuando estamos trabajando en banda ancha y mayor a 3.5 u.v. en banda angosta.

CARACTERISTICAS DE MEDICION**ESCALA NORMAL:**

Comprendida entre -2 a 10 db; con una linealidad de ser de más o menos 0,2 db, cuando operamos en el rango de 0 a 10 db.

ESCALA EXPANDIDA:

Es de 1 db a plena escala siendo su linealidad de +, -0,03 db.

ESCALA COMPRIMIDA:

Es de 40 db.

ATENUACION:

Varía de 0 a 70 db en pasos de 10 db.

En la figura 2.6, se señalan los controles que intervienen en el comportamiento del amplificador de F.I., los mismos que se detallan a continuación:

AMPLIFICADOR DE FRECUENCIA INTERMEDIA mod. - 1236

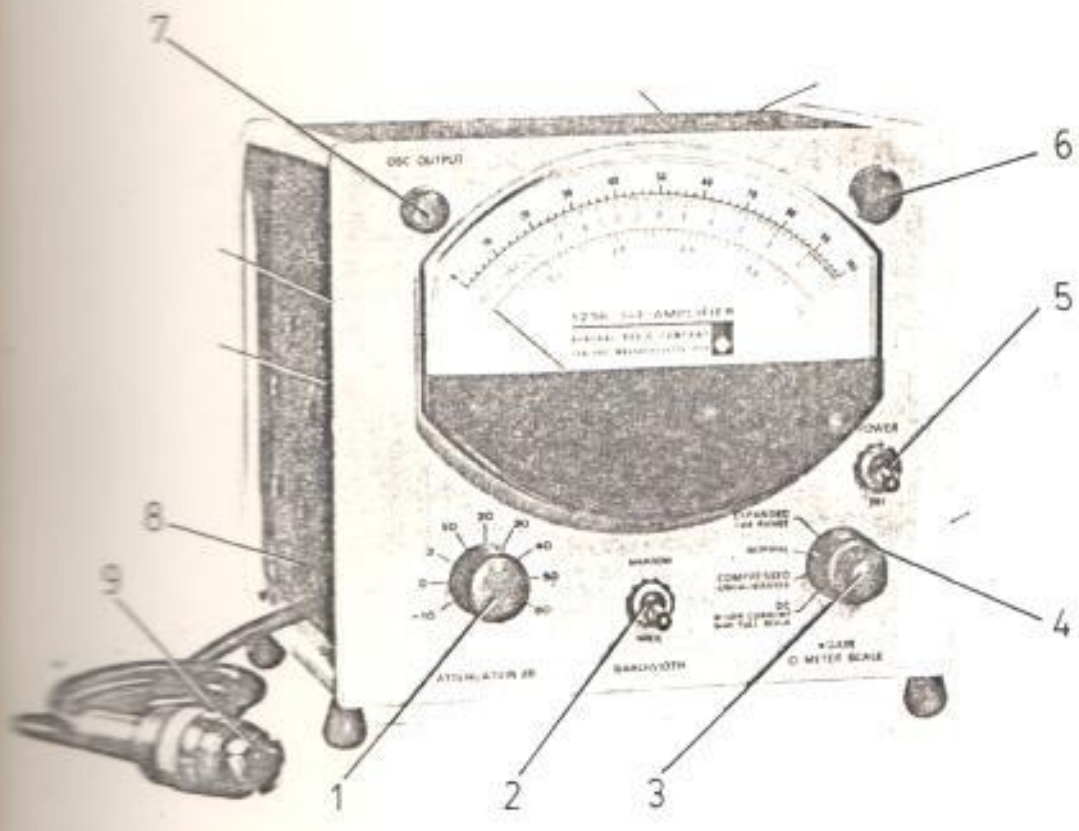


FIGURA 2-6

<u>REFERENCIA</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1	Atenuador en decibeles; disminuye la salida en los valores indicados alrededor de la perilla.
2	Selector de anchos de Banda; establece dos posiciones: Amplio aproximadamente 4 MHz Angosto aproximadamente 0.5 MHz
3	Potenciómetro de GANANCIA
4	Selector de Escalas de 4 pasos: Rango 1 - d B: Expande la porción superior de la escala normal, a 1 d B N O R M A L: Indica el nivel relativo de la señal en la escala marcada con negro. En decibeles en la escala superior marcada con rojo. COMPRIMIDA: Comprime la escala a 50 d B. CONTROL DE LA CORRIENTE EN EL MEZCLADOR.
5	Tecla para encender el equipo
6	Lámpara indicadora de funcionamiento
7	Ajusta y controla la salida del oscilador
8	fusible de 0.5 amp;protección para sobrecarga
9	Conector GR-874 de ingreso para señales de 30 MHz.

e. Fuente regulada de voltaje marca Heathkit:

Modelo: I.P. - 281 - 30 V.D.C., el cual puede ser apreciado en la figura 2.7; en ella se indican los controles con su respectivo significado los mismos que afectan al comportamiento del equipo.

Las especificaciones eléctricas al igual como se procedió en los otros equipos, los detallamos a continuación:

SALIDAS DE VOLTAJE:	2 rangos; 1 - 10 VDC y 1-30 V.D.C.
SALIDAS DE CORRIENTE:	1 amp.máximo; cuando se opera abajo de 5 voltios se obtiene 0,75 amp. para cargas continuas.
LIMITACION DE CORRIENTE:	Dos rangos 1- -100 m.A. y 10 m A-1 ajustables.
RANGO DE MEDIDAS:	Un conmutador determina la lectura de voltaje o amperaje ya sea en los rangos 0 -10 V o 0-30V, en casos de voltajes y caso de corriente de 0 -100mA o de 0 - 1 amp.
PRECISION:	3 % a plena escala

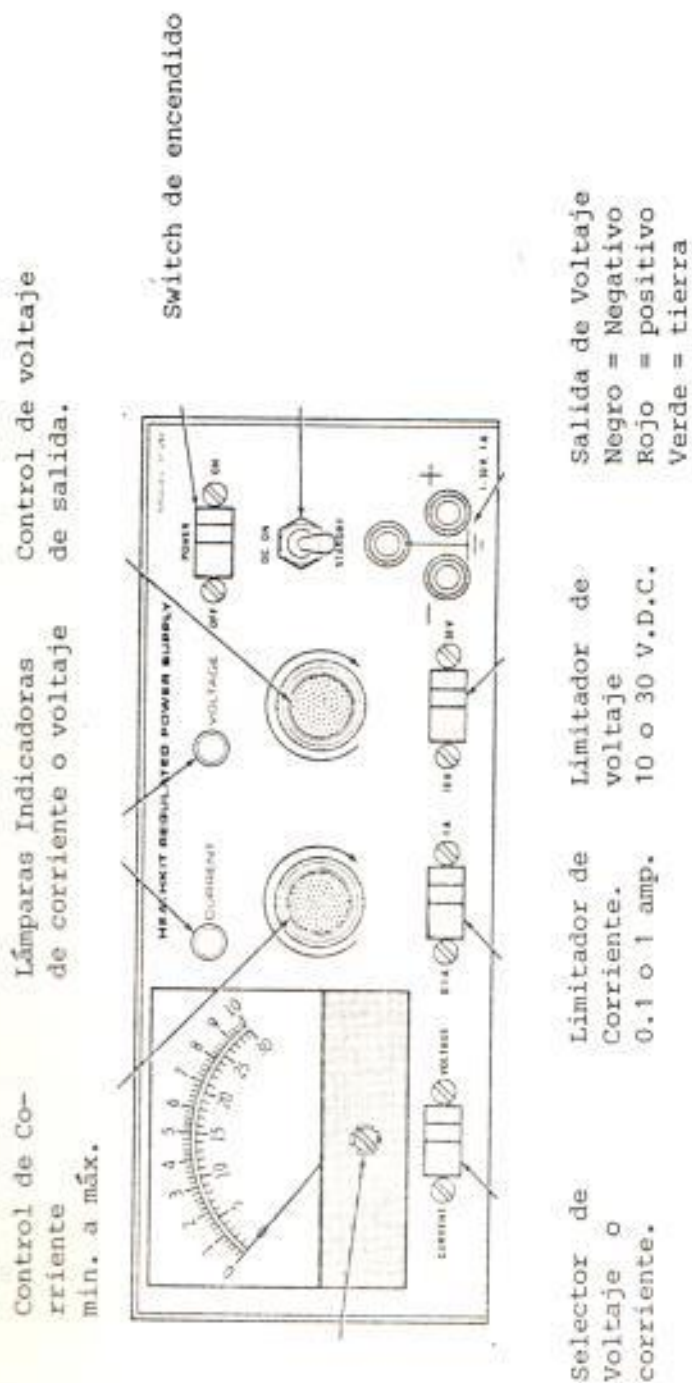


FIGURA 2-7; MODELO I.P. - 281-30V.D.C.

f. Control de posición: Modelo C D E - C D 45: Este equipo es utilizado para controlar el desplazamiento o rotación del motor que hará girar a nuestras antenas en sentido levógiro o dextrógiro. Está compuesto por dos transformadores que alimentan a dos circuitos. El primer circuito tiene por finalidad sensor la posición de la antena; este circuito es regulado a través de un diodo Zener que mantiene el voltaje a 13 V. D.C.

El segundo circuito tiene por finalidad alimentar al rotor que girara en sentido dextrógiro o levógiro dependiendo de los controles C W y C.C.W. ubicados en la parte frontal del equipo.

Para obtener una mejor visualización de lo manifestado anteriormente se incluye una fotografía que muestra al equipo con sus respectivos controles (ver figura 2.8). En la figura 2.9. se muestra el Diagrama Eléctrico del equipo en referencia.

g. Rotor: C.D-45: Este equipo es alimentado por el control de posición; acciona con 24 V.A.C. y 2.25 amperios, el tiempo de rotación es de 45 a 60 segundos en líneas de 60 Hz. Su peso aproximado es de 10 kilogramos.



FIGURA N° 2.8.

CONTROL DE POSICIONES

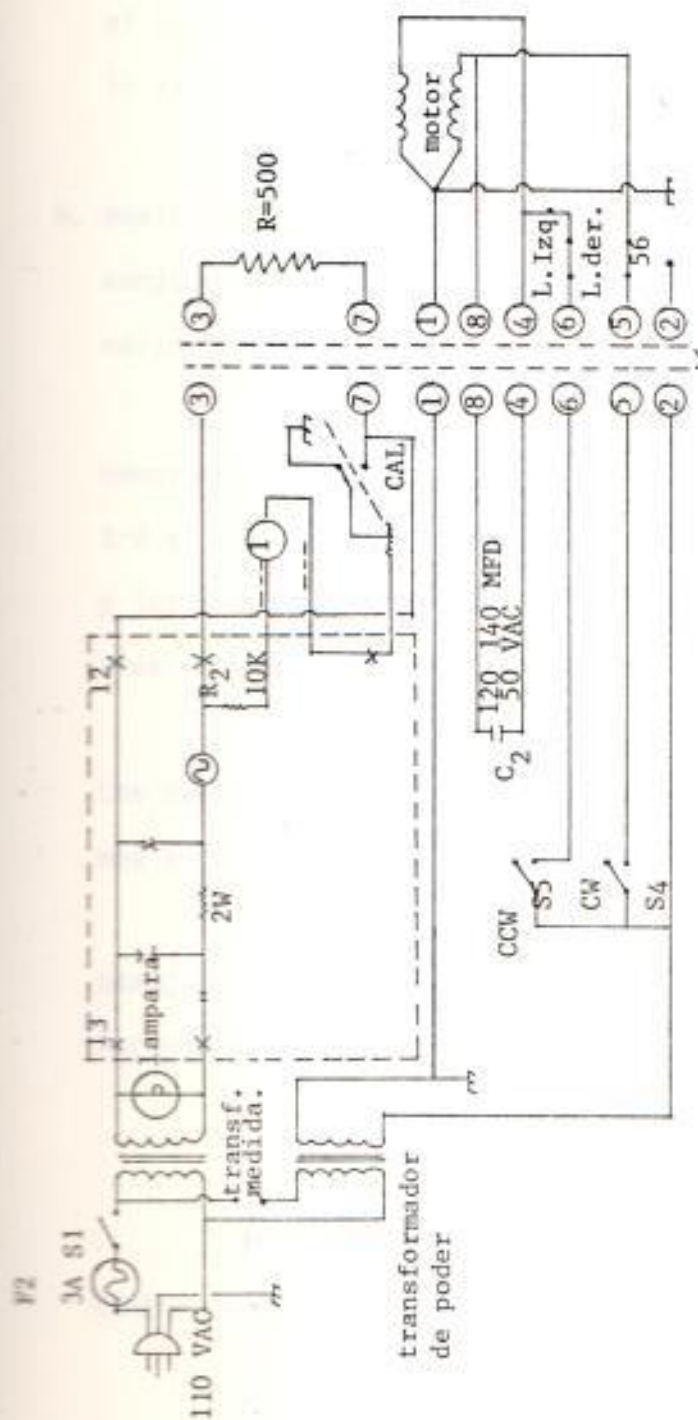


FIG. N° 2.9. DIAGRAMA ELECTRICO DEL EQUIPO

El rotor es alimentado por intermedio de un cable de 8 líneas el cual va conectado en la base del rotor como se indica en la figura 2.10 que se muestra en la página siguiente.

- h. Analizador de Espectros: Este equipo lo hemos utilizado en conjunto con el osciloscopio TEKTRONIX 7623-A, tiene como finalidad procesar señales provenientes de la antena receptora.

Hemos creído conveniente incluir la figura 2.11 en que se muestra el analizador de espectros en conjunto con el osciloscopio y las figuras (2.12 y 2.13) que muestra al analizador de espectros con sus respectivos controles.

Las características del "Analizador de Espectros" las detallamos a continuación:

RANGO DE OPERACION EN

FRECUENCIA Y PRECISION: FR de 0.1 MHz a 18 GHz. La lectura tiene una precisión comprendida entre \pm ,
 $-(10 \text{ MHz} + 1 \%)$.

ETAPAS DE FRECUENCIA: Es calibrado en pasos de 1, 2, o 5 de 500 Hz/Div a 100 Mz/Div. La precisión de un 5 %.

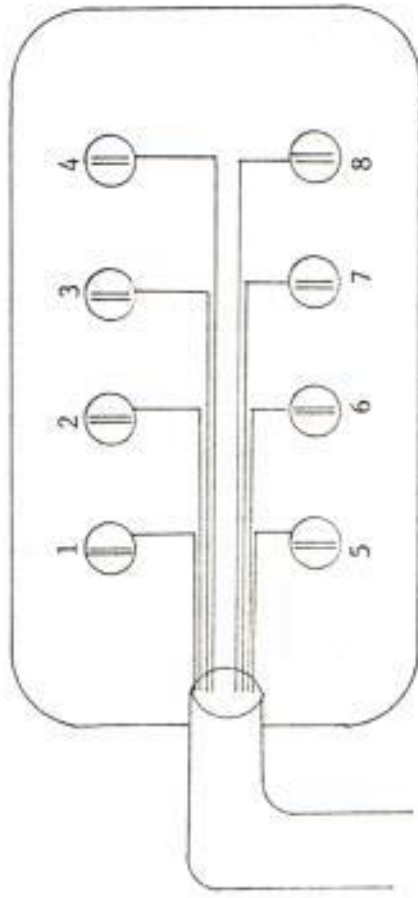


FIG. N° 2.10. ALIMENTACION DEL ROTOR POR MEDIO DE UN CABLE DE 8 LINEAS

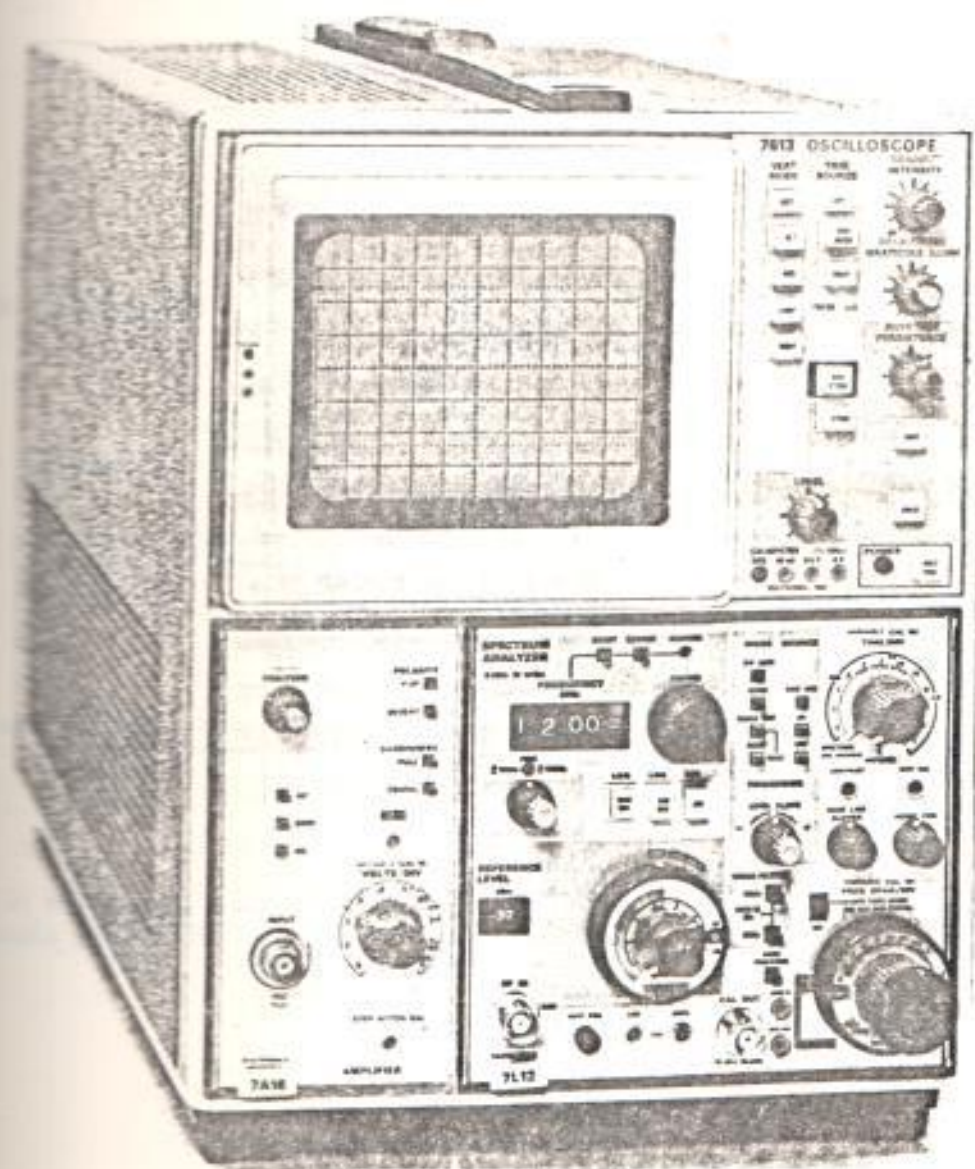


FIGURA 2-11

Cuando está presionado
y FREQ-SPAN/DIV esta-
blecida en menos de
MAX-SPAN, la frecuencia
leída.

