



T
621.3878
V437



ESCUELA SUPERIOR **BIBLIOTECA**
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

"INCORPORACION DE POBLACIONES DE LA ZONA SUR A LA RED
DE TRANSMISION DIGITAL DEL IETEL"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION ELECTRONICA

Presentada por:

JAVIER WALTER VELIZ MADINYA

Guayaquil - Ecuador

1990

AGRADECIMIENTO

Al Ing. PEDRO VARGAS, Director de Tesis, por su ayuda incondicional y colaborador directo de este trabajo.

A mis padres, por su fe y confianza.

A mi esposa, por su apoyo incondicional.

A los funcionarios del IETEL, en especial al ING. ALFREDO MOLINA.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, por la contribución en mi formación Académica Técnica.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

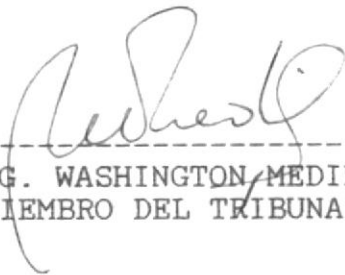
A MI HIJO, POR NACER



ING. ARMANDO ALTAMIRANO
PRESIDENTE



ING. PEDRO VARGAS G.
DIRECTOR DE TESIS



ING. WASHINGTON MEDINA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. PEDRO CARLO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamentos de exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



JAVIER WALTER VELIZ MADINYA

RESUMEN

Es importante tener una red principal sur, pero que siga una ruta distinta para poder así incorporar a muchas poblaciones olvidadas, y es así como se escoge una red que partiendo de Guayaquil se bifurca en Guachahurco y llega a la Chonta, siendo esta más flexible y que opera en 2 GHz., Por que?, porque en la actualidad se está trabajando en 6 GHz., por las características de la región, siendo los trayectos relativamente largos y con sistemas digitales es preferible trabajar en frecuencias no tan altas.

Vamos a utilizar 4 PSK como tipo de modulación por cuanto el CCIR nos recomienda para transmisiones digitales con 480 canales de capacidad a una velocidad de 34.368 Mb/s. y tendrá una configuración 1 + 1.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCION.....	XIV
I CONFIGURACION ACTUAL DEL SISTEMA DE RADIO	
ENLACE RUTA SUR.....	16
1.1 GENERALIDADES.....	16
1.2 UBICACION GEOGRAFICA.....	18
1.3 GRAFICOS.....	21
1.4 OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TECNICOS	
GENERALES.....	25
II CONFIGURACION DE LA RED PRINCIPAL DEL	
NUEVO SISTEMA DE RADIO ENLACE.....	37
2.1 GENERALIDADES.....	37
2.2 UBICACION GEOGRAFICA, SELECCION DE	
SITIO.....	38
2.3 PERFILES DE LOS TRAYECTOS.....	42

2.4	OBJETIVOS Y REQUERMIENTOS TECNICOS GENERALES.....	42
III	TECNICAS A UTILIZAR EN LA TRASMISION DIGITAL.....	51
3.1	GENERALIDADES.....	51
3.2	NORMAS Y JERARQUIAS DE LOS SISTEMAS DIGITALES.....	54
3.3	ELECCION DEL TIPO DE MODULACION....	57
3.4	PLANEAMIENTO DE FRECUENCIAS.....	69
IV	COMPOSICION Y ANALISIS DE CADA UNO DE LOS TRAYECTOS.....	74
4.1	CALCULO DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL Y MARGEN DE APERTURA....	74
4.2	CALCULO DEL PUNTO DE REFLEXION.....	79
4.3	DETERMINACION DE LA GANACIAS REQUERIDA POR LAS ANTENAS Y PERDIDAS DE PROPAGACION.....	87
4.4	CALCULO DE LA POTENCIA DE RECEPCION.....	91
4.5	EVALUACION DE LA CALIDAD DEL CIRCUITO.....	94
4.5.1	GENERALIDADES.....	94
4.5.2	OBJETIVOS DE CALIDAD Y DE INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA.....	97

4.5.3 INTERFERENCIAS, CONFIABILIDAD DE LAS RUTAS.....	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
APENDICES.....	112
BIBLIOGRAFIA.....	123

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	UBICACION GEOGRAFICA.....	19
FIGURA 1.2	SISTEMA VHF 24 CANALES.....	22
FIGURA 1.3	ALTURA DE LAS ANTENAS DE LA RED SUR.....	23
FIGURA 1.4	DISPOSICION DE CANALES VHF/UHF....	24
FIGURA 1.5	ESTACION EL CARMEN.....	32
FIGURA 1.6	ESTACION MACHALA	33
FIGURA 1.7	ESTACION CERRO REPPEN.....	34
FIGURA 1.8	ESTACION GUACHAURCO.....	35
FIGURA 1.9	ESTACION LOJA.....	36
FIGURA 2.1	AZIMUTH DE NUEVO TRAYECTO.....	41
FIGURA 2.2	PERFIL DE TRAYECTO GUACHAURCO - COLAMBO.....	43
FIGURA 2.3	PERFIL DE TRAYECTO COLAMBO - TOLEDO.....	44
FIGURA 2.4	PERFIL DE TRAYECTO TOLEDO - NERON.	45
FIGURA 2.5	PERFIL DE TRAYECTO NERON - LA CHONTA.....	46
FIGURA 2.6	MAPA ZONA SUR.....	47

FIGURA 3.1	PLAN DE FRECUENCIAS.....	72
FIGURA 3.2	POLARIZACION Y DISPOSICION DE CANALES.....	73
FIGURA 4.1	MARGEN DE APERTURA.....	75
FIGURA 4.2	PUNTO DE REFLEXION.....	81
FIGURA 4.3	CALCULO DEL PARAMETRO b	83
FIGURA 4.4	ANGULOS DE ONDAS DIRECTAS Y REFLEJADAS.....	85
FIGURA 4.5	CURVA DE EFICIENCIA.....	102
FIGURA 4.6	TASA DE CODIGOS ERRONEOS.....	104
FIGURA 4.7	BER Vs P_r PARA VARIAS CONDICIONES DE C/I.....	106
FIGURA 4.8	PATRON DE RADIACION PARA ANTENA PARABOLICA $\emptyset = 2$ m.....	114
FIGURA 4.9	PATRON DE RADIACION PARA ANTENA PARABOLICA $\emptyset = 3$ m.....	115
FIGURA 4.10	ATENUACION PARA GUIA DE ONDA CON COBRE.....	119
FIGURA 4.11	DISTRIBUCION POISSON.....	122

INDICE DE TABLAS

TABLA I	RED NACIONAL MICROONDAS EN 6 GHz.....	17
TABLA II	COORDENADAS DE ESTACIONES RUTA SUR.....	20
TABLA III	CONFIGURACION INICIAL PARA RUTA SUR.....	26
TABLA IV	DENSIDAD DE TRAFICO.....	28
TABLA V	CONFIGURACION	29
TABLA VI	PROYECTO IETEL PARA ZONA SUR.....	30
TABLA VII	UBICACION GEOGRAFICA DE LAS NUEVAS ESTACIONES	39
TABLA VIII	AZIMUTH.....	40
TABLA IX	UBICACION GEOGRAFICA DE POBLACIONES DE LA ZONA SUR.....	47
TABLA X	REQUERIMIENTOS TECNICOS.....	50
TABLA XI	CUADRO COMPARATIVO, STANDARD 24 Y 30 CANALES.....	56
TABLA XII	INFORME CCIR 378-3.....	62
TABLA XIII	RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL	

	Y MARGEN DE APERTURA.....	78
TABLA XIV	PUNTO DE REFLEXION.....	86
TABLA XV	GANANCIA REQUERIDA DE ANTENA.....	90
TABLA XVI	POTENCIA DE RECEPCION.....	93
TABLA XVII	DISPONIBILIDAD.....	109
TABLA XVIII	CUADRO DE ATENUACION DE ONDA REFLEJADA (FRECUENCIA V_s SUPERFICIE).....	113
TABLA XIX	GANANCIA DE ANTENAS.....	116
TABLA XX	TIPOS Y CARACTERISTICAS DE ANTENAS GTE.....	117
TABLA XXI	CARACTERISTICAS DE CABLE COAXIAL LDF5-50A 9ANDREWS-CORP).....	118
TABLA XXII	FRECUENCIA DE RADIOCANALES PARA f_0 = 2 GHz	120
TABLA XXIII	CARACTERISTICAS DE TRANSMISION.....	121

INTRODUCCION

Concientes de la necesidad de incorporar a tan importante zona (Celica, Zozoranga, Macara, Catacocha, Cariamanga, Río Calvas, Nambacola, Gonzanama, Las Aradas, Amaluza, Vilcabamba, Yangana, Valladolid, Río Mayo, Zumba, entre otras) al desarrollo cultural y socioeconómico del país, y debido a la creciente demanda de sistemas de comunicaciones, realizaremos el estudio y diseño de altura y ganancias de las antenas, potencia de transmisión y recepción, margen de desvanecimiento, pérdida, interferencias de RF, así como ubicaciones más favorables para poder situar a las distintas estaciones que pasaran a formar parte de la gran red de Telecomunicaciones.