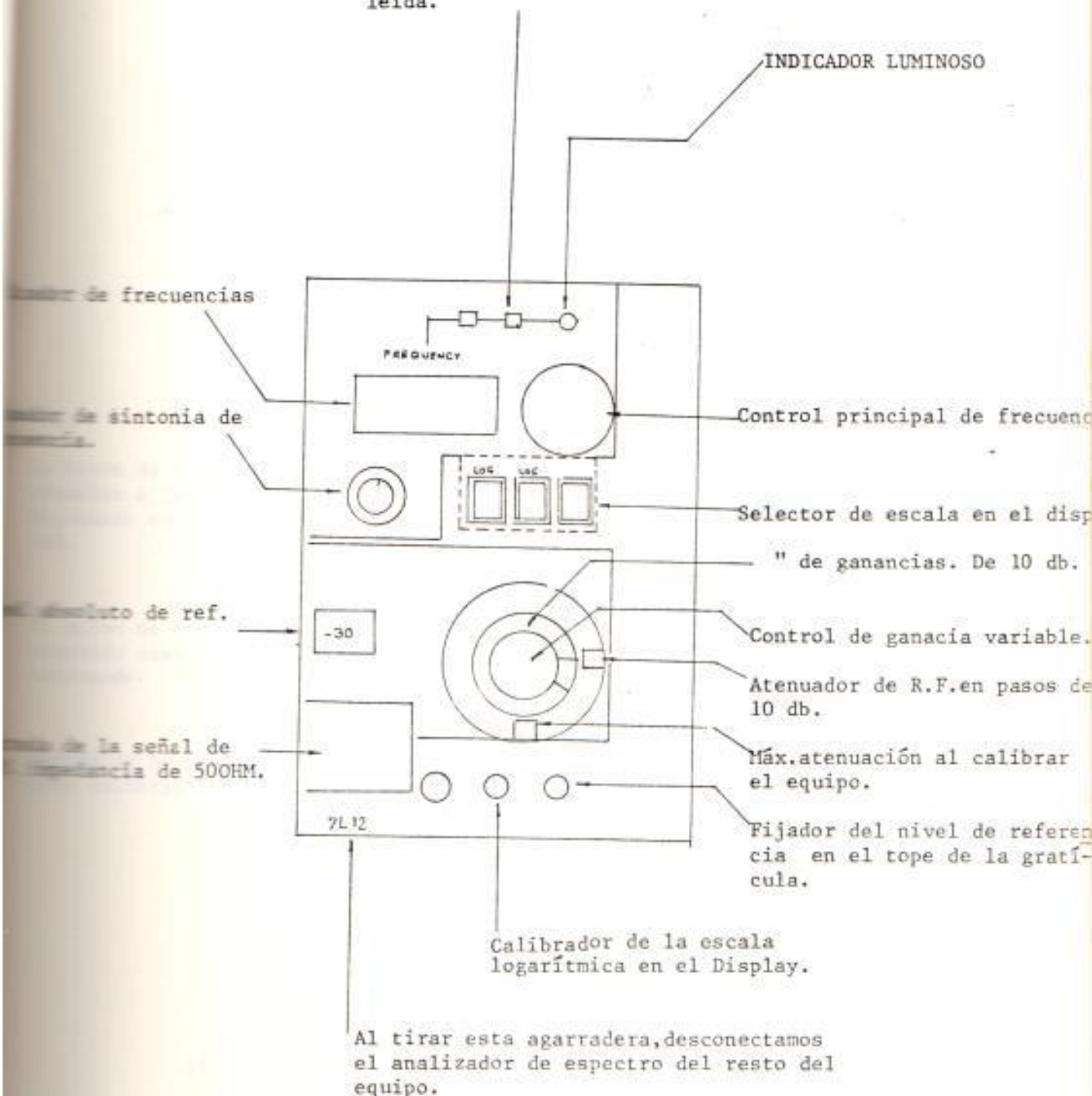


FIG. N° 2.12. ANALIZADOR DE ESPECTRO CON SU RESPECTIVO CONTROL.

Selector de barrido. La posición SPECTRUM provee 10ms/DIV. AMPLIFIER es usado cuando se usa una fuente de barrido externa.

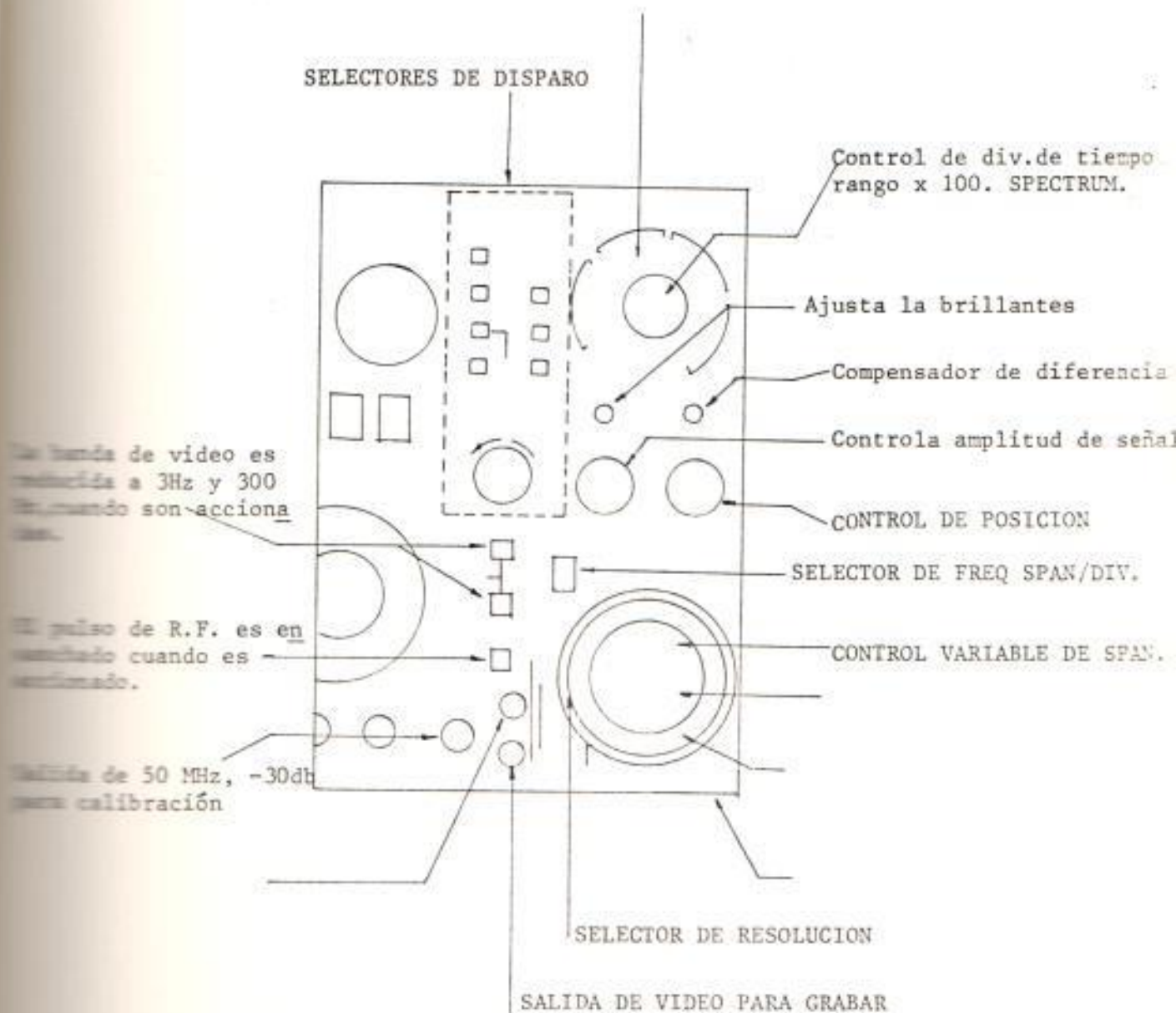


FIG. N° 2.13. ANALIZADOR DE ESPECTRO CON SU CONTROL

MODO DE INDICACION EN
LA PANTALLA DEL OSCI-
LOSCOPIO:

Logarítmica 10 DB/Div.- La precisión es de 1 dB/10 dB a un máximo de 1.5 dB sobre un rango dinámico de 70 dB.

Log 2 dB/Div.- Precisión de 1 0.4 dB/2 dB a un máximo de 1 dB sobre un rango dinámico de 14 dB.

Lineal.- Indica en display, las variaciones en forma lineal.

CALIBRADOR:

Inyecta señal de 50 MHz \pm , -0.001% con amplitud absoluta - 30 dBm. +,-0.3 dB.

ATENUADOR DE R.F.:

Calibrado en pasos de 10 dB, la precisión de +, -0.2 dB.

GANANCIA:

Existen 4 selectores, cuando se opera en la escala Log 10 dB/Div. provee 30 dB de cambio en pasos de 10 dB; 70 dB de cambio cuando se opera Log 2 dB/Div inclusive en operación lineal.

Variable.- Provee una ganancia continua en un rango de 10 dB, puede ser controlada en pasos.

FACTORES DE RESOLUCION: Incluye 5 anchos de banda seleccionables de 300 Hz a 3 MHz en pasos de décadas.

MEDIDA DE BARRIDO: Barrido de 10 ms/DIV (SPECTRUN) a 1 μ s/DIV.

FUENTES DE DISPARO: Es una fuente de señales acopladas, ya sea al amplificador vertical o la línea de alimentación. El rango de frecuencia es de 15 Hz a 1 MHz.

La sensibilidad para las formas de disparo son:

1. \leq 0.5 división para P.P. AUTO
2. \leq 0.3 división para N O R M .
3. \leq 1,5 división para single SWEEP modo; En FREE RUN el barrido es automáticamente suspendido.

- i. Mezclador Modelo 874 - M R A L : Elemento mezclador de se
ñales, el cual es indispensable cuando se desea convertir -
frecuencias. Se lo usa en conjunción con oscilador y el am
plificador de F.I. Opera en el rango de 10 MHz a 2 G.H.z.La
figura 2.14, nos muestra como está constituido electricament
e el elemento en mención.

Las especificaciones de operación del mencionado elemento -
los detallamos a continuación:

RANGO DE FRECUENCIAS:	10 MHz - 9 GHz
MAXIMA F.I.:	60 MHz
DIODO UTILIZADO:	es intercambiable 1 N 23 C

- j. Filtro "PASA BAJO" Modelo 874 - F: Este elemento tiene como
finalidad mejorar la calidad de la señal sintonizada en el De
tector, eliminando o bloqueando las armónicas, las que por en
contrarse muy próximas a la fundamental podrían originar pro
blemas en la detección de la frecuencia fundamental.
- k. Elemento Circuital EL-L-90°: El uso de este elemento per
mite mejorar la sensibilidad en el Detector de señales ya que
su ubicación permite mejorar el acoplamiento entre el Detector
y el mezclador M R A L .

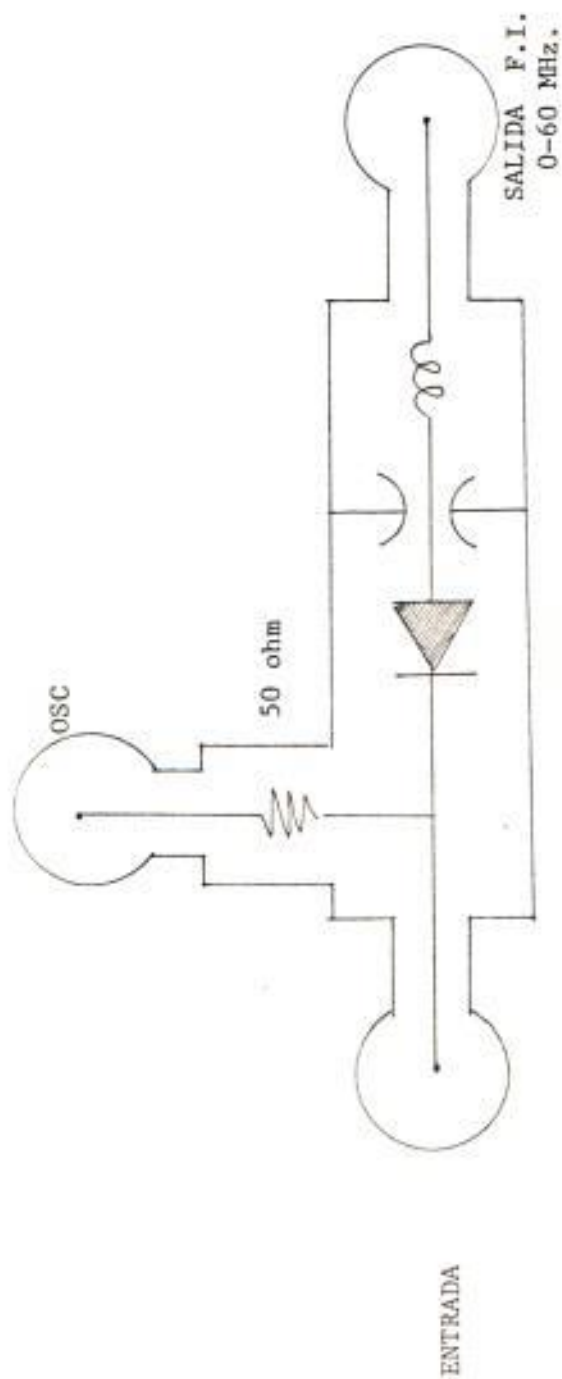


FIG. N.º 2.14. CONSTITUCION ELECTRICA DEL ELEMENTO MEZCLADOR DE SEÑALES

- l. Atenuador Modelo 874 - G 1 Ø L , 10 dB: Es un elemento que trabaja conjuntamente con el filtro pasa bajo, su finalidad es atenuar el 10 dB las armónicas o señales indeseables que son generadas en el oscilador. Al insertar este elemento - en un circuito de R.F. permite mayor sensibilidad al Detec- tor la señal deseada.

- m. Línea Variable de Impedancia Constante - Modelo 874 L K 20L: Este elemento lo hemos usado para corregir la longitud eléc- trica de una línea de transmisión para llevarla a un número entero de (1/2) de longitudes de onda, lográndose de esta - manera una línea uniforme.

Para lograr el efecto indicado anteriormente es necesario - operar con el medidor de admitancias para establecer el de- bido balance al cortocircuitar la línea en su parte final. Es posible utilizar circuito abierto al final de la línea.

- n. Circuitos Abiertos, Cerrados - Modelos WO - WO-3 y WN-3: Es- tos elementos circuitales actúan cual si fueran circuitos abiertos o cortos circuitos, al ser conectados al final de una línea de transmisión, son usados para corregir la longi- tud eléctrica de la línea.

CABLES COAXIALES R-22 LA y RG - 59 AU"

- o. Estos elementos han sido utilizados para realizar conexiones entre los diferentes equipos y componentes, presentan impedancias característica de 50 ohm y de 75 ohm, se los emplea con los conectores G.R.-874.
- p. Transformador de Impedancia 4: 1" : Llamado también acoplador de Impedancias" ya que permite acoplar un circuito balanceado a otro desbalanceado; es decir, líneas planas de 300 ohmios con cables coaxiales de 75 ohmios coaxiales.

2.2. CONSTRUCCION DE LAS ANTENAS

Nuestro sistema está diseñado para trabajar en el rango de U. H.F., por lo tanto las antenas que han de diseñarse serán pequeñas y livianas, este último aspecto determina que ellas sean fácil de transportar y de instalar.

El material que se ha empleado es el aluminio el cual por ser liviano y altamente resistente a la humedad reinante en nuestro medio lo hace el elemento más adecuado para la construcción de antenas. Además es fácil hallarlo en el mercado local, es

expendido en tubos de diferentes diámetros en tramos de 6 m. de longitud, a costo moderado.

Otro material altamente utilizado es el DURALUMINIO que es una aleación del aluminio con cobre (3,5 % a 4,5%), manganeso (0,4 a 0,7 %) y silicio (hasta un 0,7 %), otorga al aluminio una mayor resistencia a las influencias atmosféricas, aunque es muy atacable por los ácidos.

El bronce cromado por su rigidez y resistencia lo hace muy selectivo en pequeños vehículos. Este material se lo emplea en antenas para automotores. Su alto costo hace que tenga aplicaciones específicas.

Cuando se utilizan tubos en la fabricación de antenas, hay que tener muy en cuenta sellar los extremos, para evitar la introducción y condensación del agua en el interior; para evitar ello se obturan los extremos por medio de tapones metálicos o de caucho.

Si se utilizaran varillas sería necesario redondear las puntas para evitar el "Efecto Punta", que no es otra cosa que discontinuidades en la conformación del campo en los extremos de las varillas, esto se lo podría visualizar en la figura 2.15.

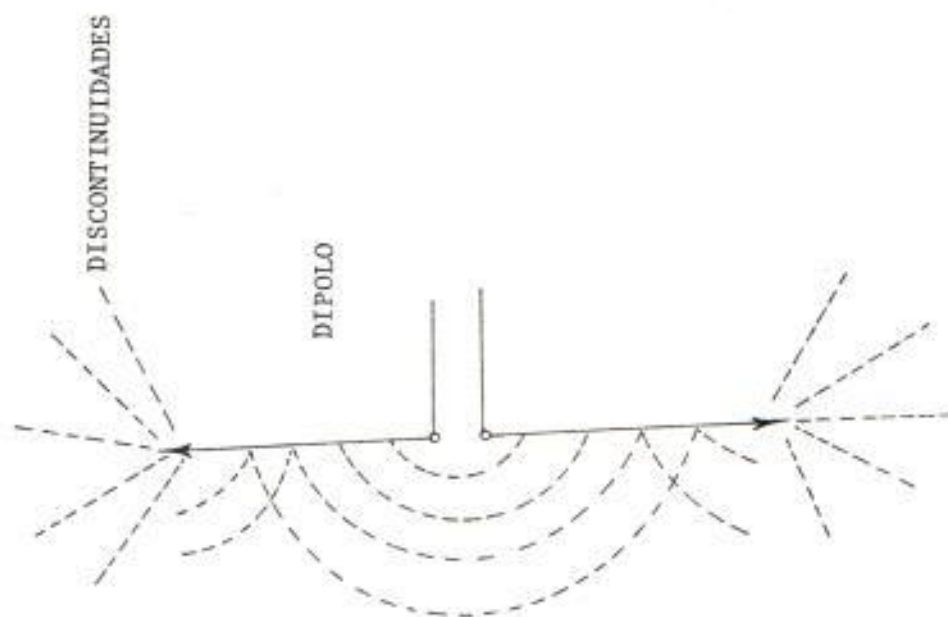


FIG. N.º 2.15. VISUALIZACION PARA EVITAR EL EFECTO "PUNTA"

Para soportar los elementos que conforman una antena se utilizan tubos cuadrados o perfiles en U, se montará con la parte llena hacia arriba para que no se forme una especie de canalón en que se depositaría el agua lluvia, en nuestro caso hemos utilizado tubos cuadrados.

En el punto de alimentación de una antena hay que tener especial cuidado porque la línea transmisora que es de cobre, ha de ser ajustada a la estructura de la antena con tornillos - de latón, formándose un contacto cobre-latón sobre el aluminio el que por efecto de la humedad y depósitos atmosféricos más o menos ácidos se producirá un par galvánico, que no es otra cosa que la unión de 2 metales diferentes bañados con una misma capa de humedad, provocándose una corrosión progresiva, lo que origina pérdidas en la transferencia de energía: línea/antena.

El "puente" de bajada es el lugar donde se conecta la línea con la antena, esta conexión se asienta sobre plástico extrudado, el mismo que no debe poseer pérdidas al utilizar señales de R.F.

Por experiencia se ha observado que el puente se agrieta luego de dos años de uso, por lo que es necesario tomar en cuenta

ta este aspecto para reponerlo inmediatamente antes de que - ocurra un mal mayor.

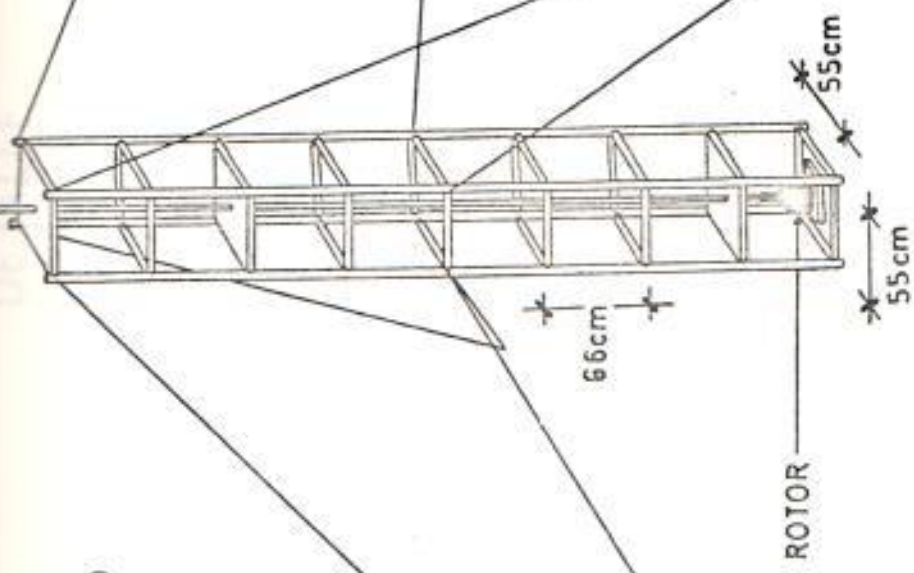
La estructura que soporta a la antena es llamada "Mastil", generalmente se utiliza tubos galvanizados por su alta rigidez, para proteger esta estructura de la humedad se utiliza pintura anticorrosiva provocándose la impermeabilización de la misma; igual que en las antenas, sus extremos tienen que ser sellados para evitar la introducción del agua lluvia.

En nuestro caso hemos utilizado una estructura de P.V.C., ya que la presencia de materiales conductores cercanos a una antena bajo estudio podría modificar la característica de radiación de la misma.

La figura 2.16, nos muestra en detalle la estructura de P. V.C., que soporta a la antena transmisora, además en la figura 2.17 se puede observar como esta sujetado el mastil que comunica movimiento a la antena, éste no se asienta sobre el rotor, sino que fue sujetado a través de unas bridas o "chumaceras" ubicadas en zonas intermedias de la estructura; la razón de haberlo diseñado así es debido a que no se quiso recargar en peso al rotor.

Estructura : ABLADA
Material : P.V.C.
Diámetro : 1 1/2"

Vientos : POLIPROPILENO

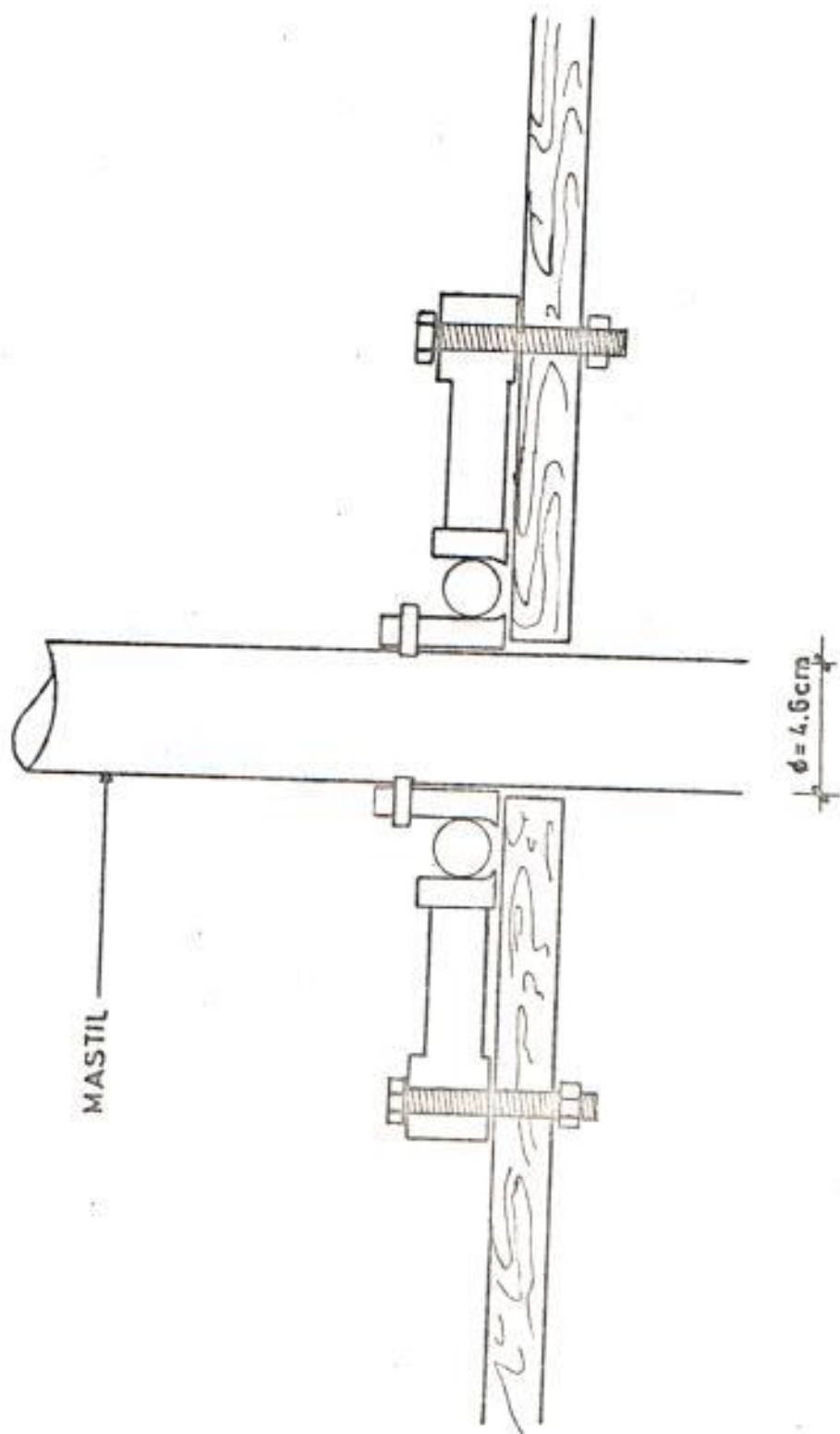


Escala: 1,50

FIGURA 2-16

SUBJECCION DEL MASTIL

DETALLE



Escala 1,25

FIGURA 2-17

Resumiendo las condiciones generales que deben presentar las antenas, notaremos las siguientes:

- a. Las antenas deben presentar una alta rigidez y seguridad me
cánica, propiedad muy importante en las antenas de aviones,
las cuales funcionan en condiciones de gran variación de
temperatura, humedad y fuertes vibraciones mecánicas.
- b. Deben guardar tamaño y peso mínimos, propiedad muy important
e en las estaciones de radio terrestres y en antenas móviles.
- c. Deben ser sencillas y eficaces en la adaptación de los e
lementos del sistema de antena, condición importante para su
rápido ajuste.
- d. En estaciones de radio que están montadas sobre automóviles
las antenas deben emplear poco tiempo en su despliegue.
- e. La fabricación e instalación de las antenas ha de ser de -
costo reducido.

A continuación detallaremos las antenas que han sido considera
das en el presente estudio:

a. Dipolo de referencia de $1/2$ longitud de onda ($\lambda/2$):

Hemos llamado a esta antena "DIPOLO", ya que ella servirá como punto de partida y de referencia en las restantes investigaciones que tengamos que realizar.

La antena entrará en resonancia a la frecuencia de 450 MHz, que será nuestra frecuencia de trabajo en las posteriores prácticas que hemos de efectuar.

Para determinar la longitud del dipolo en consideración - tomaremos para tal efecto la ecuación de transmisión de ondas en el espacio libre.

$$\frac{L}{2} = \frac{C}{2f} = \frac{3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}}{2 \times 450 \text{ MHz}} = 33 \text{ cm.}$$

Nuestra antena de longitud ($L/2$), equivale a tomar un conductor de 33 cm de largo, cortarlo en su punto medio y alimentarlo con un generador de R.F. Se ha demostrado que - una antena sintonizada en ($L/2$) presenta en su punto medio una impedancia puramente resistiva del orden de 73 ohmios.

Para que nuestro sistema sea uniforme se conectará en el

punto medio de la antena una línea que presente una impedancia característica del mismo valor, aunque es posible utilizar una línea plana bifilar de 300 ohmios, para ello es necesario acoplar el sistema usando un transformador de impedancia 4:1 (75 - 300 ohm); lográndose de esta manera, máxima transferencia de energía hacia la antena por ausencia de ondas estacionarias.

En la figura 2.18 se indica los pasos para lograr la antena de $(1/2)$ longitud de onda.

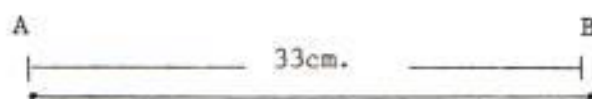
Hemos utilizado en este tipo de antena bronce cromado la misma que fue alimentada a través de un transformador 300-75 ohm, el cual es muy utilizado en los circuitos de bajada de las antenas de T.V.

b. Dipolo de longitud variable:

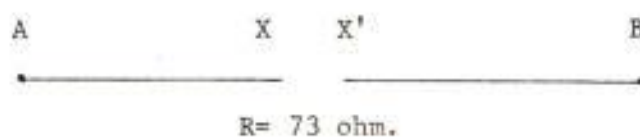
Este dipolo ha sido diseñado para observar las variaciones que ocurren en la distribución de campo, al ir variando la longitud el "dipolo referencia".

Esta antena es plegable, consta de ocho tramos por cada lado del dipolo, la medida de estos tramos se detallan a continuación:

PASO 1



PASO 2



PASO 3

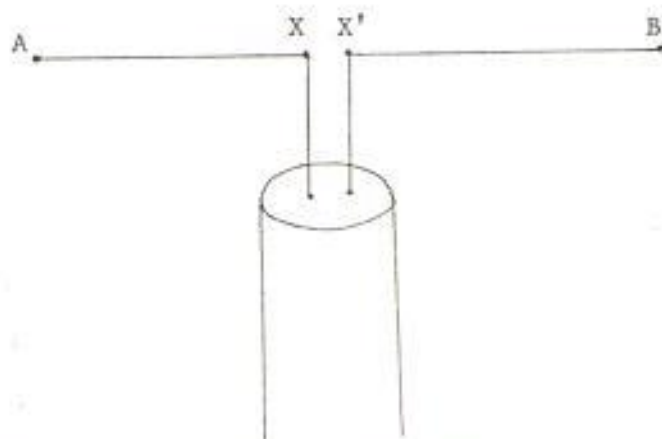


FIGURA N° 2.18. PASOS PARA LOGRAR ANTENA DE 1/2 LONG. DE ONDA.

$$d_1 = 16,2 \text{ cm.}$$

$$d_2 = d_3 = d_4 = 13,7 \text{ cm.}$$

$$d_5 = d_6 = 13,2 \text{ cm.}$$

$$d_7 = d_8 = 12,7 \text{ cm.}$$

La plegalidad de este dipolo lo hace muy versátil, ya que el estudio a diferentes longitudes origina la determinación de la correspondiente frecuencia de resonancia.

El material que hemos utilizado es Bronce Cromado, la alimentación se efectúa a través de un cable bifilar con 300 ohm. de impedancia característica con su respectivo transformador 300 - 75 ohm.

La alimentación del dipolo ha sido protegida mediante la utilización de una cajita de plástico extraduro que aísla, a esta parte, de las aguas lluvias y otros agentes que puedan perturbar esta alimentación. En la figura 2.19, se indica con línea de puntos la caja que protege la alimentación de esta antena.

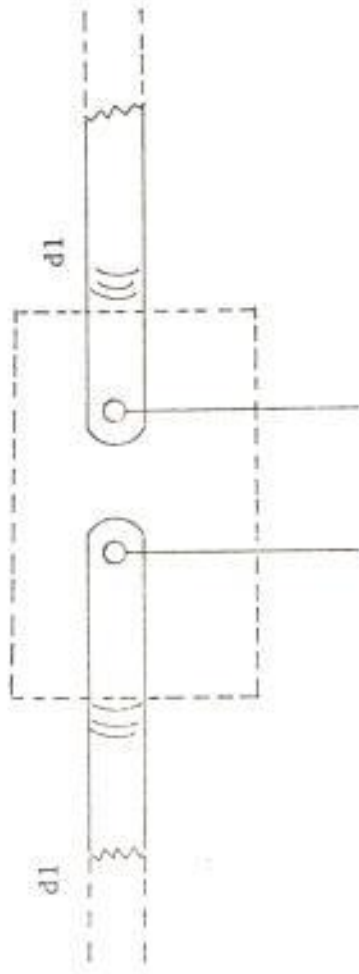


FIG. N^o 2.19. CAJA QUE PROTEJE LA ALIMENTACION DE ESTA ANTENA
(línea de puntos)

c. Antena YAGI con reflector esquinero:

Una de las propiedades del Dipolo fundamental como se observará en los gráficos, que presentaremos en el siguiente capítulo es su bidireccional, esto es, la radiación de energía en doble sentido tanto a la izquierda como a la derecha del Dipolo.

En muchos casos especialmente en aquellos que es necesario - concentrar la energía en una dirección determinada, es necesario utilizar "ANTENAS DIRECTIVAS" como aquellas que se emplean en Radiolocalización siendo sus diagramas de Radiación de tipo aguja, cónicos abanicos y otros.

Para lograr el efecto anotado anteriormente, uno de los caminos más usados es el empleo de los llamados "ELEMENTOS PARASITOS" o Dipolos pasivos. El Dipolo simple es llamado elemento activo o excitado. Sobre un plano horizontal y paralelo al excitador dispondremos los elementos parásitos; si su ubicación es "DELANTE" o "DETRAS" del excitador, serán llamados elementos "Directores" o "Reflectores".

Los directores se utilizan para reforzar la señal en la Di

rección que se desea transmitir, son siempre más pequeños - que el Dipolo, puede ser de longitudes decrecientes confor me se van alejando del excitador.

Los reflectores son empleados para bloquear señales procedentes del lado en que se ha ubicado la pantalla reflectora, además convierten la bidireccionalidad del Dipolo en unidireccional. El reflector es siempre más largo que el Dipolo como se puede apreciar en la figura 2.20.

La adición de elementos directores dará como resultado una mayor direccionalidad y concentración de energía hacia una zona determinada.

Los reflectores pueden ser:

De un solo elemento, en forma de pantalla o de pantalla es quínera, la utilización de pantallas, dará origen a estrechar el lóbulo de radiación de energía, en un plano vertical. Los reflectores parabólicos tienen su aplicación en el campo de las microondas.

Lo manifestado anteriormente se puede apreciar en las figuras 2.21.

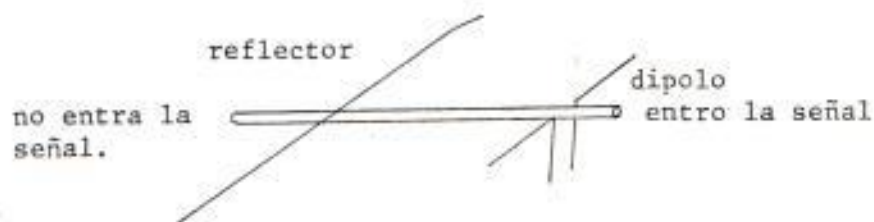


FIG.Nº20. EL REFLECTOR SIEMPRE ES MAS LARGO QUE EL DIPOLO

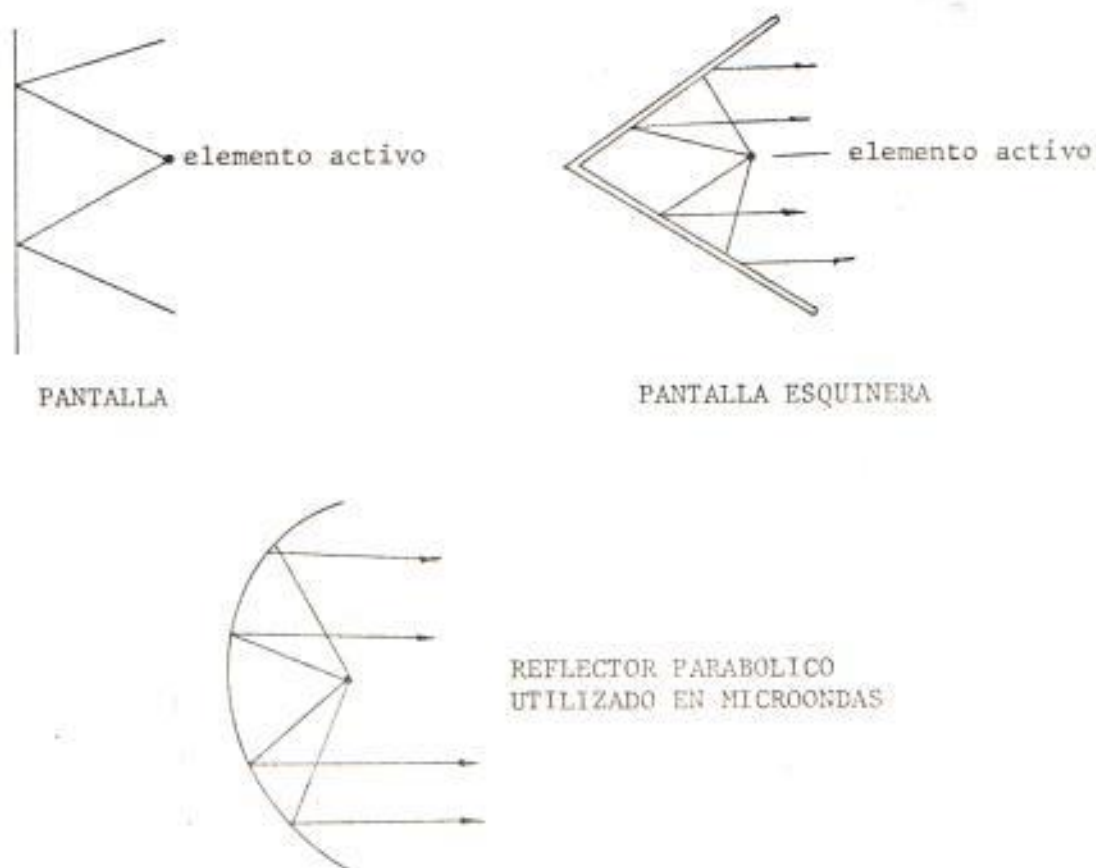


FIG.Nº 2.21. APLICACION DE LOS REFLECTORES PARABOLICOS EN EL CAMPO DE MICROONDAS.

La antena tipo "Yagi" que hemos empleado para nuestro estudio, presenta las siguientes particularidades:

Pantalla Reflectora Esquinera, 8 varillas en cada ramal - siendo $3/8$ de pulgada el diámetro de ellas, han sido montadas sobre un tubo de sección cuadrada utilizando remaches de aluminio. Del vértice de la pantalla esquinera nace el eje donde se asienta el Dipolo y siete elementos Directores.

Generalmente el elemento activo se lo ubica a una distancia de $(\lambda/4)$ de la pantalla reflectora, los elementos directores separados a una distancia de 10.5 cm.

Los elementos Directores y reflectores son de la misma característica; el tubo donde se asientan los elementos reflectores y directores es de sección cuadrada (3 x 3 cm). Siendo el aluminio el material utilizado para esta construcción.