Debido a las características que tienen los sistemas digitales que permiten la operación en bandas de alta frecuencia, su bajo costo del Multiplexer y el continuo desarrollo de esta tecnología hace que nos olvidemos de los sistemas analógicos, aunque esta transmisión permite una mayor eficiencia de su ancho de banda utilizando FDM,

comparado con su baja eficiencia PCM, pero esto puede ser compensado con una apropiada elección del tipo de modulación, codificación y gran flexibilidad en el planeamiento de nuevos radioenlaces digitales de microondas.

Con estos nuevos sistemas y con la introducción de centrales numéricas, hay la perspectiva de realizar redes integradas ya sean estas de voz, datos, facsímiles, etc. Además se explota al máximo los medios de transmisión, pudiendo ser éstos por cable coaxial, microaxial, fibras ópticas, se puede utilizar la banda arriba de los 13 GHz poco usada aún.

Para distancias superiores a los 8 - 10 kms., se pueden utilizar cables de baja frecuencia, en fin se tiene una magnífica calidad de transmisión debido a su alta insensibilidad a los ruidos y a su altísima estabilidad, compactibilidad y coexistencia con sistemas análogos en radio frecuencia las cuales están previstas por el CCIR.

CAPITULO # I

CONFIGURACION DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE ACTUAL

1.1 GENERALIDADES

El Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones en el mes de Agosto de 1976, instaló una red Nacional de microondas en 6 GHz, con una longitud total de 1.165,3 Kms con capacidad de transmisión de 960 canales telefónicos en FDM, un canal de TV color y un canal de sonido.

El sistema estaba compuesto por 17 radio-enlaces y 2 enlaces por medio de cable coaxial, de aquí se formaron 4 rutas que son Norte, Central, Oeste y Sur; todas y cada una de estas rutas están conformadas por sistemas rurales para así garantizar la operación de las comunicaciones.

TABLA I

RED NACIONAL MICROONDAS EN 6 GHz

E N L A C E S	M I C R O N D A S	DESDE	HASTA	ENLACES	LOG. KMS.
		TROYA	SAN JUAN	2	145.20
		SAN JUAN	EL CARMEN	4	362.00
		EL CARMEN	MANTA	5	343.60
		EL CARMEN	LOJA	6	310.20
	C A B E L E	QUITO	SAN JUAN	1	1.80
	C O D A X I A L	GUAYAQUIL	EL CARMEN	1	2.50
TOTAL				19	1,165.30

Equipos de estado sólido, alta confiabilidad, bajo consumo de energía, paneles de fácil montaje y un sistema Non-break, empleando unas baterías flotantes para asegurar la operación continua de los mismos. Además, cada enlace maneja tres canales de RF que son:

M1	(TP)	=	Transmisión de 960 canales telefónicos
M2	(TV)	=	Transmisión de 1 canal de TV color
P		=	Utilizado como canal de RF de protección

Al momento existe una sola red o ruta principal que va al sur y que partiendo de Guayaquil desde el Cerro de El Carmen dirige su señal hacia Balao Chico, de aquí a Machala, Reppen, Guachaurco, Huachichambo y llega a Loja (6 enlaces), de los cuales Reppen, Guachaurco y Huachichambo son estaciones repetidoras con derivación, como se indica a continuación en la Figura # 1.1 de Ubicación Geográfica

1.2 UBICACION GEOGRAFICA

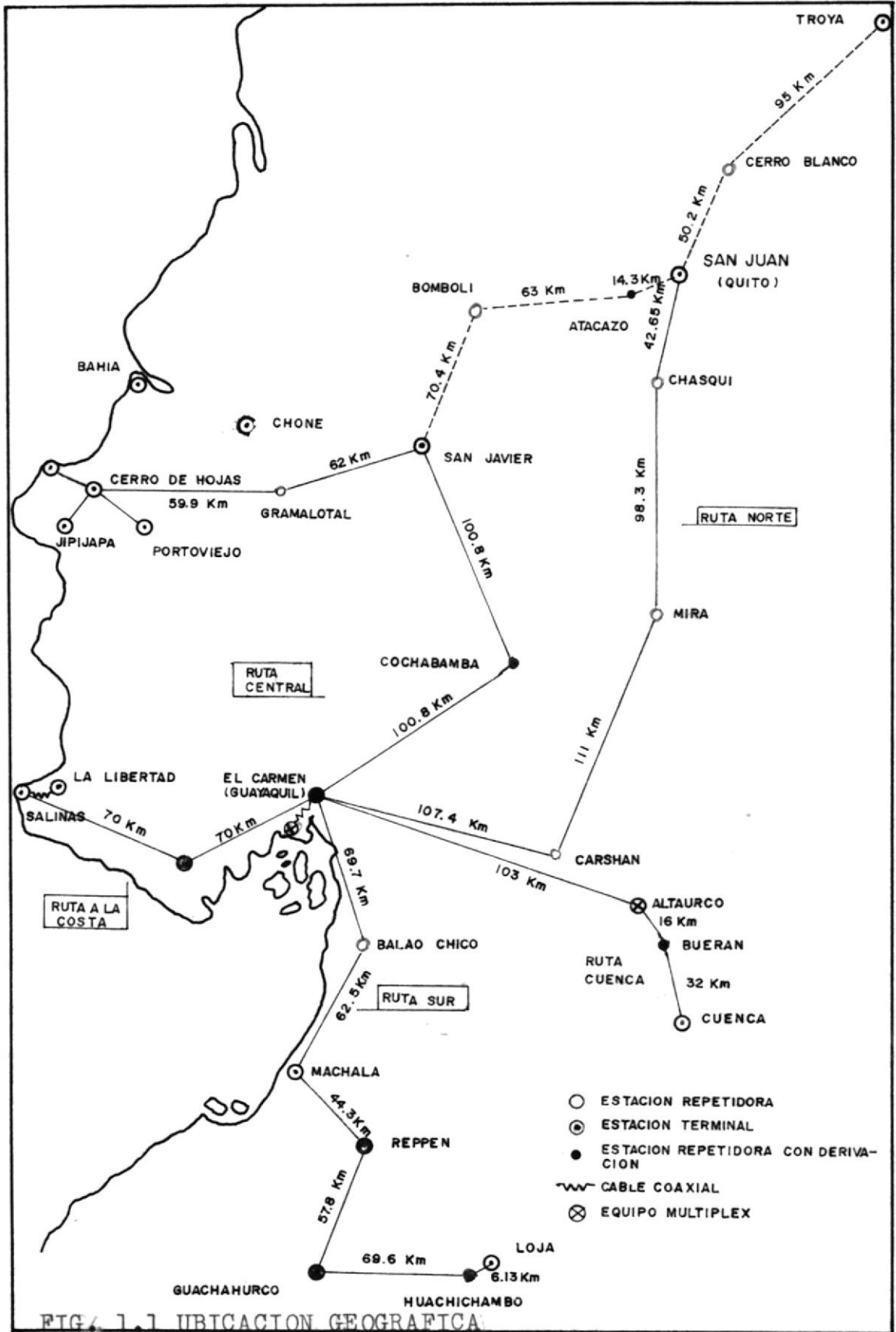


TABLA II

COORDENADAS DE ESTACIONES RUTA SUR

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
EL CARMEN	02°10'37" S	79°52'40" O	95 mt
BALAO CHICO	02°54'01" S	79°46'00" O	474 mt
MACHALA	03°15'10" S	79°57'38" O	3 mt
REPPEN	03°32'57" S	79°41'20" O	2490 mt
GUACHAURCO	04°02'05" S	79°52'08" O	3088 mt
HUACHICHAMBO	04°01'42" S	79°14'31" O	2846.5 mt
LOJA	03°59'34" S	79°11'55" O	2055.5 mt