La figura 2.22, informa claramente los detalles de la antena en referencia.

d. Antena Bicónica con reflector esquinero:

Esta antena presenta como particularidad el elemento activo,

ANTENA YAGUI CON PANTALLA
REFLECTORA Y 7 DIRECTORES

ESCALA 1.75

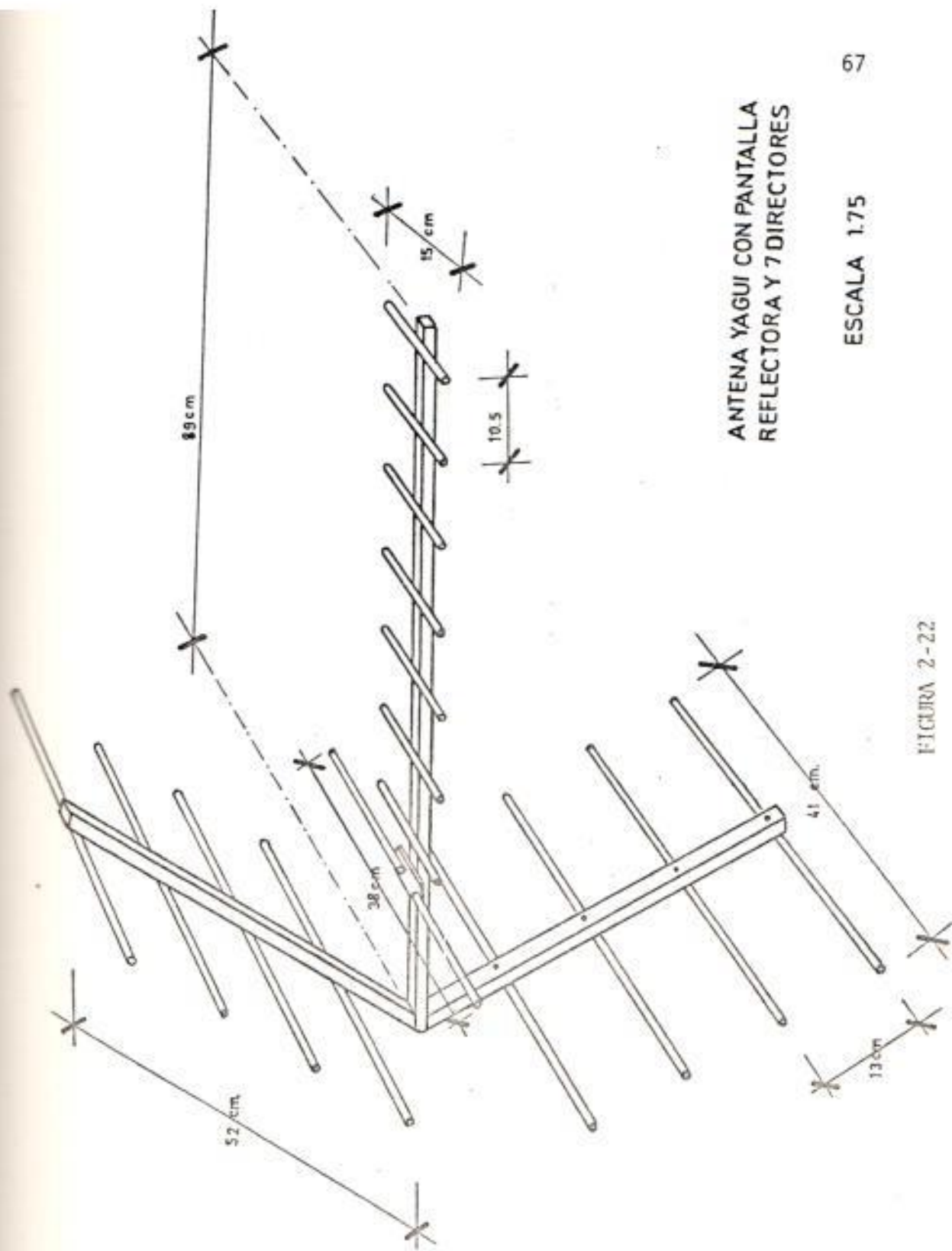


FIGURA 2-22

que es de forma cónica, el cual ha sido construido con lámina de aluminio anodizado de espesor (0,4) mm., la altura del cono es de (14,5) cm.

Factor importante en la construcción del cono es el "Angulo medio del cono", el cual tiene mucho que ver en la determinación de la impedancia característica de esta antena.

Por lo expuesto anteriormente hemos considerado necesario incluir la figura 2.23, que muestra las variaciones de la impedancia característica de una antena cónica simple o doble, en función de "ANGULO MEDIO" del cono.

A esta antena se le ha acoplado un reflector esquinero para concentrar la energía en una sola dirección, como se explicó anteriormente; en caso contrario la radiación de esta antena sería semejante a la de un Dipolo.

Los materiales que se utilizaron para la construcción de esta antena fueron:

Elemento activo:	Aluminio Anodizado
Elementos Parásitos:	Aluminio $\phi = 3/8"$

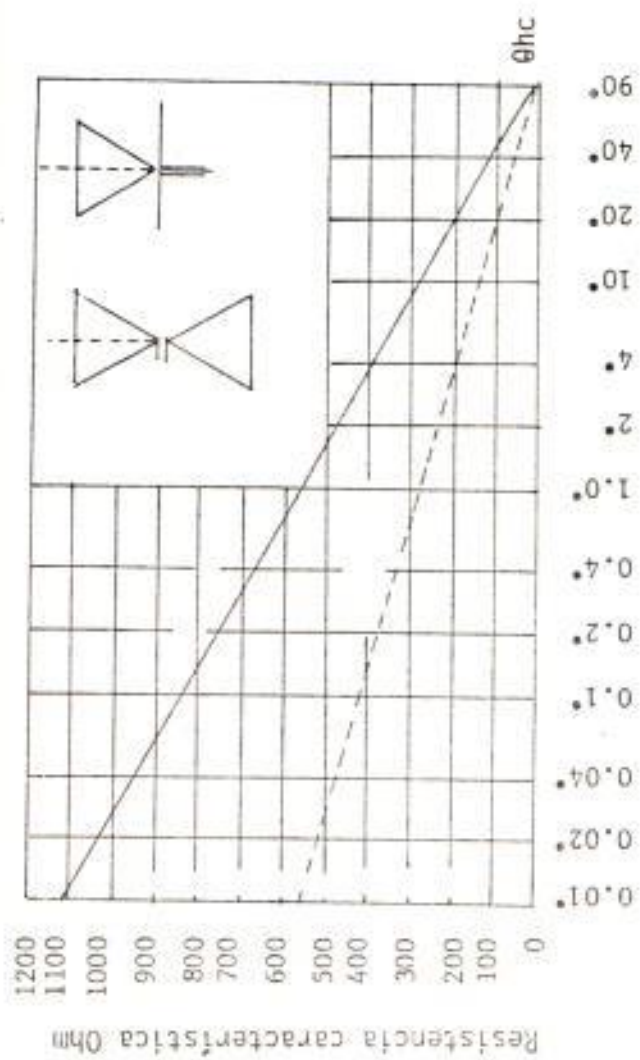


FIG. N.º 2.23. MEDIDAS DE LA ANTENA EN REFERENCIA

Soportes: Tubos cuadrados sección 3 x 3 cm.

En la figura 2.24 se detallan las medidas de la antena en referencia.

e. Arreglos Antenas Lineales con pantalla reflectora:

En el presente caso, se ha alineado 2 elementos los cuales son alimentados por una misma corriente de igual amplitud y fase.

Para determinar la impedancia y ganancia, según métodos analíticos ha de tomarse en consideración; la impedancia propia de cada uno de los elementos, la impedancia mutua entre los dos elementos, la distancia entre las fuentes y la corriente que por ellos circula. Aunque en nuestro caso de terminaremos estos parámetros mediante la utilización de los equipos existentes en el Laboratorio de R.F. de la ES POL.

La figura 2.25 nos ayudará a visualizar la disposición de la corriente y voltajes en este tipo de antena.

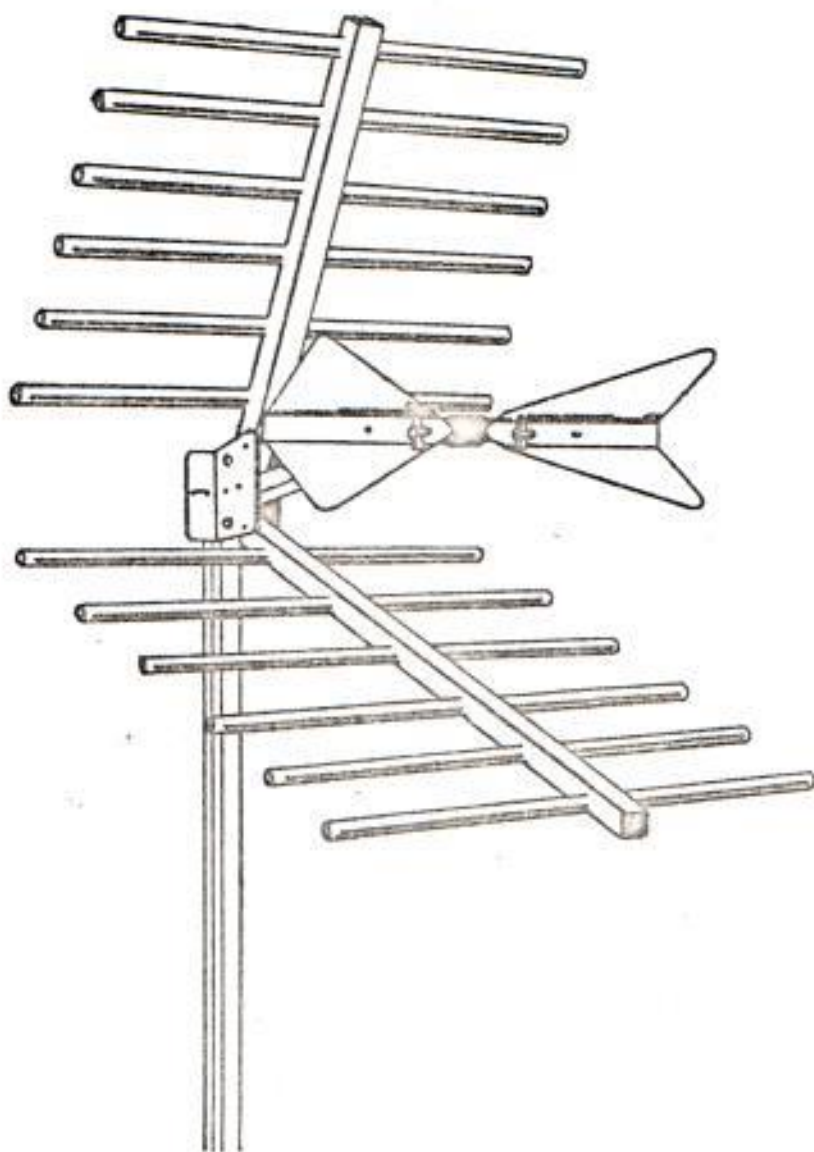


FIGURA 2.24

BICONICA CON REFLECTOR ESQUINERO

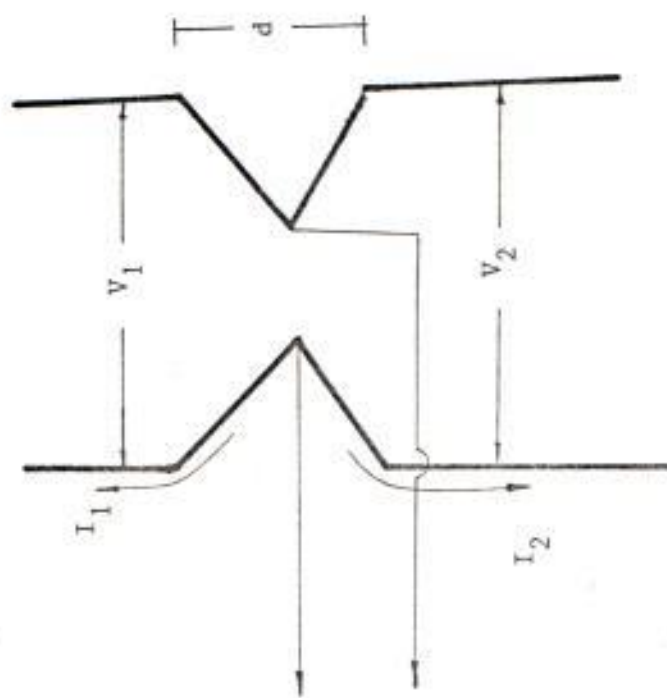


FIG. 2.25. DISPOSICION DE LA CORRIENTE Y VOLTAJE EN ESTE TIPO DE ANTENAS

A continuación detallaremos las características de la antena en mención:

Elementos activos: Dos, fabricados con alambre #8, de aluminio.

Elementos pasivos: Pantalla reflectora utiliza 4 elementos: 2 extremos de (75)cm y 2 intermedios de (50)cm. fabricados con tubo de aluminio de \emptyset 3/8" de diámetro.

Generalidades: El "puente" es semejante a las otras antenas, es decir, de plástico extrudido. La alimentación a la antena a través de un transformador de impedancias 300 - 75 ohm

La figura 2.26, muestra en detalle la antena de arreglos lineales con pantalla reflectora. A este tipo de antenas se las llama "N) ARRAY" arreglos de (N), donde (N) representa el número de lazos presentes en una antena bajo estudio en nuestro caso (N^o 4): 2 centrales y 2 extremos.

ANTENA 4 ARRAY

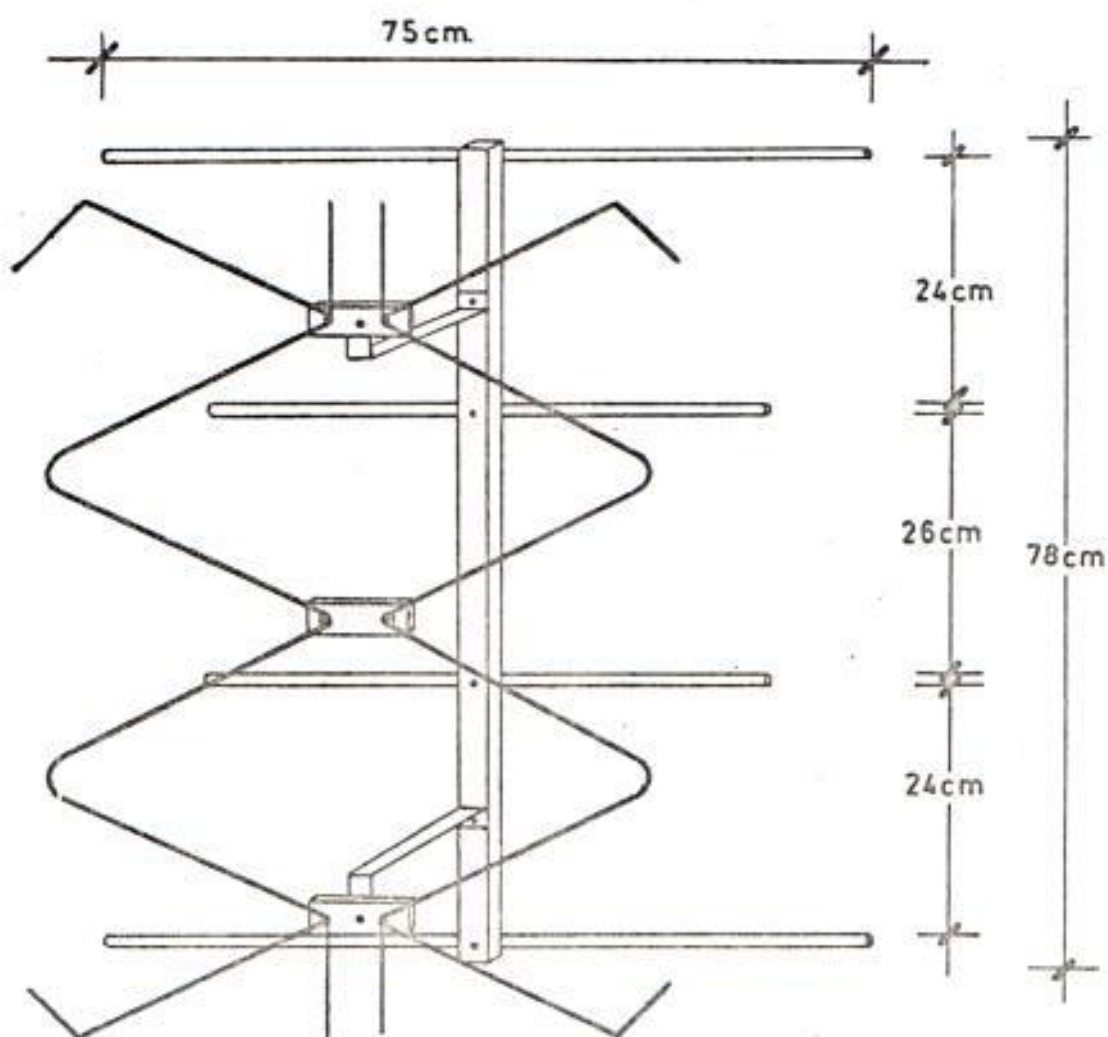


FIGURA 2-26

Escala: 1,75

2.3. CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL TRANSDUCTOR

Para hacer posible la construcción del Sistema Transductor ha sido necesario el concurso de un conjunto de equipos mecánicos y eléctricos, quienes harán posible la graficación de los lóbulos de Radiación de antenas bajo estudio.

Para nuestro diseño se ha tomado en consideración ciertos aspectos que son fundamentales para la construcción de cualquier sistema de comunicación y ellos son:

UTILIDAD: Este concepto implica, el provecho o beneficio que vamos a extraer de él, una vez que ha sido diseñado y puesto - al servicio de la ESPOL.

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS: Comprenden los equipos e implementos que se han de combinar para otorgar el resultado deseado. Todos los equipos utilizados en nuestro diseño prestan funciones específicas en los laboratorios de la ESPOL, pero nunca antes han sido combinadas para lograr un sistema de transducción.

La facilidad de operación y acoplamiento de las diferentes partes y equipos lleva una secuencia lógica, lo que determina que

este sistema no sea difícil de instalar además luego de ser operado, sus partes y equipos serán restaurados íntegramente para que sigan prestando las funciones específicas para los cuales fueron adquiridos.

FINALIDAD: Captar ondas electromagnéticas emitidas por un sistema transmisor el cual irradia energía a través de una antena. Las ondas receptadas serán procesadas para finalmente arrojar un gráfico en coordenadas rectangulares que representa el lóbulo de Radiación de una antena bajo estudio, el cual indicará como y en que intensidad está distribuída la energía.

La figura 2.27 representa el diagrama en bloques del sistema de Transducción en el se puede apreciar los diferentes equipos que intervienen y la forma en que inciden en la operación del sistema.

Tomando en consideración la figura 2.27, describiremos a continuación los equipos que hemos utilizado y como han sido operados. Para una mejor comprensión hemos dividido la operación en las siguientes partes:

1. SECCION TRANSMISORA:

a. Fuente regulada de voltaje modelo 1263-C General Radio;el

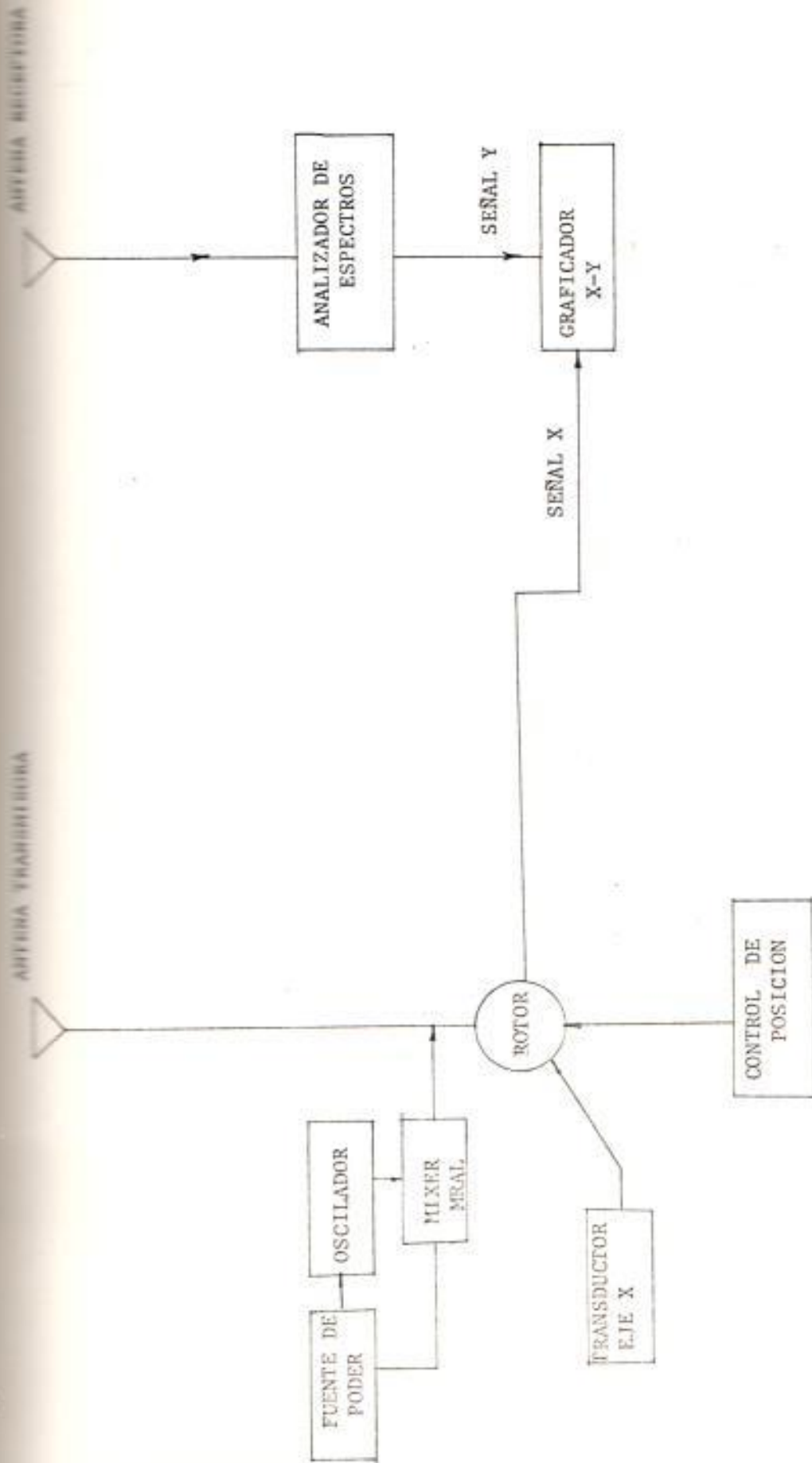


FIG. 2.2.1. SISTEMA TRANSDUCTOR

voltaje de operación se lo ha fijado en 0,5 voltios.

- b. Oscilador modelo 1363 General Radio; frecuencia de operación fijada en 450 MHz.

2. CONTROL DE POSICION DEL ROTOR:

Como ya se mencionó anteriormente tiene como finalidad hacer girar el rotor en sentido dextrogiro o lirogiro por intermedio de los controles CW y CCW.

3. ALIMENTACION DEL TRANSDUCTOR EJE X:

- a. Fuente regulada de voltaje Heathkit modelo IP-281-30 VDC cuya finalidad es alimentar por intermedio de los terminales (3) y (7) el reostato R-3 ubicado en el bloque del rotor.

El terminal central del reostato está acoplado directamente al eje del rotor, cuyo desplazamiento representa una revolución completa, este ha sido conectado al terminial libre (2) para tomar de allí el voltaje necesario para alimentar al graficador en el eje X. En la figura

2.28, se indica con claridad lo expuesto anteriormente; los terminales 2, 3 y 7, a los que hemos hecho referencia están ubicados en la base del rotor.

El voltaje de operación de la fuente de voltaje es de 5 voltios D.C., limitado en 0.1 amperios para evitar cualquier exceso que podría averiar nuestros equipos.

4. ANTENA(S) TRANSMISORA(S):

Detalladas anteriormente las mismas que serán objeto de investigación. Para mejores resultados, éstas han sido montadas sobre una estructura de P.V.C. analizada anteriormente.

SECCION RECEPTORA:

1. Antena receptora:

Se ha seleccionado la antena Bicónica con reflector esquinero por manifestar un buen comportamiento, en cuanto a su ganancia. Esta antena se le ha montado sobre un mastil de P.V.C.

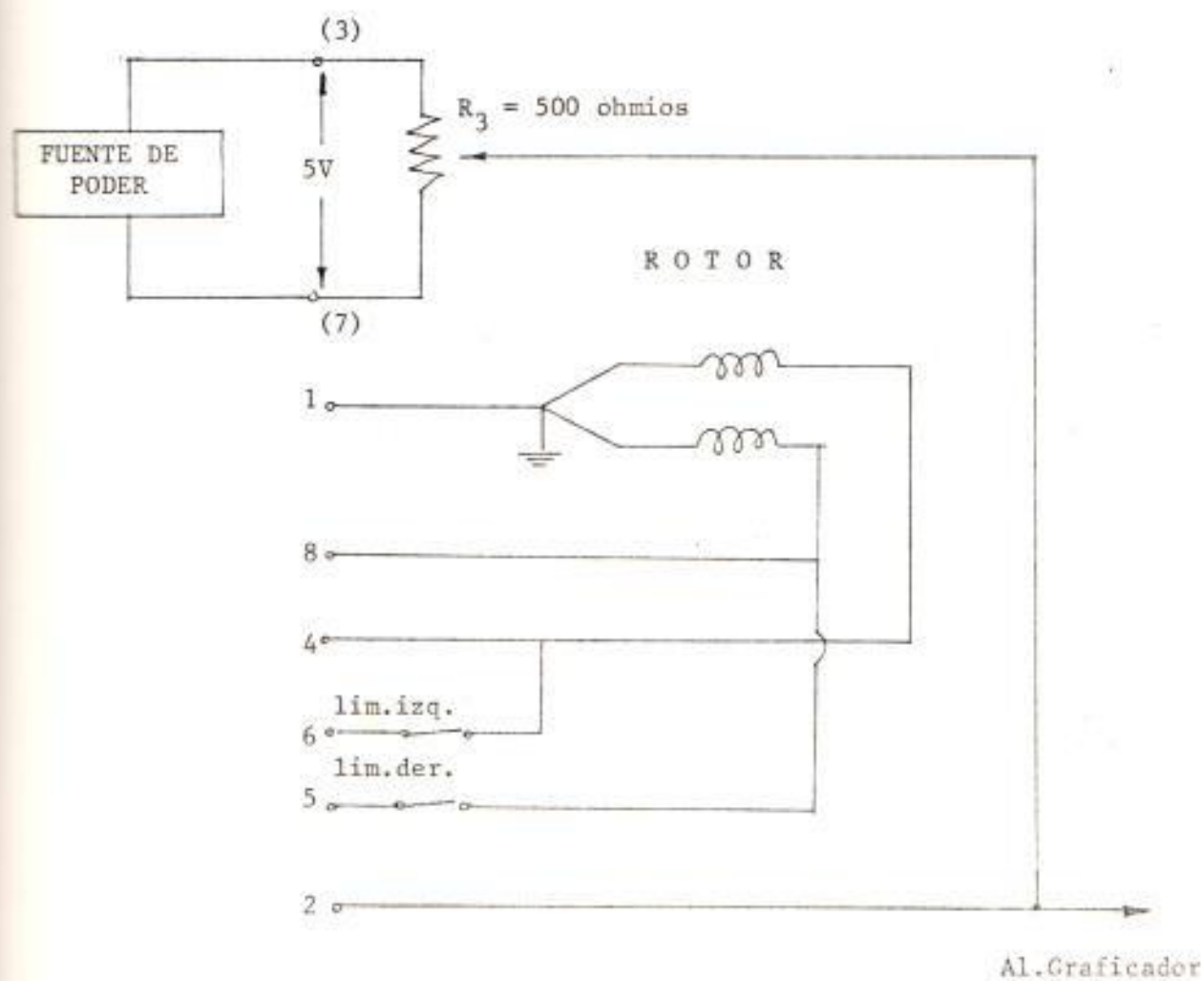


FIG. N° 2.28. FORMA DE ALIMENTAR EL EJE X DEL GRAFICADOR.

2. Analizador de Espectros:

Representa en nuestro sistema el punto neurálgico, ya que - tendrá como finalidad procesar una señal proveniente de la antena receptora, establecer un barrido en un amplio margen de frecuencia de 0 a 1.8 GHz, para finalmente obtener una señal que será inyectada al eje (Y) de nuestro graficador.

Para explicar como opera el analizador de espectros incluiremos la figura 2.29, que es un diagrama en bloques que nos permite visualizar los pasos intermedios que van ocurriendo en la señal inyectada, que provino de antena receptora, de tallaremos a continuación el proceso:

Las señales luego de ser inyectadas, pasan por un atenuador de pasos, siendo 60 db la máxima atenuación, ingresan a un filtro pasa bajo, el cual permite el paso de señales comprendidas hasta 1.8 GHz; siendo las señales mayores a ella, atenuadas en 50 db. Para obtener mejores resultados en la salida del primer mezclador, se ha ubicado antes de él, un elemento que bloquea señales indeseables que se generan en el proceso del primer filtraje atenuándolas en 3 db. Las frecuencias comprendidas en el Rango de 1.8 GHz son convertidas a F.I. de 2,095 GHz por la acción del primer mezclador

Antes de ingresar al segundo filtraje, se ha ubicado un "AMORTIGUADOR DIRECCIONAL" el cual protege al primer mezclador de las reflexiones causadas por desacoples de impedancia en el segundo filtro de F.I. El segundo filtro permite el paso de señales menores de 2,2 GHz.

Las señales provenientes del segundo filtraje ingresan a un filtro pasa banda de 10 MHz de ancho, centrado en 2,095 GHz; las que serán convertidas a F.I. de 105 MHz, por efecto del segundo mezclador.

La señal resultante del segundo mezclado, 105 MHz ancho 10 MHz es amplificada, luego reducido su ancho de banda a 3 MHz, para finalmente ingresar al tercer mezclador que arrojará una señal de F.I. 10 MHz, la que será preamplificada por un amplificador de ganancia variable (ganancia máxima 70 db), antes de ingresar a un filtro de Resolución que provee anchos de banda de 3 MHz a 300 Hz, en pasos de décadas; luego esta señal es procesada por el "AMPLIFICADOR DE RESOLUCION POSTERIOR".

Las señales contenidas en la banda de 10 MHz, son proce

sadas a través del amplificador funcional de F.I."que en con
junción con él" AMPLIFICADOR DE RESOLUCIONES POSTERIOR pro
vee ganancia de 0 a 70 db, en selecciones de 10 db.

Las señales que vienen del amplificador funcional de F.I.
son demoduladas por el detector lineal, amplificadas por el
"VIDEO AMPLIFICADOR", sumadas con niveles de voltaje para
efectuar el posicionamiento vertical y finalmente aplicadas
a los terminales de interface del Osciloscopio.

Lo señalado anteriormente es la secuencia que sigue una se
ñal de R.F. antes de ser visualizada en la pantalla del Os
ciloscopio.

La señal procesada puede ser transferida a una salida exter
na que presenta el osciloscopio 7623-A en su parte poste
rior; para lograr esto, se procede de la siguiente manera:

Desabilitar el barrido presionando la tecla de "BARRIDO UNI-
CO". Con el control de frecuencia central "COARSE" llevamos
nuestra señal al inicio del barrido, una vez realizado estos
dos pasos, presionamos la tecla de Internal "INT", para lo
gar la transferencia deseada.

La señal transferida servirá de alimentación al eje (Y) de nuestro graficador quien seguirá fielmente las variaciones de la señal receptada.

3. Graficador X-Y:

Tendrá como finalidad obtener una gráfica que satisfaga la ecuación.

$$E_{\text{inst}} = \frac{60I_m}{r} \cdot F(\theta) \cdot \text{Sen}(Wt - Br).$$

I_m = corriente en el Dipolo

r = distancia a la que se está tomando la medición

(θ) = ángulo eje de la antena/punto de medición

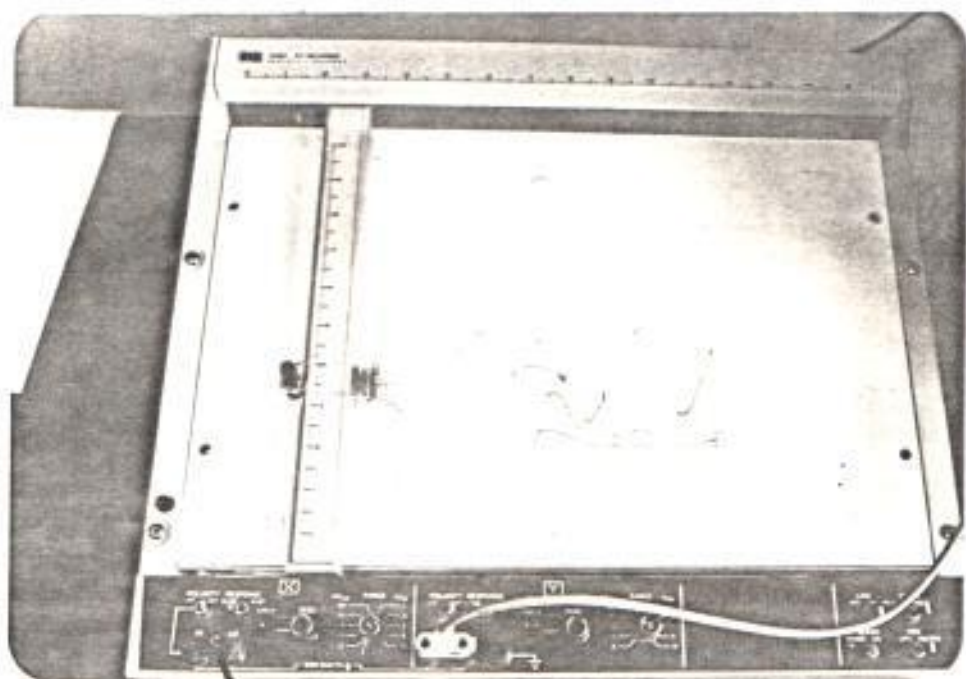
$$W = 2\pi F$$

$$B = 2\pi/\lambda = \text{constante de fase } (2\pi/\lambda).$$

Los primeros factores de esta ecuación determinan la amplitud e intensidad del campo eléctrico en la dirección del ángulo θ .

El factor $\sin(\omega t - Br)$ indica que un dipolo emite ondas progresivas, donde el ángulo de fase depende de la distancia donde se están efectuando mediciones determinadas.

Lo anteriormente anotado es valadero para dipolos simples; en nuestros casos hemos utilizado antenas distintas a dipolos, la presencia de elementos directores y reflectores modifican la configuración del campo por lo que, la ecuación señalada anteriormente quedará sin efecto. Dejaremos entonces la obtención del Diagrama de Campo a nuestro graficador ya que su obtención por métodos analíticos sería demasiado complicado.



CAPITULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

En el presente capítulo realizaremos las pruebas de laboratorio necesarias para determinar la impedancia de cada una de las antenas descritas en el capítulo II. Para tal efecto utilizaremos la Carta de Smith, que nos ayudará a precisar la longitud eléctrica de la línea de transmisión y la impedancia de la carga ubicada al final de la línea. En la sección 3.2. se realizarán las pruebas de radiación con el propósito de determinar la forma de radiar de las antenas que son objeto de estudio, el diagrama de radiación lo obtendremos del graficador $x - y$, luego de un proceso que será ampliamente detallado; para dar mayor claridad a estos diagramas hemos creído conveniente representarlos en forma polar.

En la parte final de este capítulo realizaremos la evaluación de cada una de las antenas con el objeto de determinar las ventajas que nos ofrecen el utilizar cierto tipo de polarización.

Para efectuar tal evaluación tomaremos en consideración la Directi

vidad y ganancia cuyos valores serán obtenidos por comparación con los resultados obtenidos del dipolo de $(1/2)$ longitud de onda.

3.1. MEDICIONES DE IMPEDANCIA

Mediante el uso del medidor de Admitancias Modelo 1602-B determinemos el valor de la impedancia (Z_x) en un punto cualquiera ubicado a distancia X de la carga (Z_1). Así mismo se determinará la longitud eléctrica de la línea de transmisión.

Con la ayuda de la Carta de Smith hallaremos el valor de la impedancia de carga (Z_1) ubicado al final de la línea de transmisión.

DETERMINACION DE LOS VALORES DE ADMITANCIA EN LAS ANTENAS USADAS EN NUESTRO ESTUDIO, MEDIANTE EL USO DEL MEDIDOR DE ADMITANCIA MO DELO 1 6 0 2 B.

Para determinar la admitancia, desconocida en un punto cualquiera de una línea de transmisión procedemos de la siguiente manera:

1. Acoplamos los equipos en la forma como se muestra en la figura 3.1.

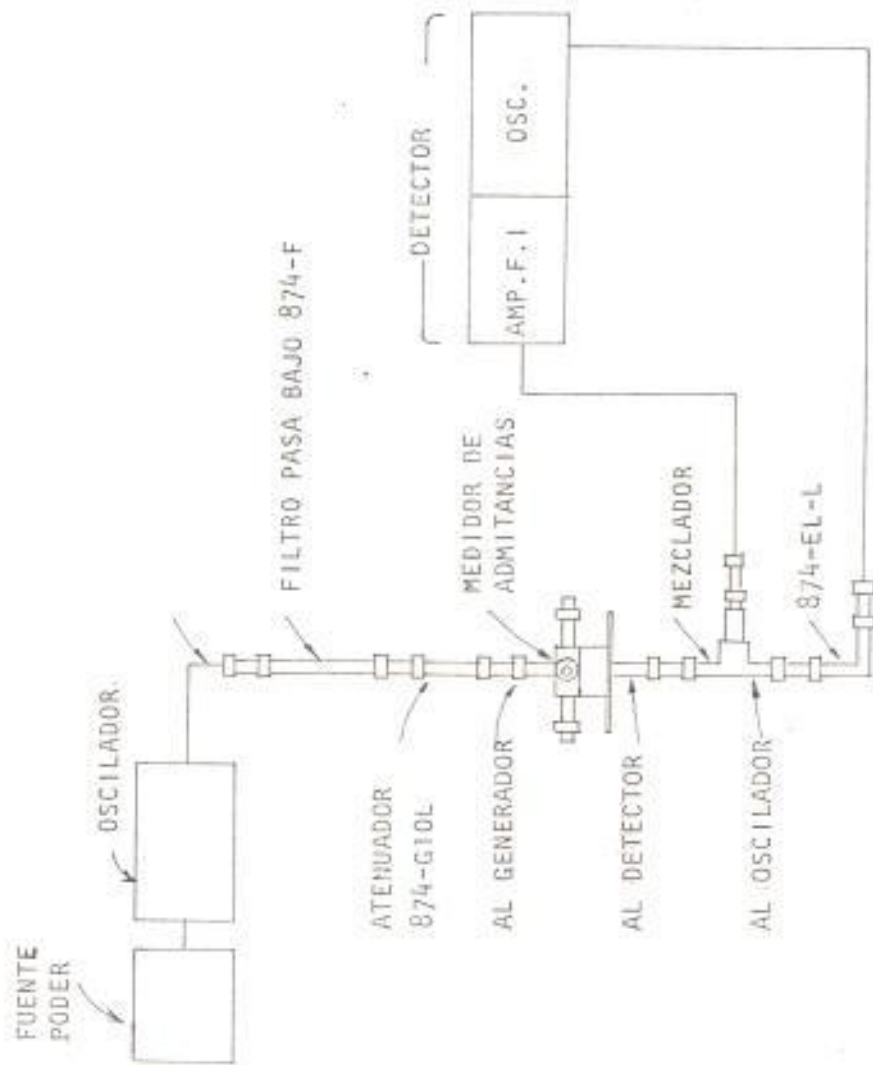


FIGURA N° 3.1

ACOMPLAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En el ramal que se conecta la carga desconocida acoplamos la línea/antena.

Lo anterior es posible cuando toda la línea de transmisión es de 50 ohmios ya que el sistema se halla normalizado a 50 ohmios, en nuestro caso por carecer de línea de 50 ohmios hemos utilizado cable RG - 59A U cuya impedancia característica es de 75 ohmios.

Para realizar mediciones de admitancia y de impedancia en línea de 75 ohm, es necesario eliminar el efecto del conector de 50 ohm en el medidor de admitancias Modelo 1602-B, para ello usaremos la línea de longitud variable Modelo 874-LX de impedancia constante entre el medidor y la línea, la que será ajustada a ($1/2$ o $1/4$ de longitud de onda). A continuación desconectamos la línea y conectamos en vez de ella un elemento circuital (W 0-3) que actúa como si fuera circuito abierto; en el medidor de admitancias se fijaran los valores de Conductancia, Suceptancia y Factor de multiplicación cero, una vez realizado lo anterior, ajustamos la línea de longitud variable hasta obtener un Nulo o Cero en el Detector de frecuencia intermedia.

Es posible obtener ($1/4$) de longitud de onda en la línea variada

ble mediante el uso de un elemento circuital (WN-3) que actúa como corto circuito para lograrlo se procede como se hizo anteriormente.

La admitancia que medirá el instrumento será la admitancia - mirando hacia la carga en una línea uniformizada a 75 ohm.

Para el ajuste en $(1/4)$ de longitud de onda, las componentes resistirá y Reactiva de la Impedancia vista por el medidor de admitancias en una línea de 75 ohm es igual a los valores de conductancia y suceptancia indicados por el medidor y multiplicados por 2,5, respectivamente.

Una vez que hemos normalizado el sistema a 75 ohm podemos ahora sí conectar la línea antena y efectuar las mediciones respectivas.

Los valores hallados serán ubicados en la Carta de Smith y representarán los valores de admitancia ($Y x$) medidos en un punto de la línea; en nuestro caso, desde el generador.