* S = Sur
O = Oeste

En la Figura 1.1 podemos ver las distintas rutas de radioenlaces que existen basicamente en la región II del IETEL. Las estaciones repetidoras con sus derivaciones en sistema VHF en 24 canales son Reppen, Guachaurco, Huachichambo; podemos visualizar estos y otros sistemas VHF y UHF en la Figura 1.2, en la Tabla II se presentan las coordenadas de las estaciones que conforman la Ruta Sur.

1.3 GRAFICOS

A continuación se muestran algunas Figuras: la de Alturas de las Antenas (Fig. 1.3), y la de las Distribuciones de Canales de las distintas estaciones que conforman la Ruta Sur (Fig. 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9).

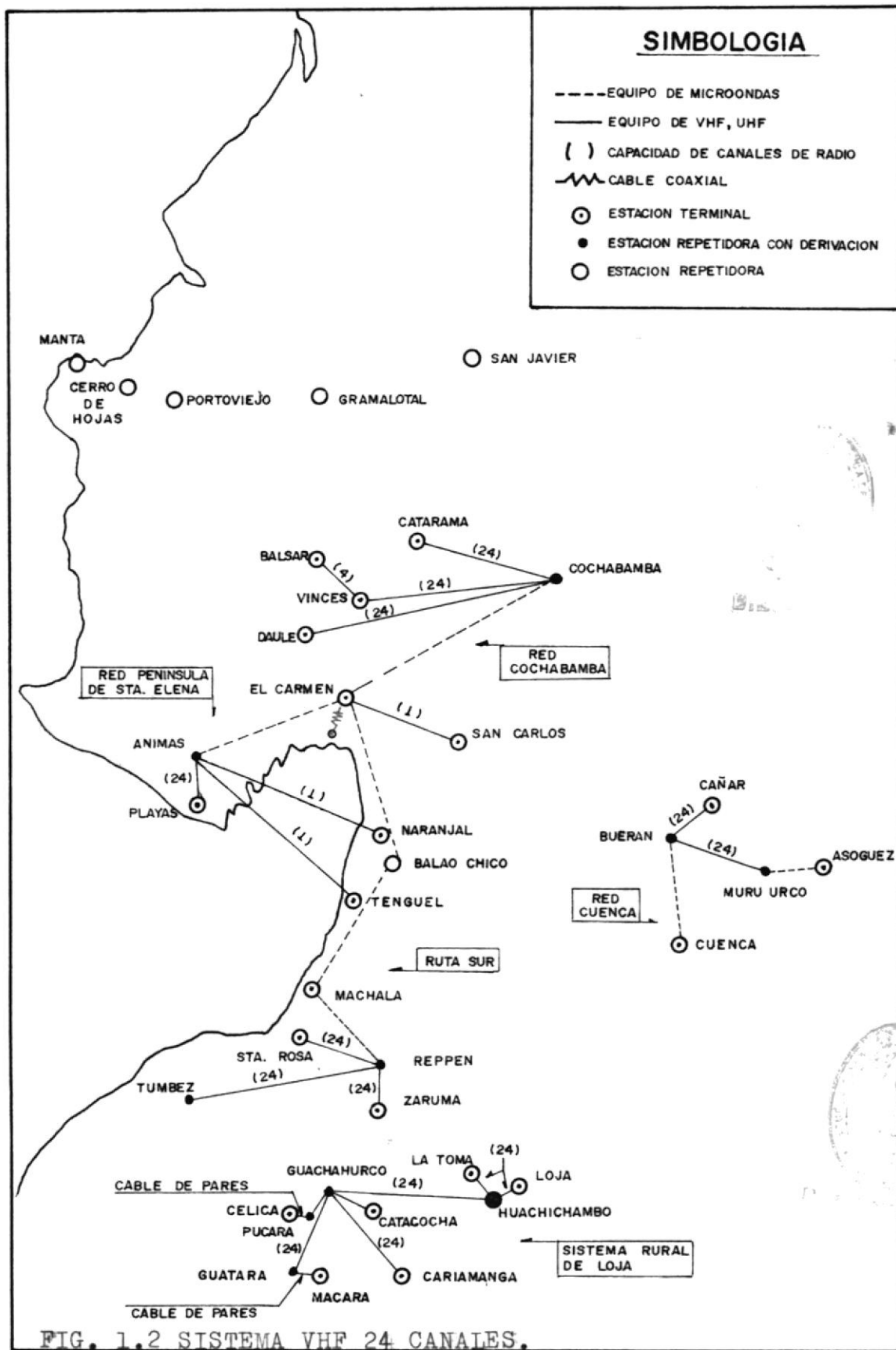


FIG. 1.2 SISTEMA VHF 24 CANALES.