Para establecer el valor de la carga (Y_L) es necesario desplazarnos en la Carta de Smith $(\lambda/2)$ más una fracción angular.

hacia la carga. Este desplazamiento lo llamamos "LONGITUD ELECTRICA", pero sólo tendrá utilidad, la fracción angular.

Para determinar la "LONGITUD ELECTRICA" del cable nos valdremos de la misma disposición para determinar los valores de (Y_x) con la diferencia que en vez de conectar la antena como carga (Y_L) , conectaremos elementos circuitales W N-3, que actúa como corto circuito. La longitud eléctrica se la determinará graficando - en el diagrama de Smith, el valor de Suceptancia que nos indica el Medidor de Admitancias, una vez realizado esto, unimos este punto con una línea que va desde el centro del diagrama hasta - intercentrar la escala de "LONGITUDES DE ONDA HACIA LA CARGA". Desplazándonos por esta escala llegaremos hasta el punto de $Y_L = \infty$ que es justamente el valor de la carga conectada al final de la línea (cortocircuito).

En la figura 3.2 se indica, con la ayuda de la Carta de Smith, el proceso para determinar la fracción angular necesaria para determinar el valor de admitancia (Y_L) de una carga cualquiera ubicada al final de una línea de transmisión.

Los valores de admitancia (Y_x) obtenidos mediante mediciones - realizadas en las diferentes antenas que hemos utilizado fueron las siguientes:

Dipolo de $(1/2)$ de longitud de onda:

$$Y_X = 1,275 + j 0,318$$

Y_{AGI} con reflector esquinero

$$Y_X = 101 + j 0,318$$

Bicónica con reflector esquinero

$$Y_X = 0,990 + j 0,356$$

Arreglo de antenas lineales con pantalla reflectora

$$Y_X = 0,937 + j 0,348$$

La longitud eléctrica del Cable.

$$l_e = \theta_e \neq n \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$

$$\theta_e = 0,168 \lambda$$

Los valores de (Y_X) han sido graficados en el diagrama de Smith, para luego ser desplazados en la fracción angular θ_e y de esta manera definir los valores de admitancias (Y_L) que corresponde a las cargas ubicadas al final de nuestra línea de transmisión.

En las figura 3.2, 3.3, 3.4, y 3.5) se muestra con claridad cual

ha sido el proceso para determinar el valor de la admitancia (Y_L) de cada una de las antenas

3.2. PRUEBAS DE RADIACION

A. DIAGRAMA DE RADIACION

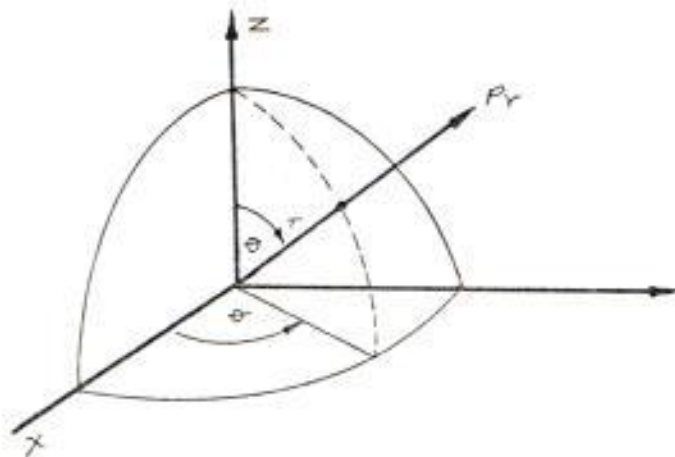


FIGURA 3-7

P_r = vector de Poynting (Watts/m^2) componente radial

r = distancia en que se realiza las mediciones

ϕ = ángulo azimutal

θ = ángulo cenital



FIGURA 3-8

Los gráficos anteriores, indican los parámetros que intervienen en la elaboración del "Diagrama de Radiación de una antena cualquiera".

En nuestro caso se ha ubicado una antena receptora como sensor de la antena transmisora. En Angulo Cenital lo fijamos en $\theta = 90^\circ$. De tal manera que el Diagrama de Radiación será obtenido al variar el ángulo ϕ de 0° a 360° , como puede observarse en la figura 3.10.

Al ir desplazándonos por una circunsferencia de radio (r) o manteniéndonos en un punto distante (r) de la antena transmisora y haciendo rotar la misma de 0° a 360° , observamos como la intensidad de campo varía.

Estas variaciones son captadas por la antena receptora y luego procesadas para lograr una gráfica que nos indicará la forma en que radia la energía una antena bajo estudio.

Para obtener los diagramas de radiación de las diferentes antenas utilizaremos "el sistema Transductor" que fue mencionado en el Capítulo II, los equipos serán dispuestos de acuerdo al diagrama de bloques que fue presentado Cap. II. Figura (2.27).

El analizador de Espectros será previamente calibrado de acuerdo como se indica en la figura 3.9.

Para lograr una mejor visualización es necesario realizar los siguientes pasos generales:

1. La perilla de intensidad de luminosidad será fijada en C C W.
2. El enfoque a medio rango
3. La fuente de disparo presionando en izquierda
4. Vertical Mod. presionando en

ANALIZADOR DE ESPECTROS

5. Fuente de barrido presionando en: Carrera libre "Free Run"
6. La perilla de variable debe estar fuera de calibración.

7. El control: División de tiempos ubicado en la posición: ESPECTRUM.
8. Las teclas de filtros de video han de estar desconectadas
9. Aseguradores de fase.
10. El control de resolución ubicado en 3 MHz.
11. La tecla de variable en el Divisor de frecuencias debe estar presionado.
12. El anillo exterior al control de "Variable" debe ser presionado para que el expansor de frecuencia y las resoluciones estén acopladas.
13. El Divisor de ensanchamiento de frecuencias será ubicado en 50 MHz.
14. La tecla; "procesador de video" debe estar desconectada.
15. La señal de calibración conectada a la entrada de R.F.
16. Máxima entrada fijada en 30 dbm.

17. La línea superior será nuestro nivel de referencia (-30 dbm)
18. Indicador de frecuencia ubicado en cero.
19. Divisor de escala del Display presionado en 10 db/DIV.
20. La atenuación debe estar fijada en cero.
21. El control de ganancia variable ubicado en calibración
22. El selector de ganancia ubicado a fondo de escala C.C.W.

Una vez realizados los pasos anteriormente señalados podemos inyectar la señal proveniente de la antena receptora.

El graficador (X - Y) nos dará una gráfica en coordenadas rectangulares; en el eje X se encuentran las variaciones angulares - que van ocurriendo en la antena transmisora, en nuestro caso de 0° a 360°. La amplitud de escala dependerá de la ganancia que fijemos en el correspondiente selector del graficador, en nuestro caso hemos fijado 0,1 volt/pulg.

El eje "Y" iniciará las variaciones de la intensidad de campo - que vayan ocurriendo por efecto de la desalineación entre la an

Pasos necesarios para calibrar el analizador de ESPECTROS. Las teclas encerradas en círculo deben estar presionadas.

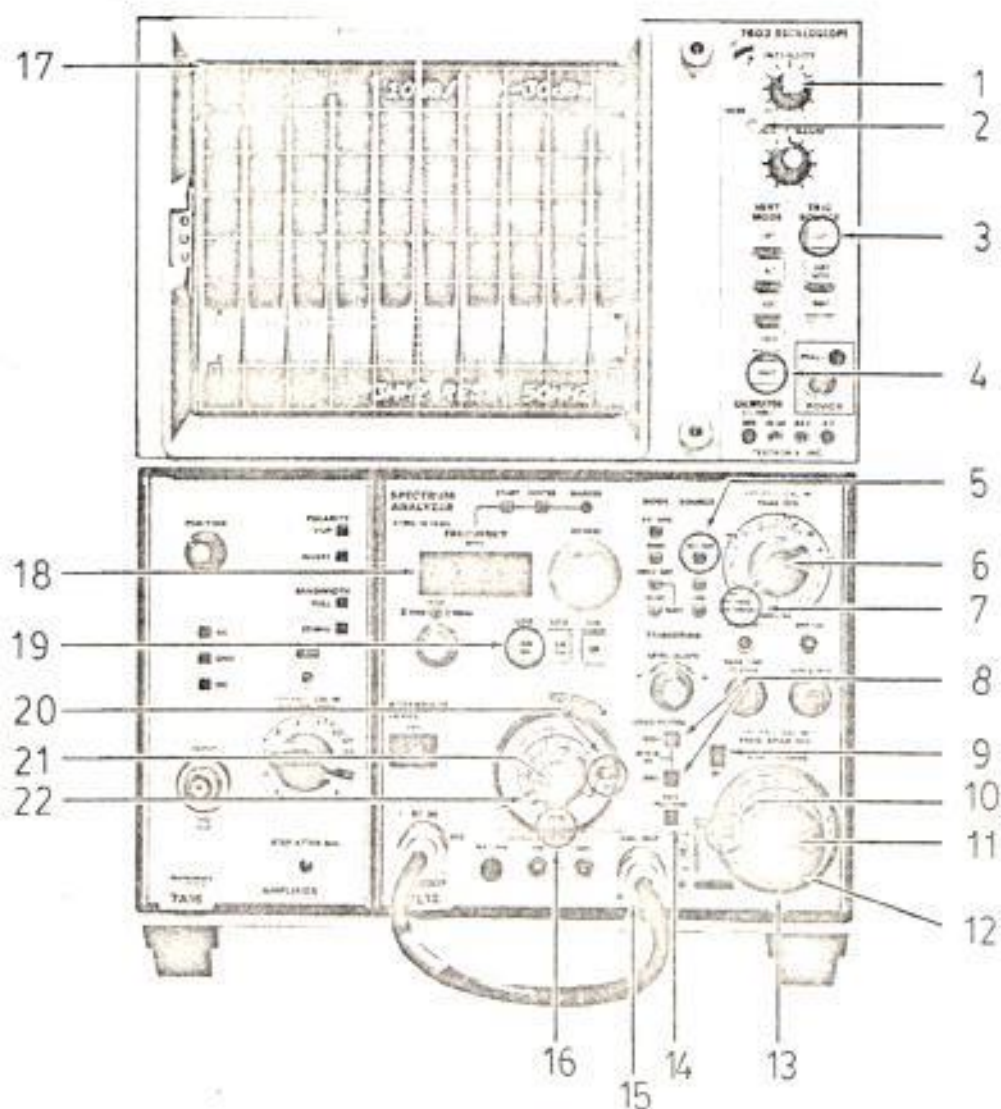


FIGURA 3-9

tena transmisora y la receptora. Este eje está en concordancia con la escala fijada en el analizador de espectros para presentar la señal en la pantalla dek osciloscopio, es decir logarítmica; por lo tanto es necesario fijar en el papel donde se efectuará la gráfica, la escala logarítmica correspondiente, deberá tomarse en consideración los valores máximos y mínimos para que nuestra gráfica se ajuste al tamaño del papel. La amplitud de esta escala, como la del eje X, dependerá de la ganancia que otorgemos a la señal inyectada en el graficador, en nuestro caso se ha fijado en 0.1 volt/pulg. para ambas escalas.

Las gráficas que se muestran a continuación, representan los diagramas de radiación de las diferentes antenas utilizadas en nuestro estudio, las mismas que son el resultado esperado del Diseño que hemos elaborado y que servirá en el futuro para aplicarlo a cualquier tipo de antena que se desee investigar.

En las gráficas se indica la antena tipo bajo estudio, la frecuencia de trabajo y la polarización utilizada.

En los ejes, rectangulares se indica la variación de intensidad de campo, con respecto a la desalineación angular entre la antena transmisora y la receptora.

ANTENA: DIPOLO $\lambda/2=33$

POLARIZ: HORIZONTAL

FRECUNCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-11

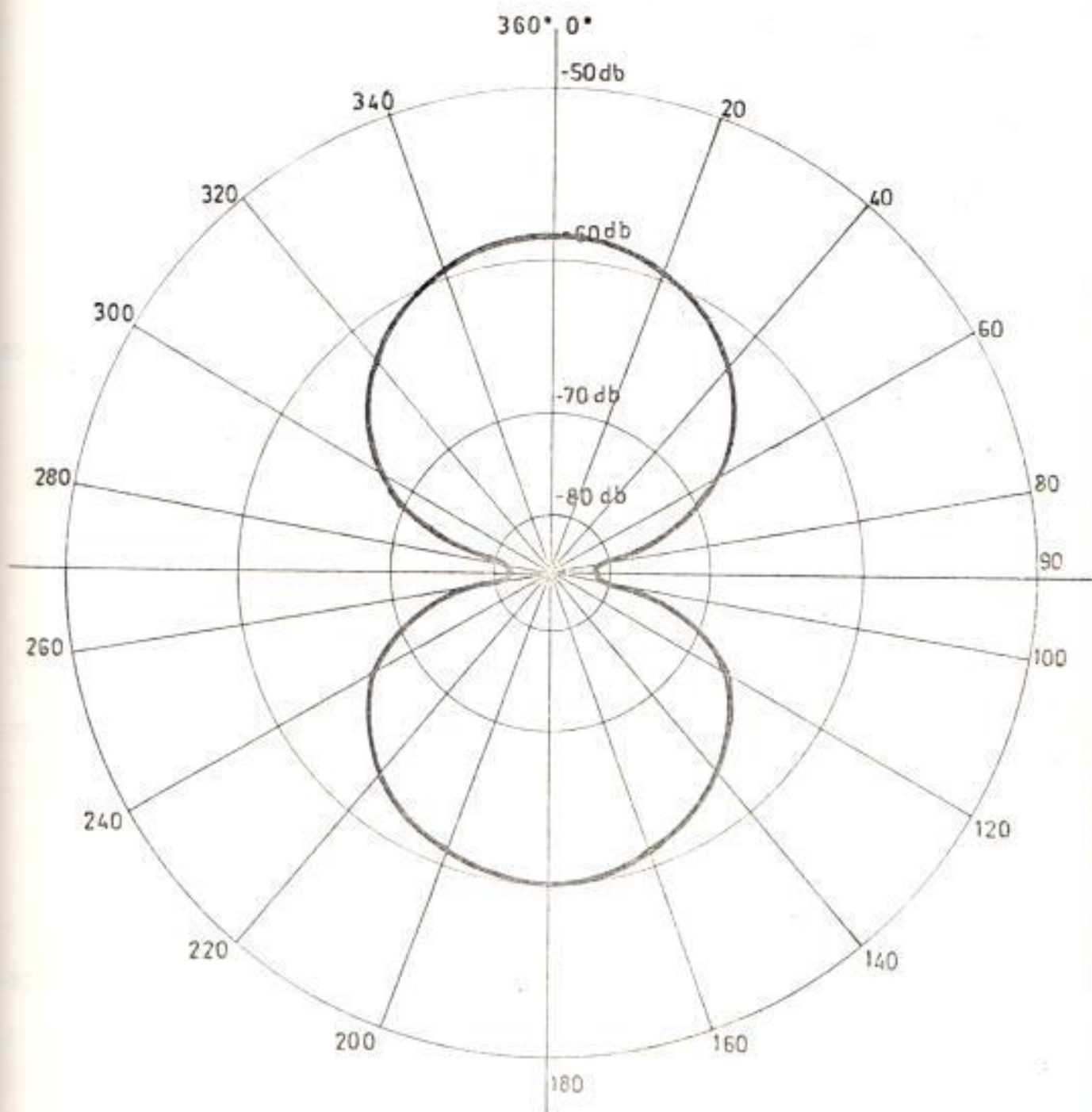


DIAGRAMA POLAR

POLARIZ: VERTICAL

FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-13

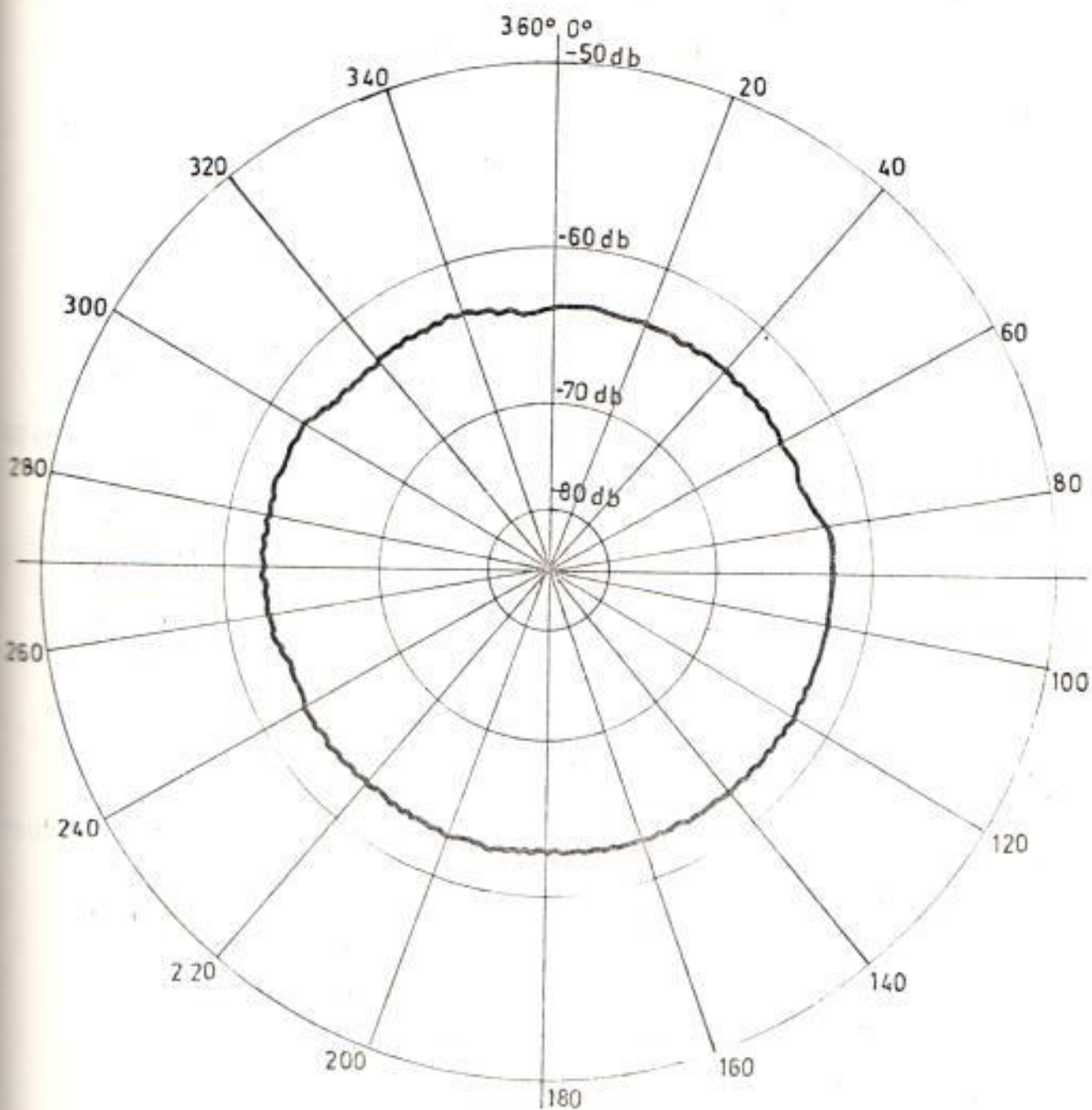


DIAGRAMA POLAR

ANTENA: DIPOLO IN 7/2
POLARIZ: HORIZONTAL
FRECUENCIA : 450 MHZ

FIGURA 3-15

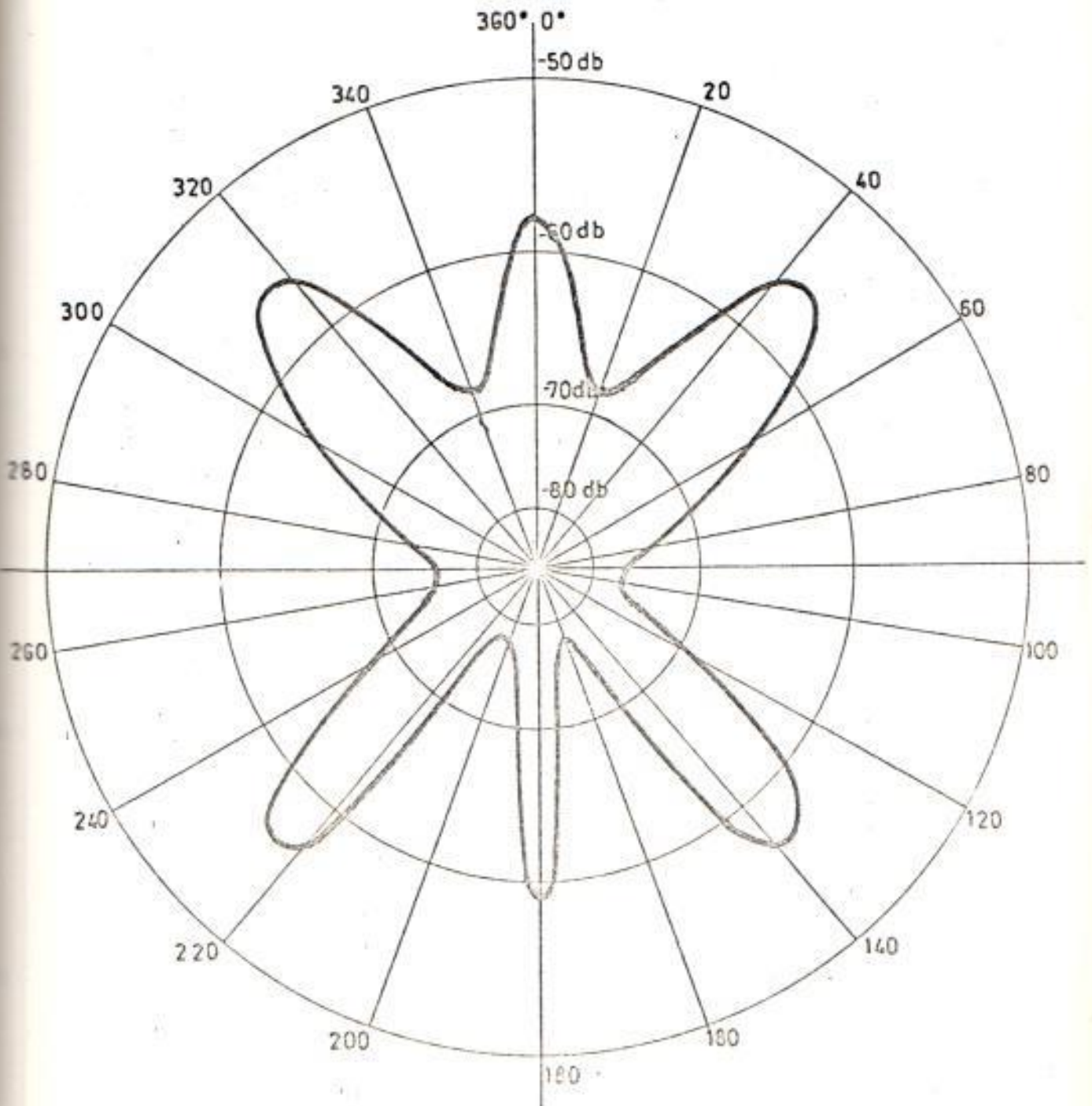


DIAGRAMA POLAR

POLARIZ: VERTICAL
FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-17

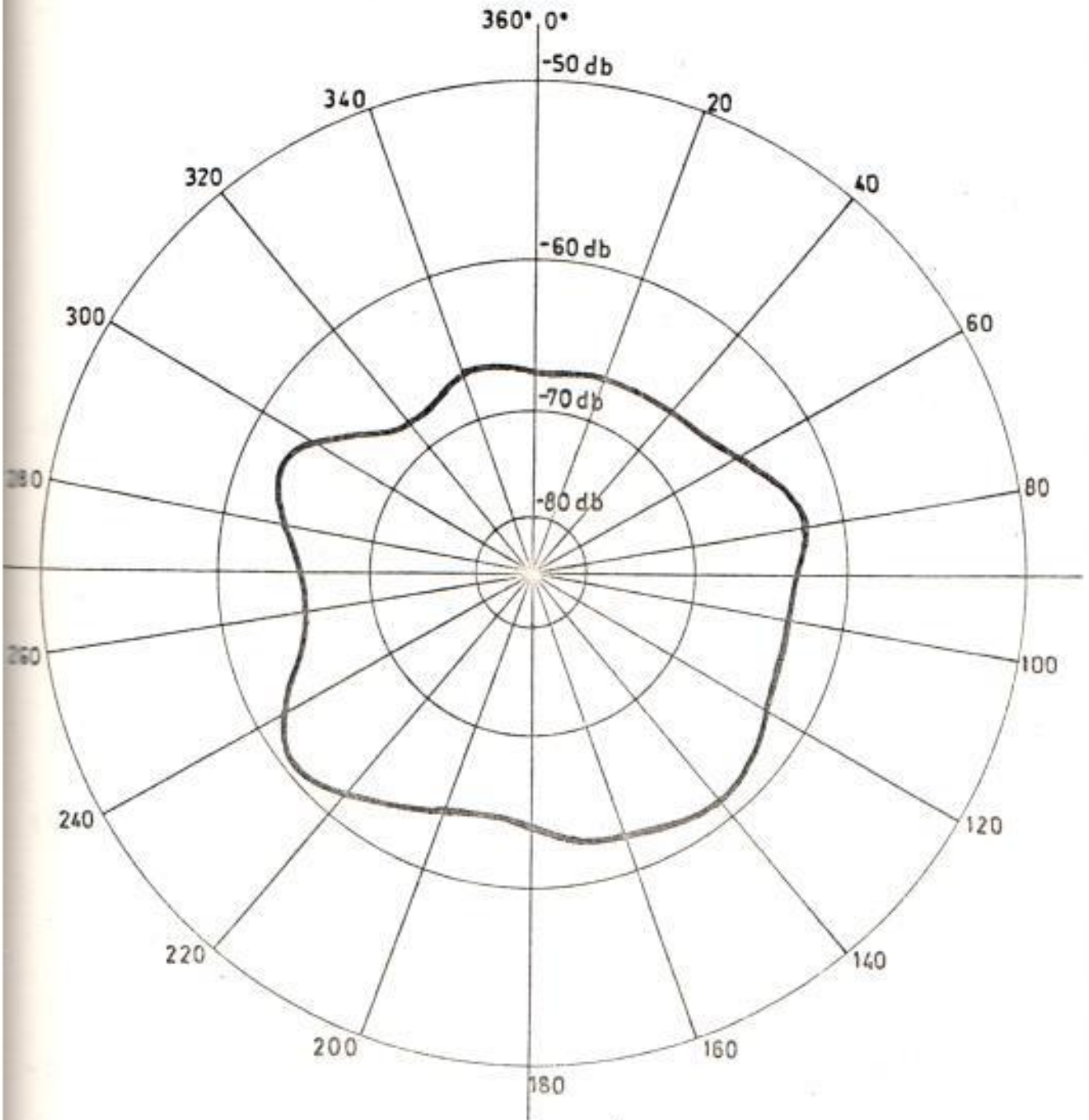


DIAGRAMA POLAR

ANTENA: YAGUI
POLARIZ: HORIZONTAL
FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-19