LEYENDA

ALTURA DE LAS ANTENAS DE LA RED SUR

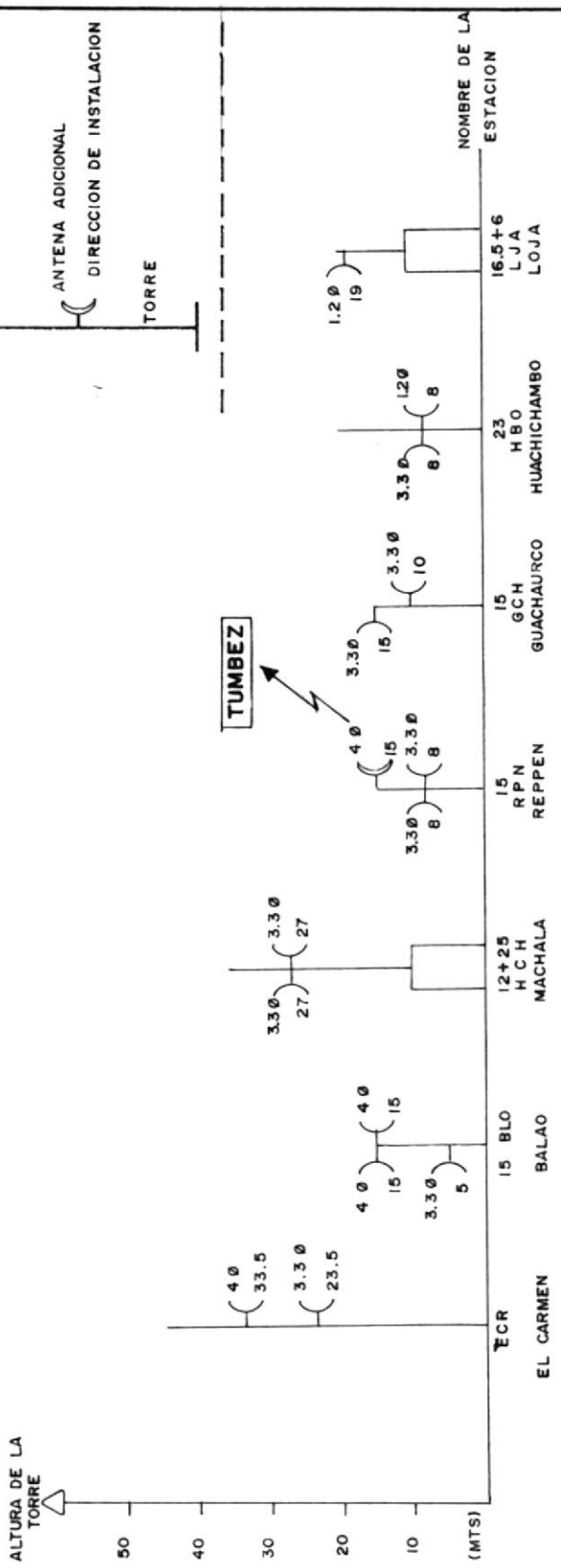


FIG. 1.3

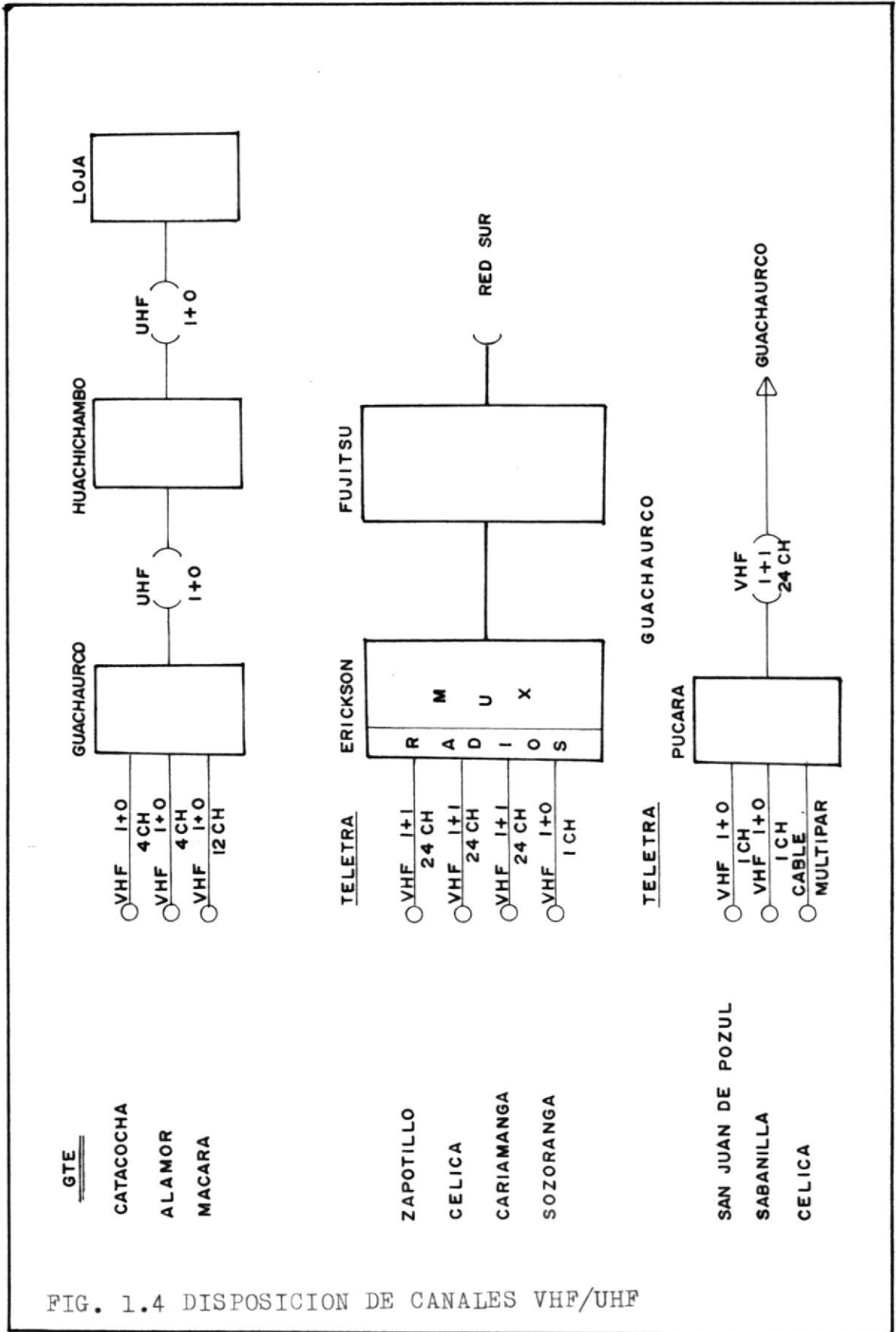


FIG. 1.4 DISPOSICION DE CANALES VHF/UHF



1.4 OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TECNICOS GENERALES

Dentro de objetivos y requerimientos generales tenemos que inicialmente se quiso dar servicio a la zona sur y tan solo se consideraron a 4 de sus cantones como son Celica, Macará, Cariamanga y Catacocha, los que por el estudio hecho en aquel entonces se otorgaron 7 canales a Macará y 3 canales para cada uno del resto de cantones. Esto al poco tiempo se vio superado por la gran demanda, a continuación visualizaremos lo antes dicho en la Tabla III.

Con esta experiencia obtenida se sugirió que para cualquier otra instalación nueva a otra población, se considere que el número de canales sean:

- 4 si se trata de máximo 50 abonados
- 6 si se trata de máximo 100 abonados
- 12 si se trata de máximo 200 abonados

Claro está que estos valores no son fijos porque están en función directa a la capacidad económica que tenga cada población para generar así una mayor demanda, es por esto que se deja un margen en cuanto al número de canales para así satisfacer cualquier demanda inmediata. Bajo este principio se elaboró un cuadro que contiene un sin número de poblaciones que

TABLA III
CONFIGURACION INICIAL PARA RUTA SUR

POBLACIONES RURALES	NUMERO DE CANALES			NUMEROS DE ABONADOS
	INSTALACION INICIAL	DEMANDA ACTUAL	DEMANDA AC- TUAL CON NUEVA INSTA- LACION	INSTALACION INICIAL
CELICA	3	5	6	50
MACARA	7	6	8	100
CARIAMANGA	3	6	8	150
CATACUCHA	3	5	6	50

se encuentran en la zona sur y lo exponemos en la Tabla VI.

Según datos recogidos hasta Julio de 1979 tenemos que en todos estos cantones existen un 15% de conferencias anuladas, debido a la falta de canales de los sistemas secundarios o rurales y las troncales, cuyo centro de conmutación principal es su capital Loja. Esto nos dice que el número de canales asignados a cada uno de estos cantones no fue el correcto, con esta base y considerando los nuevos datos suministrados por la Sección de Control Producción y Estadística de IETEL tenemos: (ver Tablas IV y V) en la cual aparece la necesidad real de canales.

En la actualidad el IETEL ha contratado una ampliación digital que parte de Guayaquil con 5 x 140 Mbits/seg., llega al cerro de El Carmen y se divide en: 4 x 140 Mbits/seg. hacia Santa Ana; 1 x 34 Mbits/seg. hacia Animas en su ruta hacia la Península de Santa Elena (en discusión todavía) y 3 x 34 Mbits/seg. hacia Balao en su Ruta Sur hasta Machala, de la cual parten 2 x 34 Mbits/seg. hasta Guachaurco (estación de donde parte nuestra ruta). Desde Loja con 3 x 34 Mbits/seg. se dirige hacia Huachichambo de la cual 1 x 8 Mbits/seg. hacia La Toma y el resto

TABLA IV

DENSIDAD DE TRAFICO

POBLACIONES	CONFERENCIAS		MINUTOS		TOTALES	
	ABONADO	CABINA	ABONADO	CABINA	CONF.	MIN.
CARIAMANGA	9250	5890	48046	24314	15140	72360
CELICA	4756	4557	26239	19364	9313	45603
CATACOCCHA	4297	4846	18934	18934	9143	40315
MACARA	7599	7509	31663	31663	15108	76594

TABLA V
CONFIGURACION

POBLACIONES	CARIAMANGA	CELICA	CATACUCHA	MACARA
CONMUTACION	150	50	50	100
RADIOENLACES	4	4	5	9
ERLANGS	2,92	1,83	1,69	3,02
NECESIDAD REAL DE CANALES DE RADIOENLACES	8	6	6	8

TABLA VI

PROYECTO IETEL PARA ZONA SUR

POBLACION	CAPACIDAD DE LA CENTRAL	NUMERO DE INICIAL	CANALES RESERVA
ARENILLAS	100	12	--
EL GUABO	100	12	--
PACCHA	50	4	--
GONZANAMA	50	12	--
ELAMOR	50	4	--
SARAGURO	50	6	2
ZOZORANGA	50	4	--
ZAPOTILLO	50	4	--
TENDALES	--	2	2
MARCABELI	--	2	2
CHUGUARPAMBA	--	4	--
SABANILLA	--	2	2
S. JUAN DE POZUL	--	4	--
EL CISNE	--	2	2

hacia Guachaurco de aquí se abren con cuatro de 1 x 8 Mbits/seg. hacia Catacocha, Cariamanga, Celica y Macará.