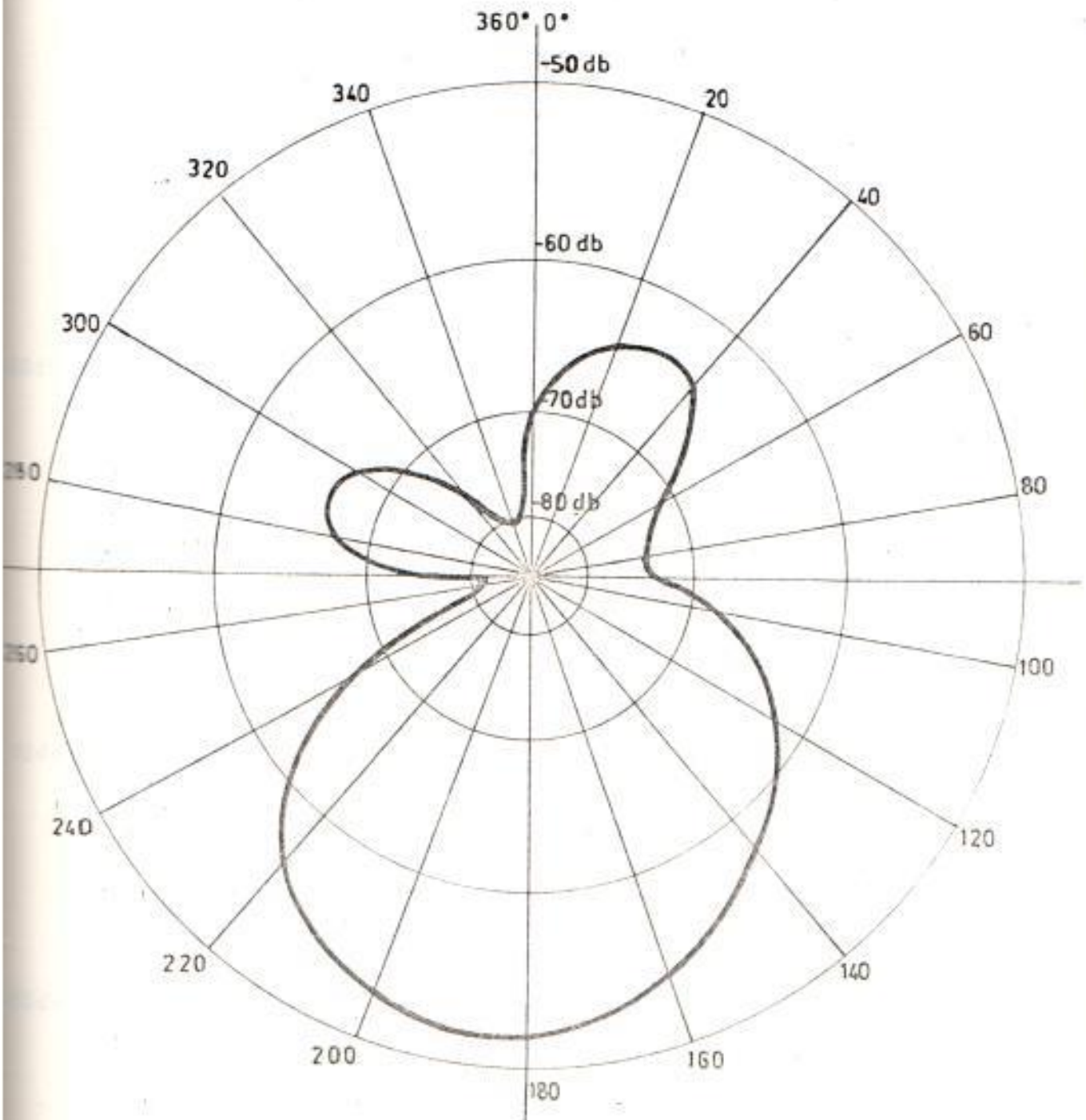


DIAGRAMA  POLAR

ANTENA: YAGUI 7 DIRECTORES
POLARIZ: VERTICAL
FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-21

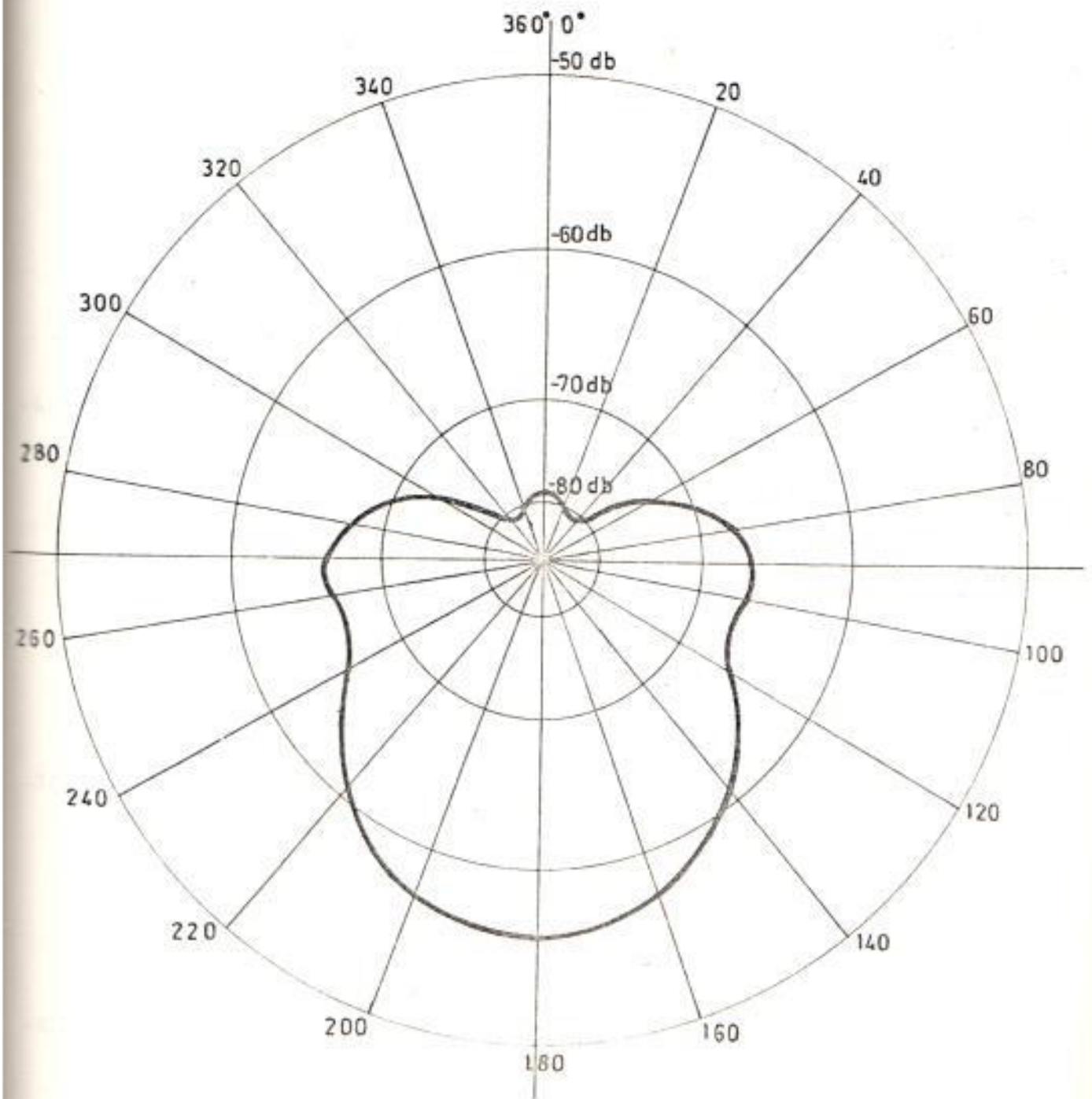


DIAGRAMA  POLAR

POLARIZ: HORIZONTAL

FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-23

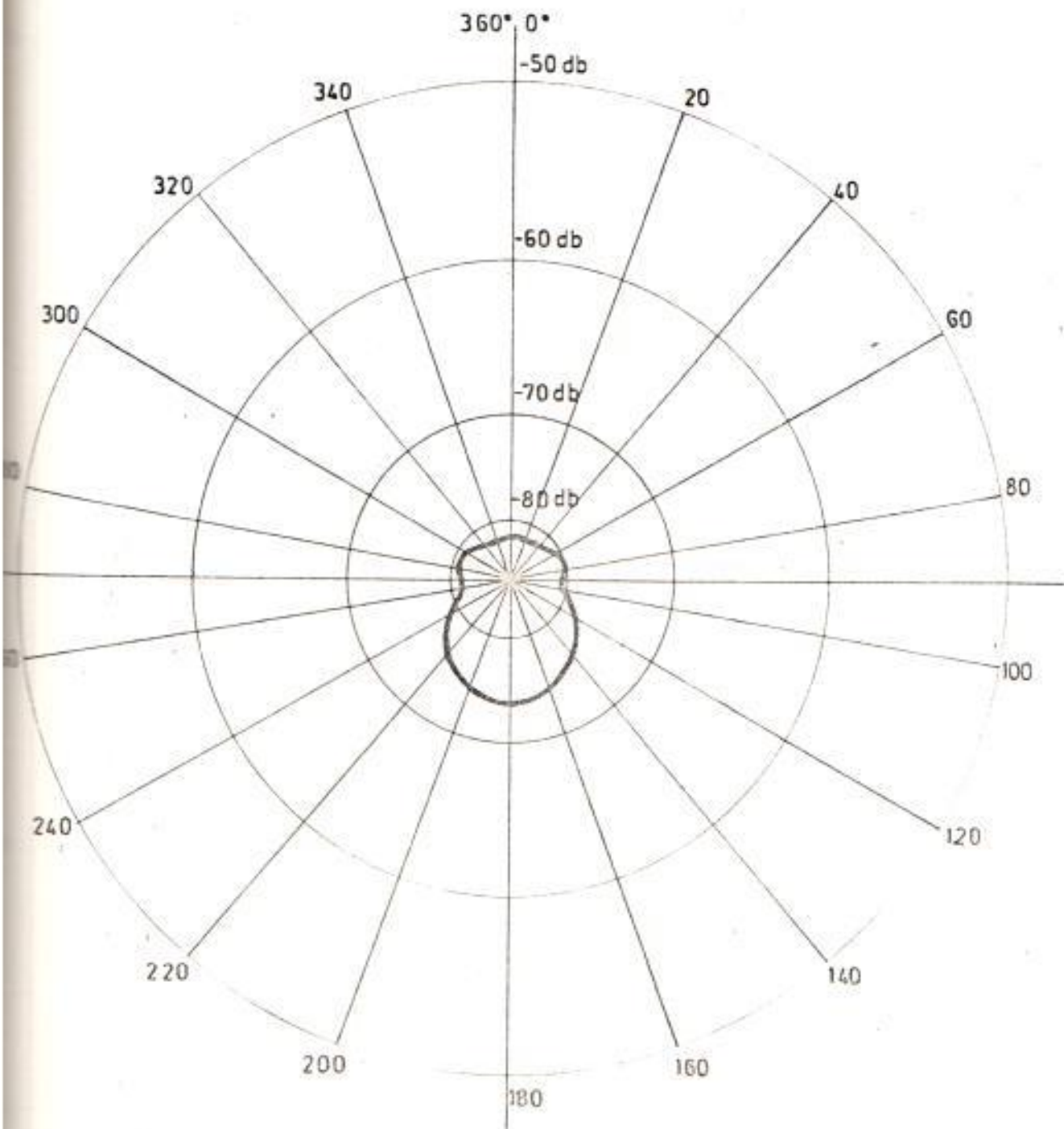


DIAGRAMA POLAR



POLARIZ: VERTICAL
FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-25

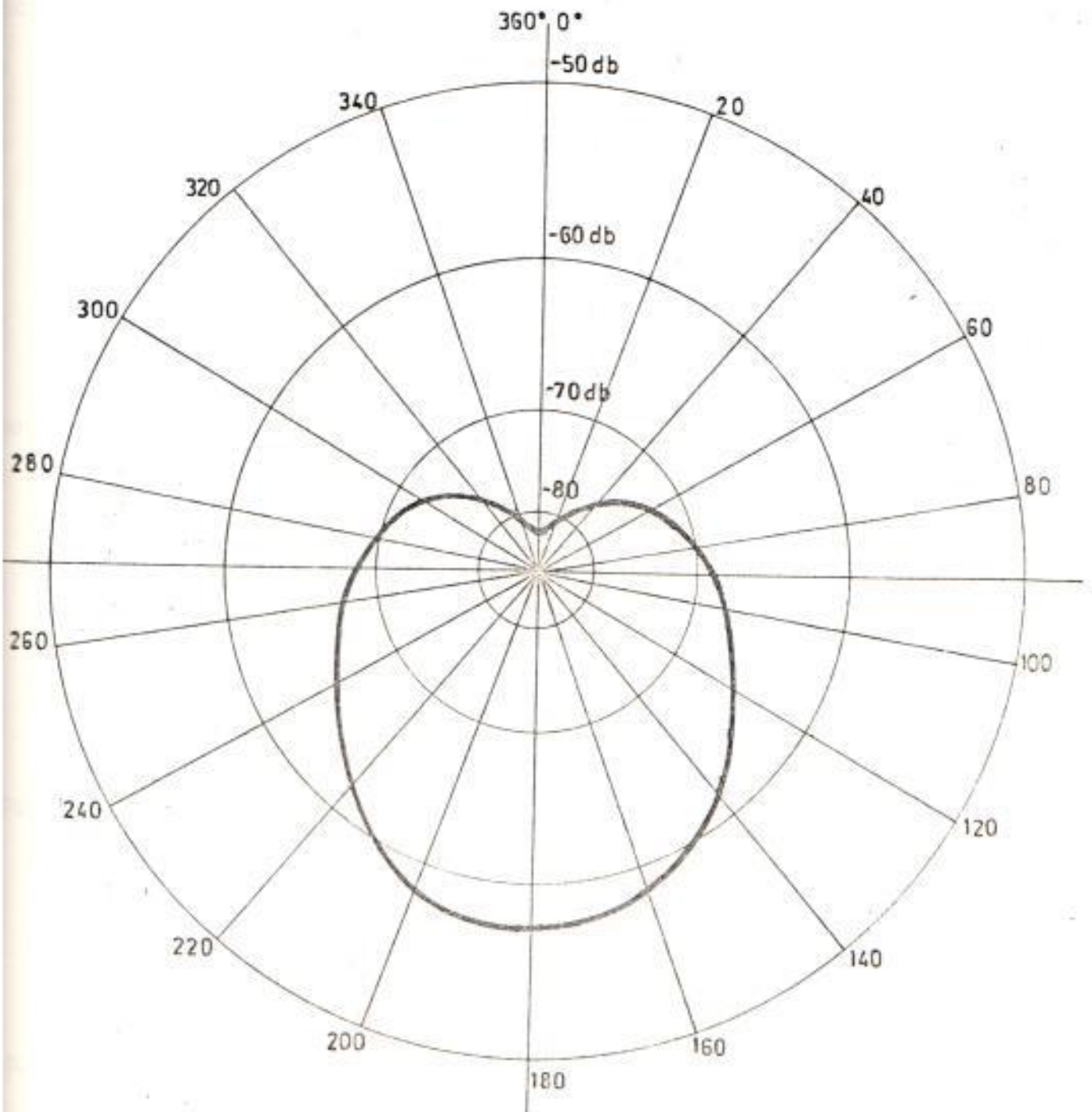


DIAGRAMA  POLAR

POLARIZ: HORIZONTAL

FRECUENC: 450 MHZ

FIGURA 3-27

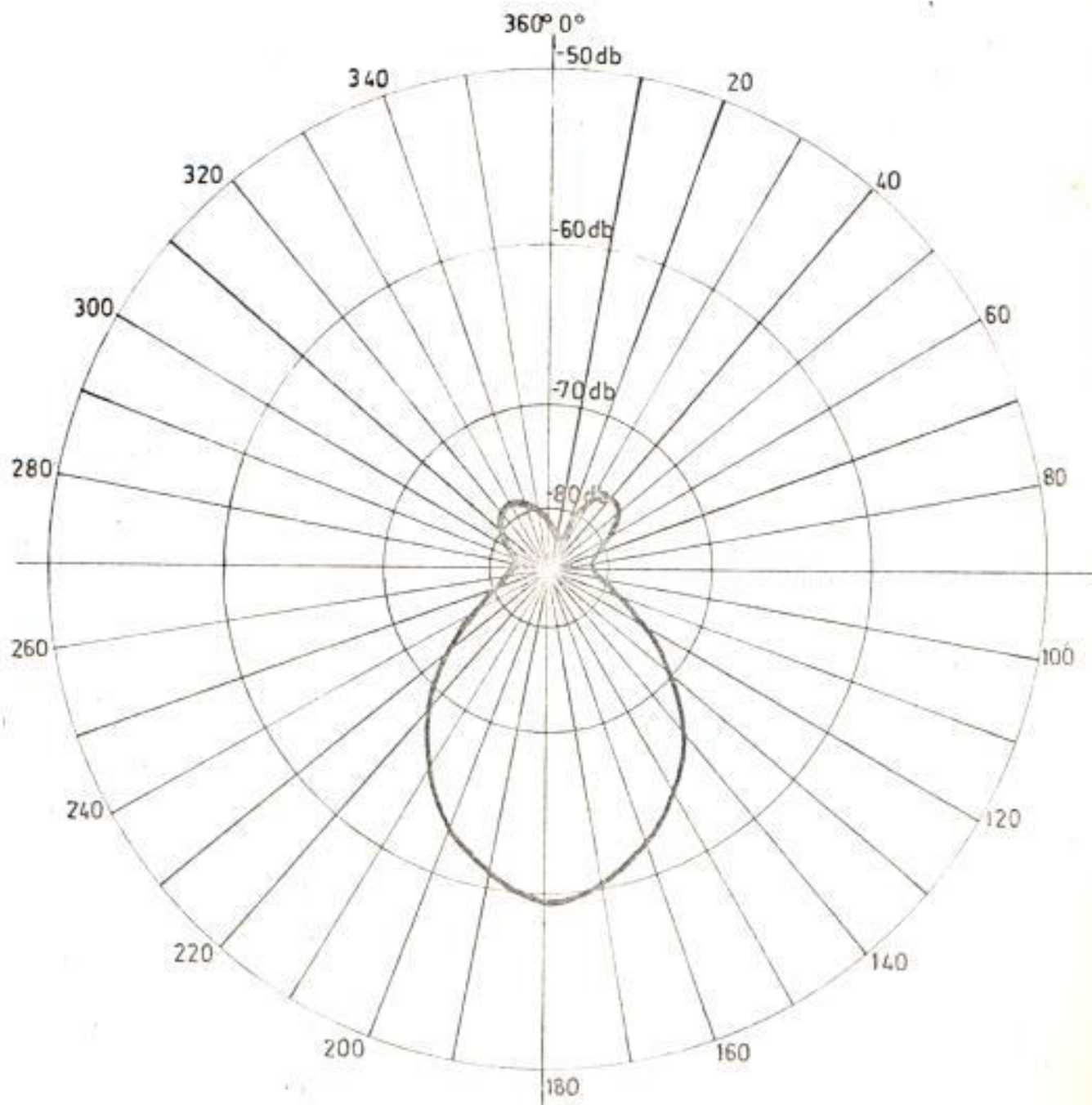


DIAGRAMA POLAR

ANTENA: 4 ARRAY
POLARIZ: VERTICAL
FRECUENCIA: 450 MHZ

FIGURA 3-29

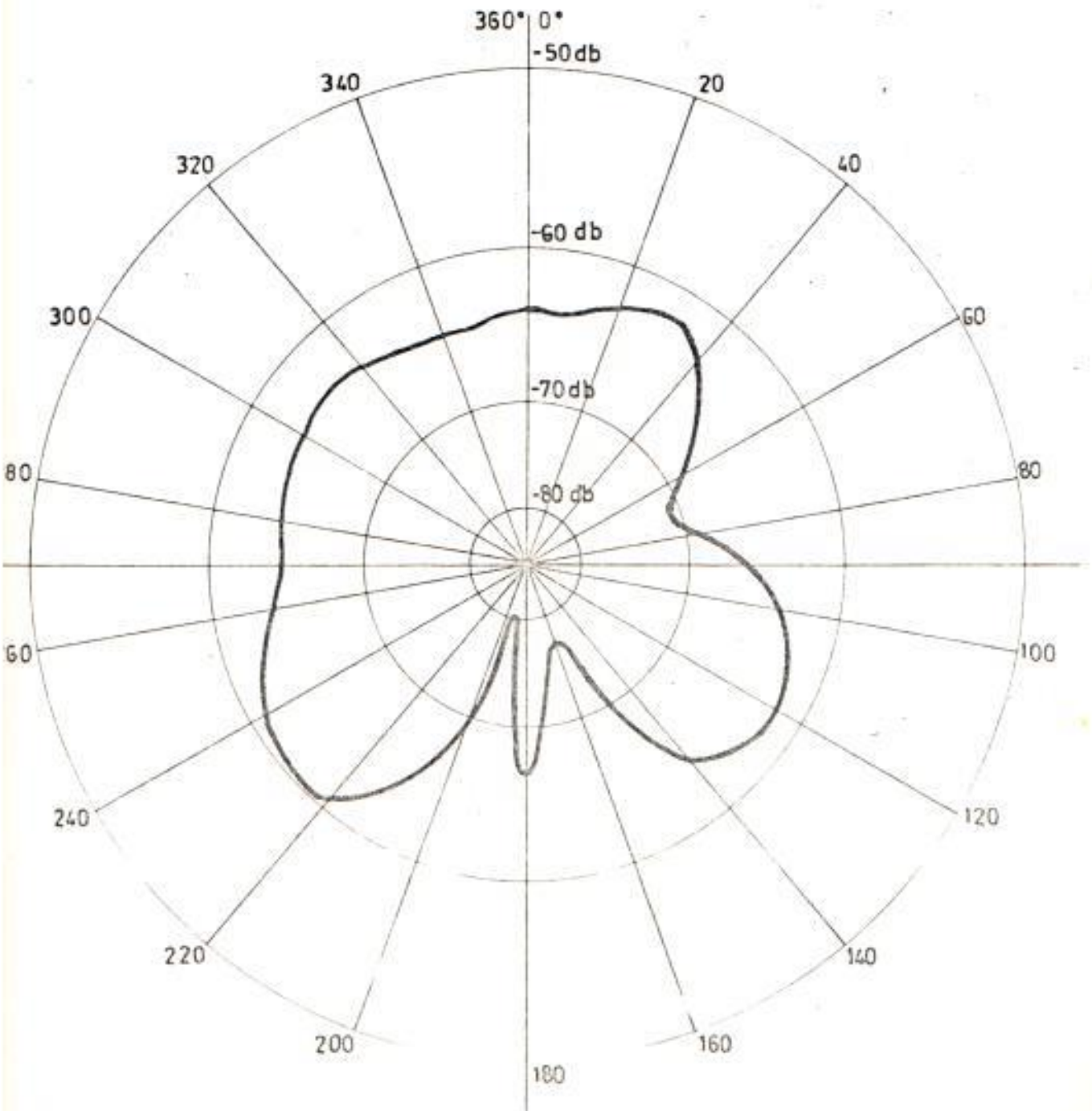



DIAGRAMA  POLAR

Además hemos creído conveniente incluir el diagrama polar de cada una de las radiaciones para tener mayores elementos de juicio.

3.3. EVALUACION DE RESULTADOS

Los resultados que a continuación presentaremos, serán aquellos valores que son los más representativos en los parámetros que definen la performance de una antena cualquiera. Ellos son:

1. Máxima Radiación expresada en decibeles
2. Dirección en que ocurre la máxima radiación
3. Ancho del Diagrama de Directividad que no es otra cosa que el sector angular que abarca la parte del lóbulo principal del diagrama dentro de cuyos límites la intensidad del campo varía hasta $1/\sqrt{2} = 0.707$ de la intensidad del campo en la dirección del máximo de radiación.
4. Ganancia: que representa la comparación de la máxima intensidad de campo de las diferentes antenas, con respecto a la máxima intensidad de campo del dipolo de $1/2$ de largo de onda - que ha sido tomada como referencia

5. En el cuadro que detallaremos a continuación se demuestra los valores antes mencionados en polarizaciones Horizontal (H) y vertical (V).

Observando los valores presentados en el cuadro se concluye que:

Para polarización horizontal el máximo valor de radiación lo representa la antena Yagui a los 180° grados.

La mayor ganancia en polarización Horizontal corresponde a la antena Yagui con un valor de 7,2 db, siendo por lo tanto una Antena altamente efectiva para realizar transmisiones hacia zonas específicas. El ancho del diagrama de radiación 90° , hace que ella sea lo suficientemente directiva.

En cuanto a Polarización Vertical el máximo valor de radiación - corresponde a la antena Yagui en la dirección de los 180° .

Su ganancia es de 7 db. El ancho del diagrama de Directividad es de 74° .

Es de resaltar que en este tipo de polarización la antena bicónica

CUADRO DE DEMOSTRACIONES

ANTENAS	DIPOLO L/2	DIPOLO n(L/2)	YAGUI	BICONICA	4 ARRAY
MAXIMA RADIACION db					
Polarización Horizontal	-58,50	-55,80	-51,3	-74	-59,8
Polarización Vertical	-63,00	-60,80	-56,00	-57,3	-60,4
DIRECCION					
Polarización Horizontal	0,360°	43°	180°	180°	180°
Polarización Vertical	OMNI DIRECCIONAL	230°	180°	180°	227°
ANCHO DEL DIAGRAMA DE RADIACION					
Polarización Horizontal	104°	30°	90°	94°	60°
Polarización Vertical	360°	260°	74°	86°	320°
GANANCIA db.					
Polarización Horizontal	0	2,7db	7,2	-15,3	-1,3
Polarización Vertical	0	2,2db	7	5,7	2,6

sigue en efectividad, presentando una ganancia de 5,7 db, siendo el ancho del diagrama de directividad 86° .

Lo expuesto en el cuadro demuestra que una antena puede ser apta en determinada polarización pero no en ambas. La selección de una antena y la polarización, dependerá de cuales sean nuestras necesidades de transmisión, es decir a donde queremos llegar con nuestra información.

Si se trata de una Radioemisora Comercial ésta necesitará una amplia cobertura.

Si se trata de transmisiones Marinas trataremos de orientar el máximo de energía hacia el mar, con la ayuda de pantallas reflectoras, para de esta manera obtener la más alta performance en la entrega de información.

CAPITULO IV

APLICACION DE LOS RESULTADOS

4.1. VENTAJAS DEL SISTEMA

El sistema que ha sido propuesto para su utilización en el Laboratorio de R.F. de la ESPOL, presenta las siguientes ventajas:

1. Este sistema necesita la presencia de una gran cantidad de equipos y componentes, los mismos que una vez instalados simulan una estación Radio-Transmisora circunstancia que motivará al estudiante a la investigación profunda de los factores que intervienen en una radio emisora.
2. Las diferentes mediciones que se han efectuado son exentas de riesgos humanos ya que la potencia suministrada a nuestras antenas transmisoras han sido de valores relativamente pequeños, que no ofrece peligro de descargas eléctricas fatales.
3. El uso de una Antena rotativa en nuestro sistema de transmisión evita que los estudiantes se desplacen en forma irregular alre-

dedor de ella tomando muestras de valores de radiación, los mismos que pueden ser valores errados si se toma en consideración que los valores han de ser tomados a distancia constante del pie de la antena transmisora.

4. La Torre o mástil donde se monta la antena transmisora, a más de ser un cuerpo aislado electricamente presenta la consistencia necesaria para soportar el peso de los estudiantes para que puedan intercambiar las antenas y efectuar el estudio correspondiente.
5. Las antenas por ser de peso y tamaño reducidos facilitan la instalación en la Torre de transmisión. Ellas han sido seleccionadas por ser las más utilizadas en el campo comercial.
6. La obtención del diagrama de radiación de una antena cualquier mediante el uso del graficador X - Y, evita que el estudiante recurra a formulas o expresiones matemáticas complejas, que en muchas de las ocasiones no son el fiel reflejo de lo que ocurre en el campo práctico.

4.2. SUGERENCIAS PARA LABORATORIOS DE LA ESPOL

1. Se sugiere que el profesor de Antenas incluya como una

de las prácticas la obtención de Diagrama de radiación de una antena cualquiera para que el estudiante simule en el Laboratorio una estación de transmisión y se familiarice con los equipos existentes en el Laboratorio de R.F.

2. En las prácticas experimentales que se han realizado no hemos incluido la determinación de las pérdidas de radiación, rendimiento de una antena; pudiendo ser estas partes de una ligera investigación. La razón por las que no fueron realizadas se debió a que el analizador de espectros y el correspondiente oscilador se descalibró.
3. La utilización de nuevos tipos de antenas tales como: cuadro, helicoidales y otros, sería de gran aporte para el conocimiento de los estudiantes, los cuales podrían objetivizar el comportamiento en cuanto a la forma de Radiar de estas antenas no incorporadas en el presente estudio.
4. Se recomienda extender el estudio al campo de las Microondas, para lo cual se deben incluir antenas de tipo parabólicos y aquellas utilizadas en este rango de frecuencia.
5. La adquisición de un medidor de intensidad de campo para

el laboratorio de R.F. es algo prioritario para un buen equipamiento del mencionado laboratorio ya que una institución de Educación Superior como la ESPOL que trata de superarse día a día no puede eximirse de adquirirlo, y de esta manera formar elementos más idóneos en el campo profesional, que más tarde estarán al servicio de las necesidades de nuestro país en el Area Electrónica.

6. Solicitar la colaboración más eficiente de IETEL, Aviación Civil, y otras instituciones para que permitan realizar dentro de sus complejos de transmisión, las prácticas vacacionales en el área de las comunicaciones. Pero es necesario que los beneficiados en estas prácticas sean aquellos estudiantes de cursos superiores quienes han adquirido el suficiente conocimiento obteniendo de esta manera el mayor beneficio posible de las prácticas que han de efectuarse en las antes mencionadas Instituciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El diseño y construcción del sistema que hemos propuesto para realizar mediciones características de antenas tipo a utilizar se en el Laboratorio de Comunicaciones de la ESPOL, se lo ha podido realizar gracias a la disponibilidad de equipos y componentes que actualmente prestan servicios en los Laboratorios de Radio frecuencia y de Control Automático.
2. El sistema de transducción que utilizamos para obtener lóbulos de radiación de las diferentes antenas tipo, que se emplean en el presente estudio, fue probado por muchas ocasiones lográndose el resultado deseado, lo que garantiza un normal funcionamiento.
3. Sería conveniente que el presente trabajo en la parte que corresponde al Capítulo III sea considerado como una experiencia de laboratorio, para que los estudiantes puedan objetivizar fenómenos de Radiación, Ganancia, Directividad y de esta manera llevar a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las horas de clase.

4. Como el presente estudio tiene mucho que ver con la utilización de equipos de laboratorio es necesario que una persona especializada en el manejo de ellos esté presente al momento de su instalación para evitar que estudiantes sin experiencia puedan deteriorarlos.

5. Aunque el sistema propuesto puede ser empleado en un amplio Rango de Frecuencias, no es aconsejable operar en el Rango de V.H. F., ya que se utilizaría antenas de gran tamaño lo que dificultaría su instalación en la Torre de Transmisión.

BIBLIOGRAFIA

1. BELOTSEKOVSKI: FUNDAMENTOS DE ANTENAS. BOIXAREU EDITORES - AÑO 1.969.
 2. JOHN D. KRAUS - ANTENAS. Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY INC. AÑO 1950
CAPITULOS: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 15.
 3. ALBERTO GIORDANO: CURSO BASICO DE ANTENAS. EDITORIAL GLEM ARGENTINA- 5ta. EDICION . 1977.
 4. CH. GUILBERT: LA PRACTICA DE ANTENAS. EDITORIAL MARCOMBO. 1970.
 5. JOHN D. KRAUS: ELECTROMAGNETISMO. EDITORIAL ATENEO:ARGENTINA - 1960. CAP. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.
 6. PHILLIP H. SMITH: ELECTRONIC APLICATIONS OF THE SMITH CHART.
COPYRIGHT: KAY ELECTRIC COMPANY - 1969. CAP. 1, 2, 3, 4.
- MANUALES DE FUNCIONAMIENTO DE:
- FUENTE DE PODER MODELO G.R. 1263 GENERAL RADIO _ ENERO 1969. PAG.

1 AL 26.

- OSCILADOR MODELO G.R. 1363. GENERAL RADIO - ABRIL 1972. CAPITULO I Y CAPITULO 5.
- DETECTOR LINEAL MODELO - 1236. GENERAL RADIO - SEPTIEMBRE 1969
CAPITULOS 1,3,4.
- OSCILOSCOPIO 7623 - A. TEKTRONIC COPYRIGHT. 1972. SECCIONES: 1,
2, 4.
- MEZCLADOR. MODELO: MRAL _ 874. GENERAL RADIO. FEBRERO 1967.
- FUENTE DE PODER MODELO I.P.-281. HEATHKIT - 1969. CAPITULOS 1,4,
8,9.
- MEDIDOR DE ADMITANCIAS. MODELO 1602. GENERAL RADIO. 1972