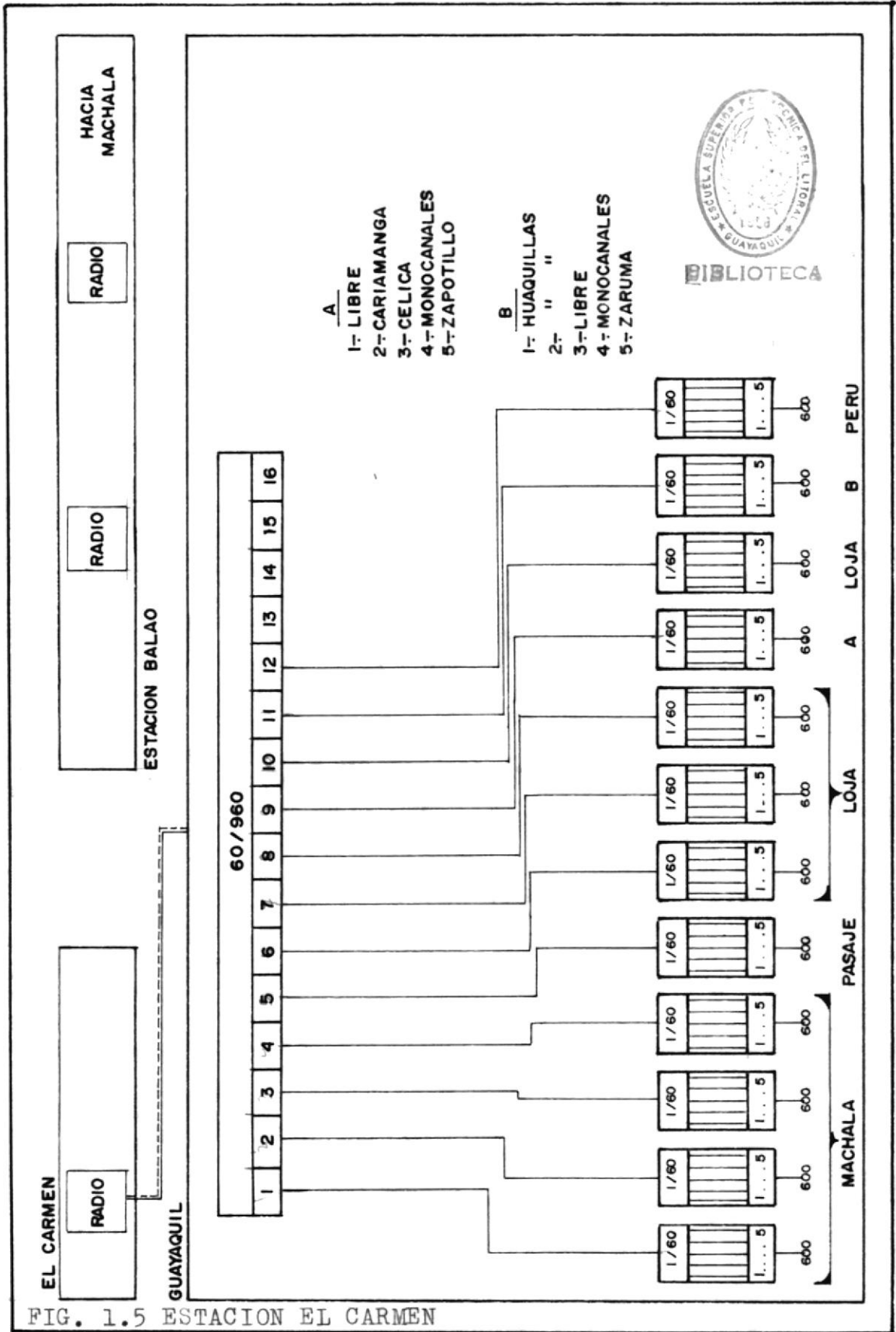


FIG. 1.5 ESTACION EL CARMEN

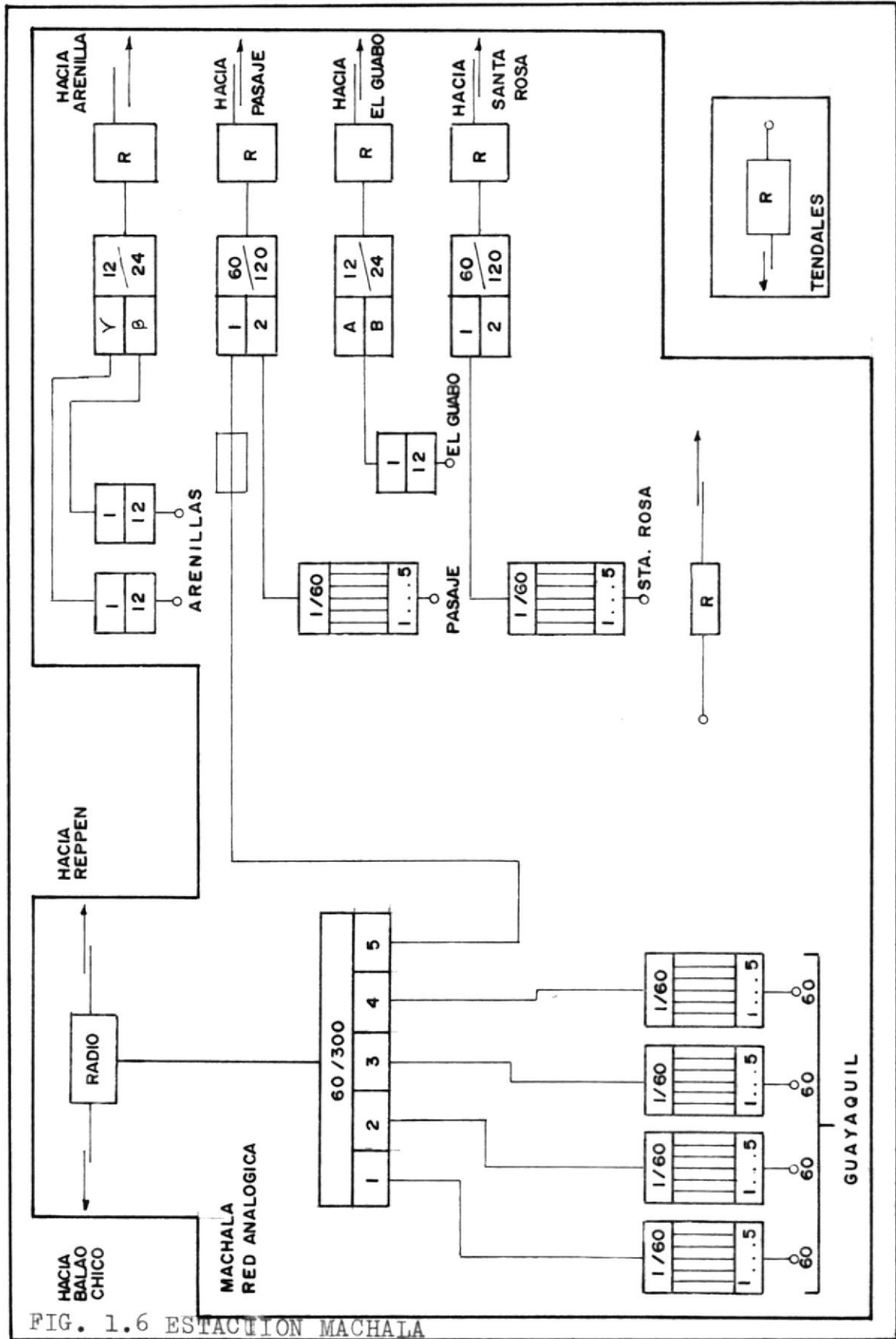


FIG. 1.6 ESTACION MACHALA

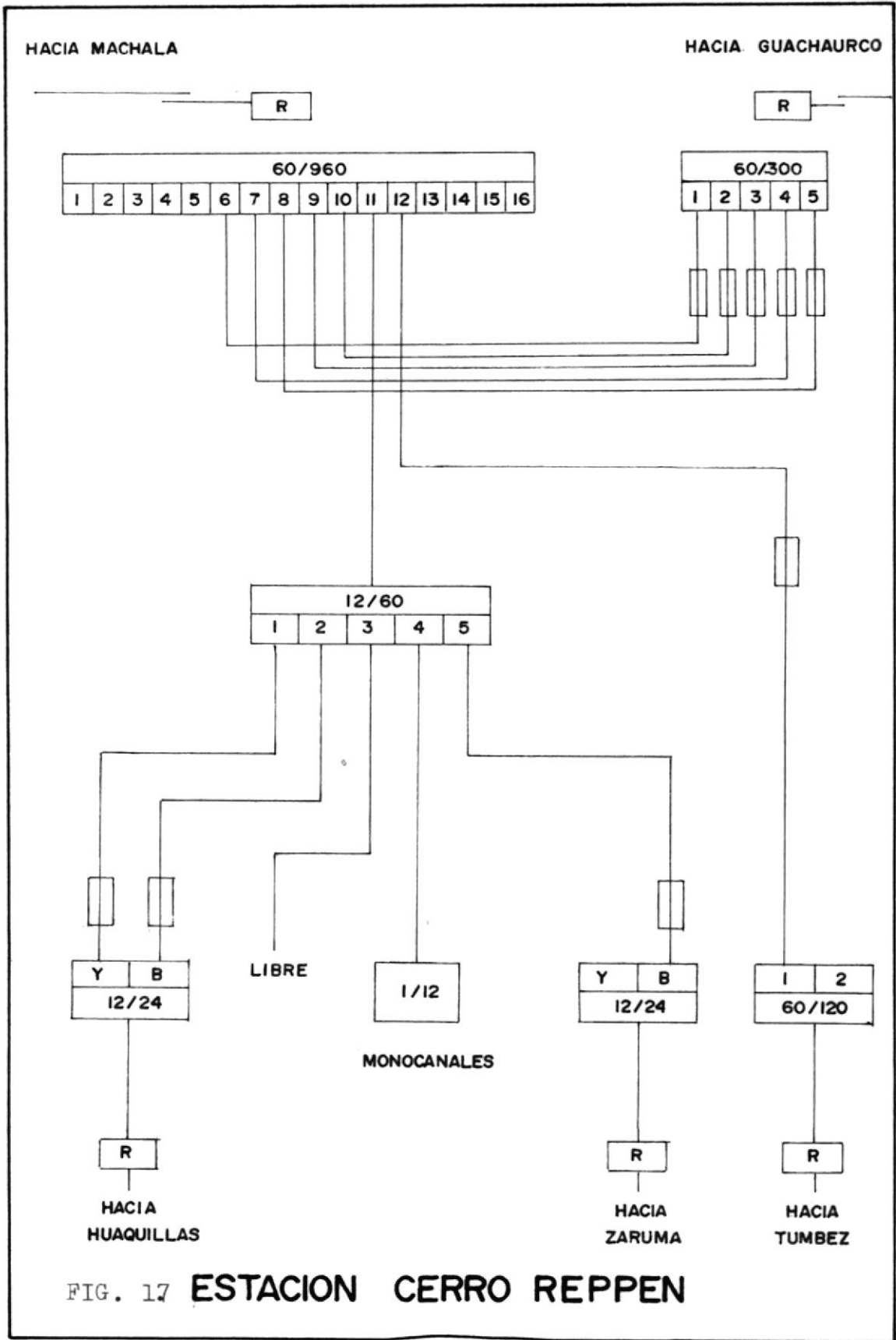
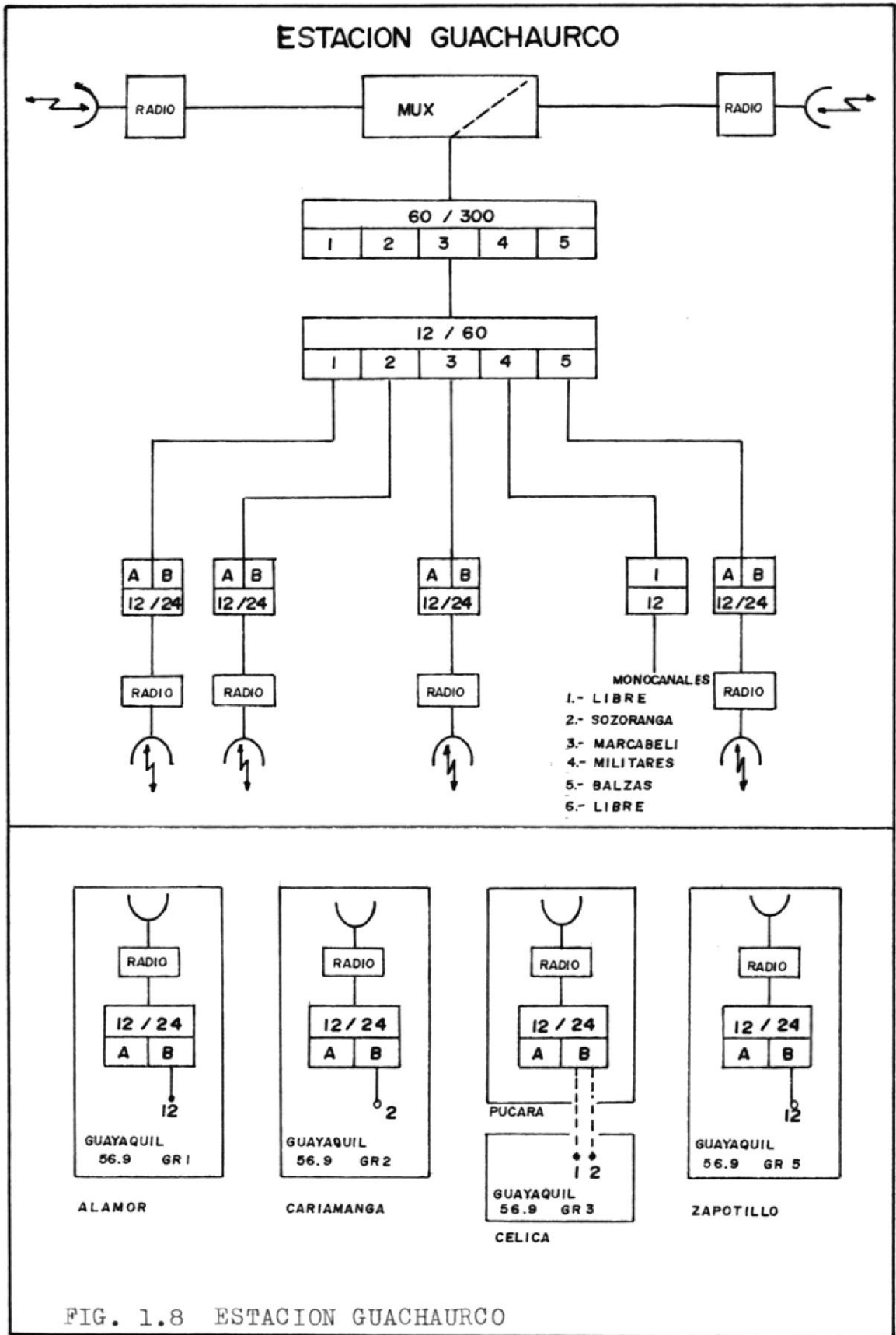


FIG. 17 ESTACION CERRO REPPEN



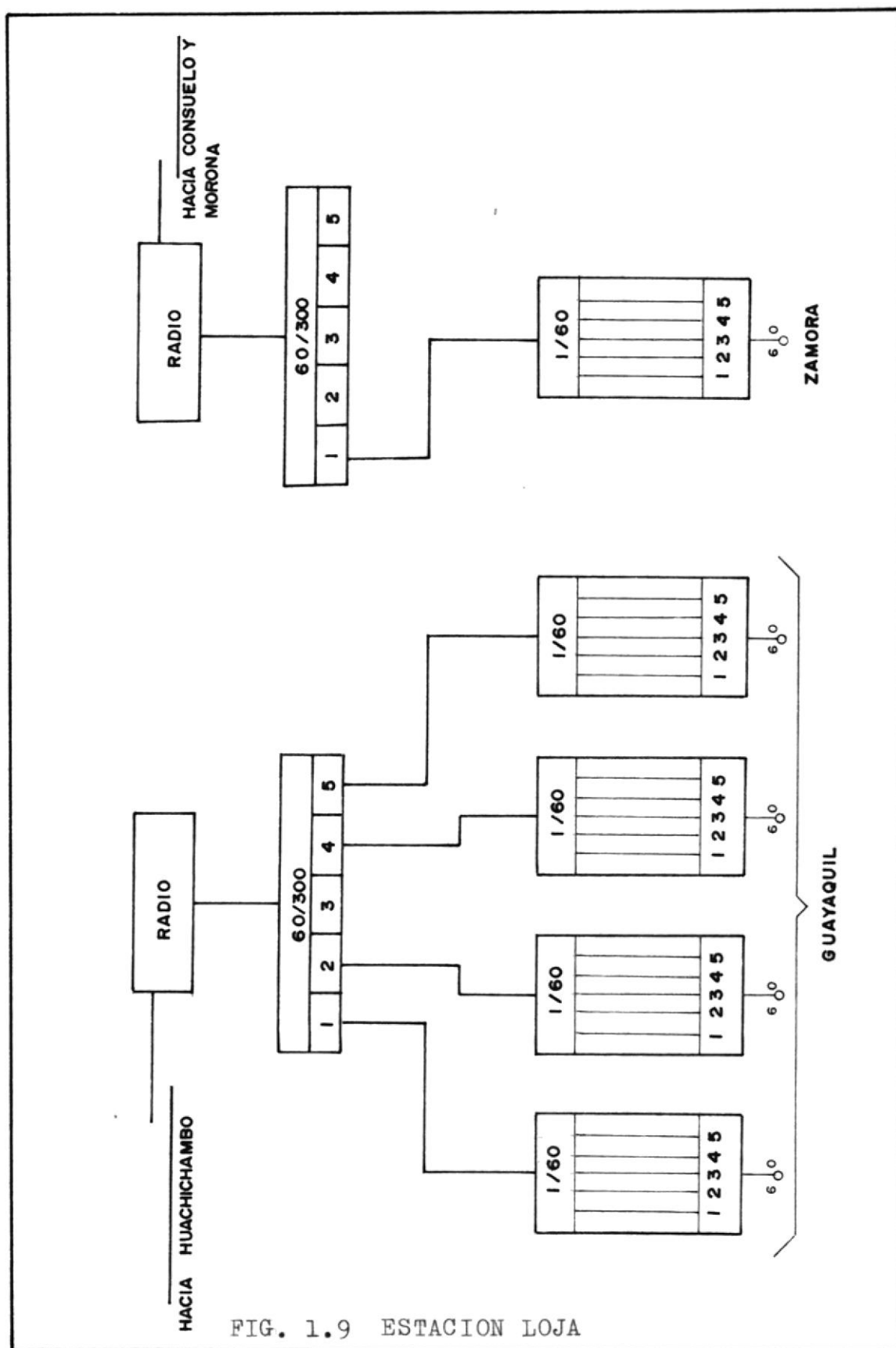


FIG. 1.9 ESTACION LOJA

CAPITULO # II

CONFIGURACION DEL NUEVO SISTEMA DE RADIO ENLACE

2.1 GENERALIDADES

Esta red esta compuesta de cuatro trayectos principales que son:

Guachaurco	-	Colambo
Colambo	-	Toledo
Toledo	-	Neron
Neron	-	La Chonta

Fue escogida en razón de que eran los puntos geográficos más idóneos que pudieran ser visto en los mapas de levantamiento topográfico del Instituto Geográfico Militar los cuales son de fácil acceso.

Se ha tomado en cuenta la demanda de esta zona, este

nuevo sistema tendrá una configuración con respaldo 1 + 1 de 34 Mb/s, dicho de otra forma 480 canales, lo cual nos dice que tendrán que ampliarse en 480 canales las estaciones de El Carmen, Balao Chico, Machala, Repen y Guachaurco; se puede además considerar como estación terminal o central de conmutación a Loja, para lo cual la ampliación de 480 canales ya no sería de Guachaurco a Guayaquil, si no de Guachaurco a Loja teniendo tan solo dos tramos de enlaces. Tenemos que considerar también el hecho de que si saturamos o no el sistema actual Loja - Guayaquil, esto se discutirá más adelante.

2.2 SELECCION DE SITIOS (UBICACION GEOGRAFICA)

Teniendo presente el objetivo, el cual es el de llegar al extremo sur del país, revisando los mapas y cartas de levantamiento topográfico, se escogió una serie de estas con escala 1 : 50000 de Celica, Zozoranga, Macara, Catacocha, Cariamanga, Río Calvas, Nambacola, Gonzanamá, Las Aradas, Amaluza, Vilcabamba, Yangana, Valladolid, Río Mayo, en las cuales sobresalen los puntos escogidos que se muestra en la Tabla VII.

Como se mencionó anteriormente, a todos estos lugares

TABLA VII

UBICACION GEOGRAFICA DE LAS NUEVAS ESTACIONES

ESTACION	ALTURA	LATITUD	LONGITUD
COLAMBO	3025 Mts	04-14-02.9	79-23-38.5
TOLEDO	3485 Mts	04-24-04.56	79-06-31.3
NERON	1504 Mts	04-51-41.08	79-06-13.4
LA CHOTA	1400 Mts	04-56-41.08	79-04-56.7



BIBLIOTECA

TABLA VIII

AZIMUTH

	GUACHAUROCO	COLAMBO	TOLEDO	NERON	LA CHONTA
LATITUD	04° 02' 07"	04° 14' 03"	04° 24' 05"	04° 51' 41"	04° 56' 41"
LONGITUD	79° 52' 10"	79° 23' 39"	79° 06' 31"	79° 06' 13"	79° 04' 57"
ALTURA (Mt)	3.086	3.025	3.485	1.504	1.400
DISTANCIA DEL TRAMO	57.17 km	36.70 km	50.87 km	9.51 km	
AZIMUTH OESTE	112° 38' 25"	120° 15' 58"	179° 22' 31"	165° 44' 35"	
AZIMUTH ESTE		292° 36' 21"	300° 14' 41"	359° 22' 29"	345° 44' 28"

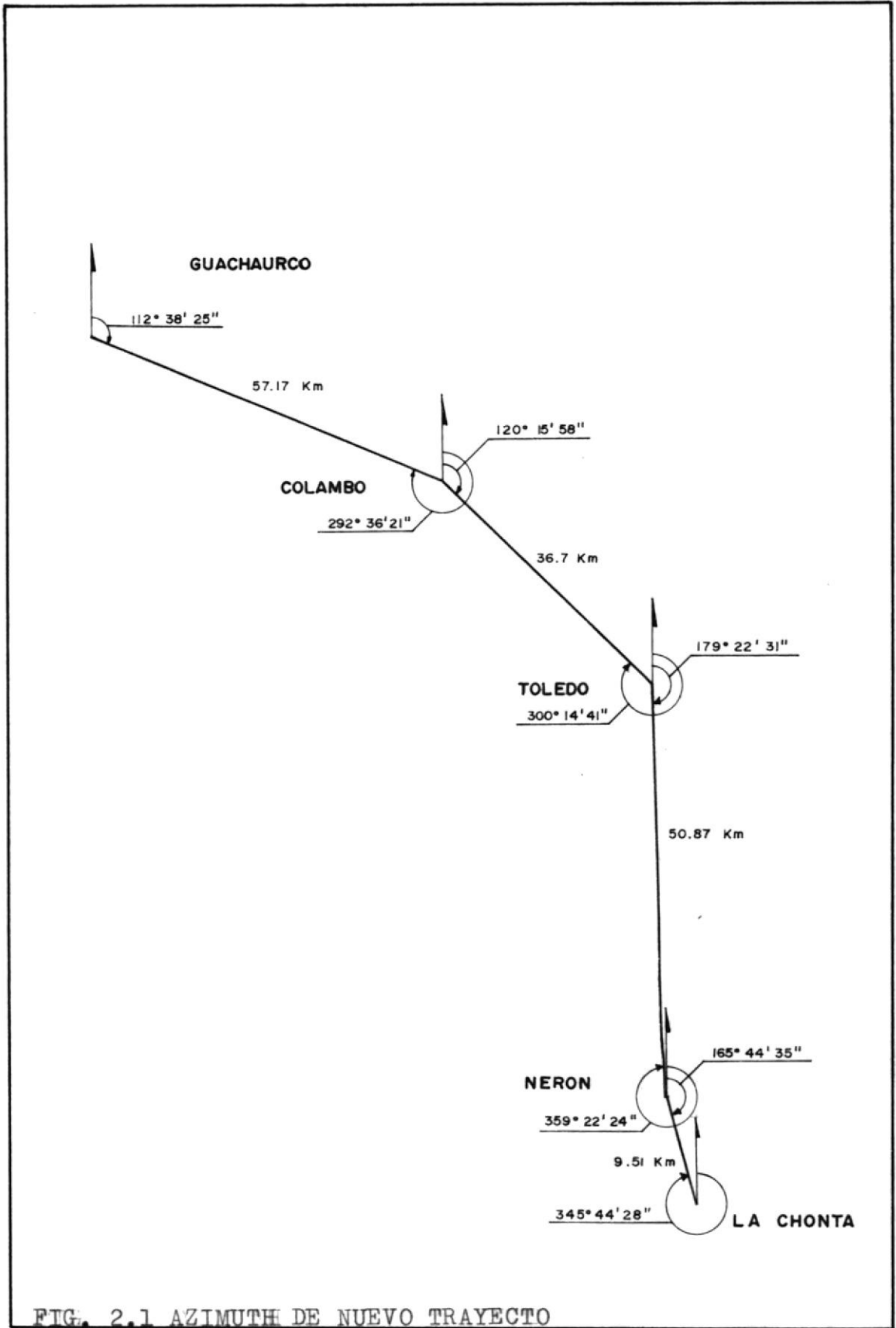


FIG. 2.1 AZIMUTH DE NUEVO TRAYECTO

se llega con relativa facilidad, es poca la inversión en infraestructura que se debe hacer para establecer las mismas. En cuanto se refiere a la energización, ésta se la podrá hacer bajo el principio de celdas solares o con sistemas tradicionales, los mismos que no serán tema de discusión de este trabajo.

2.3 PERFILES DE LOS TRAYECTOS

Ver Figuras 2.2, 2.3, 2.4, 2.5

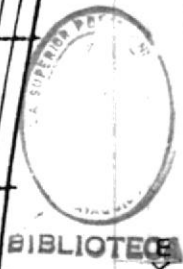
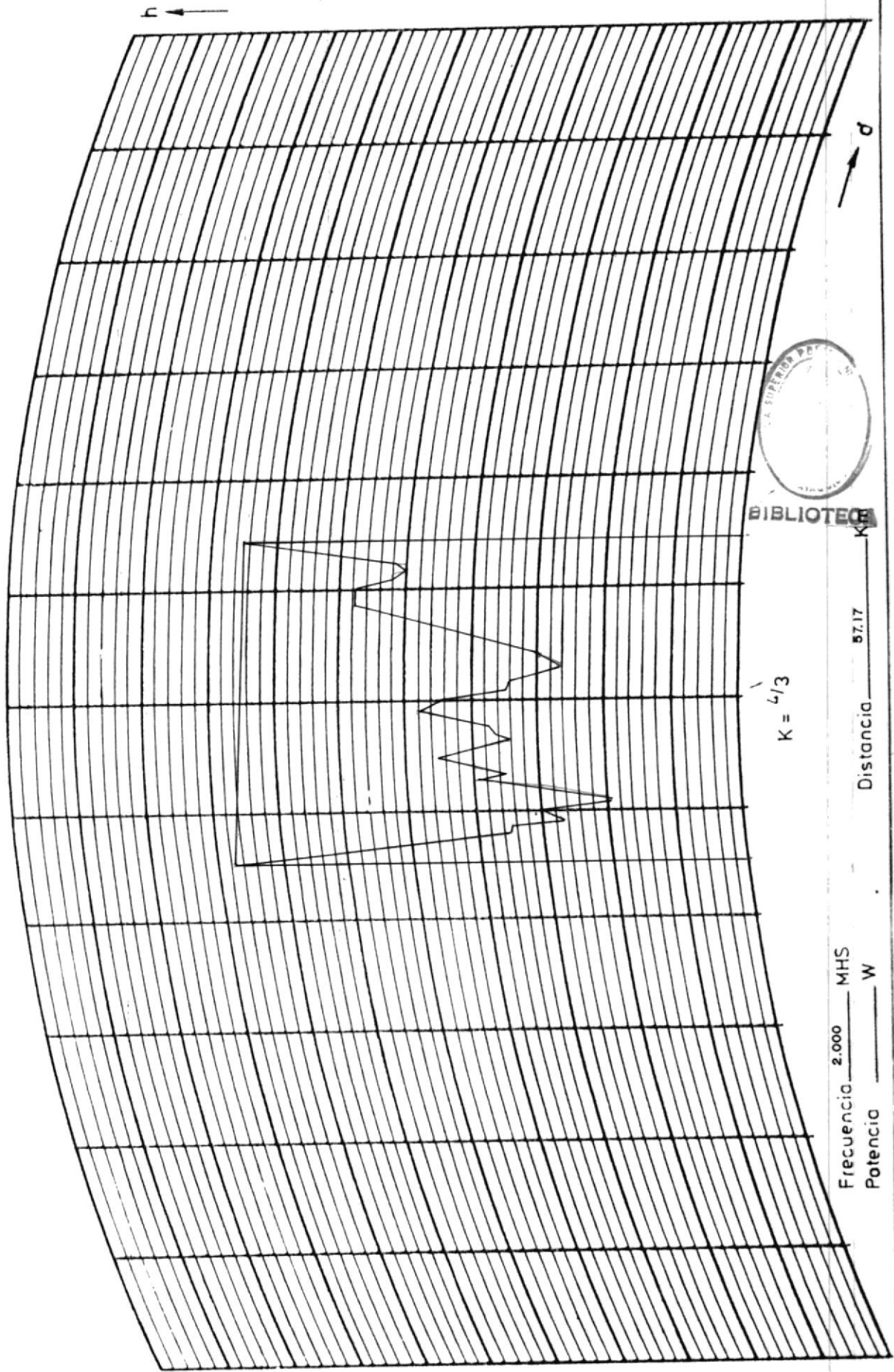
2.4 OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TECNICOS GENERALES

El objetivo es enlazar con esta red a la mayoría de cantones de estas provincias ya que inicialmente se dio servicio a cuatro cantones (Celica, Catacocha, Macará, Cariamanga) y que por información obtenida del IETEL se quiere ampliar el servicio dado a estos cantones y otros más, a continuación expongo en la Tabla IX la Ubicación Geográfica de algunos de los cantones y estaciones a considerarse y a los que se les da servicio en la actualidad. En la Tabla X se citan los Requerimientos Técnicos de algunas de estas poblaciones.

	d	h
1	5 Km	25 m
2	10 Km	100 m
3	20 Km	400 m

S.N.m.
 3.086
 3.025

A. GUACHAURCO
 B. COLAMBO



$K = \frac{4}{3}$

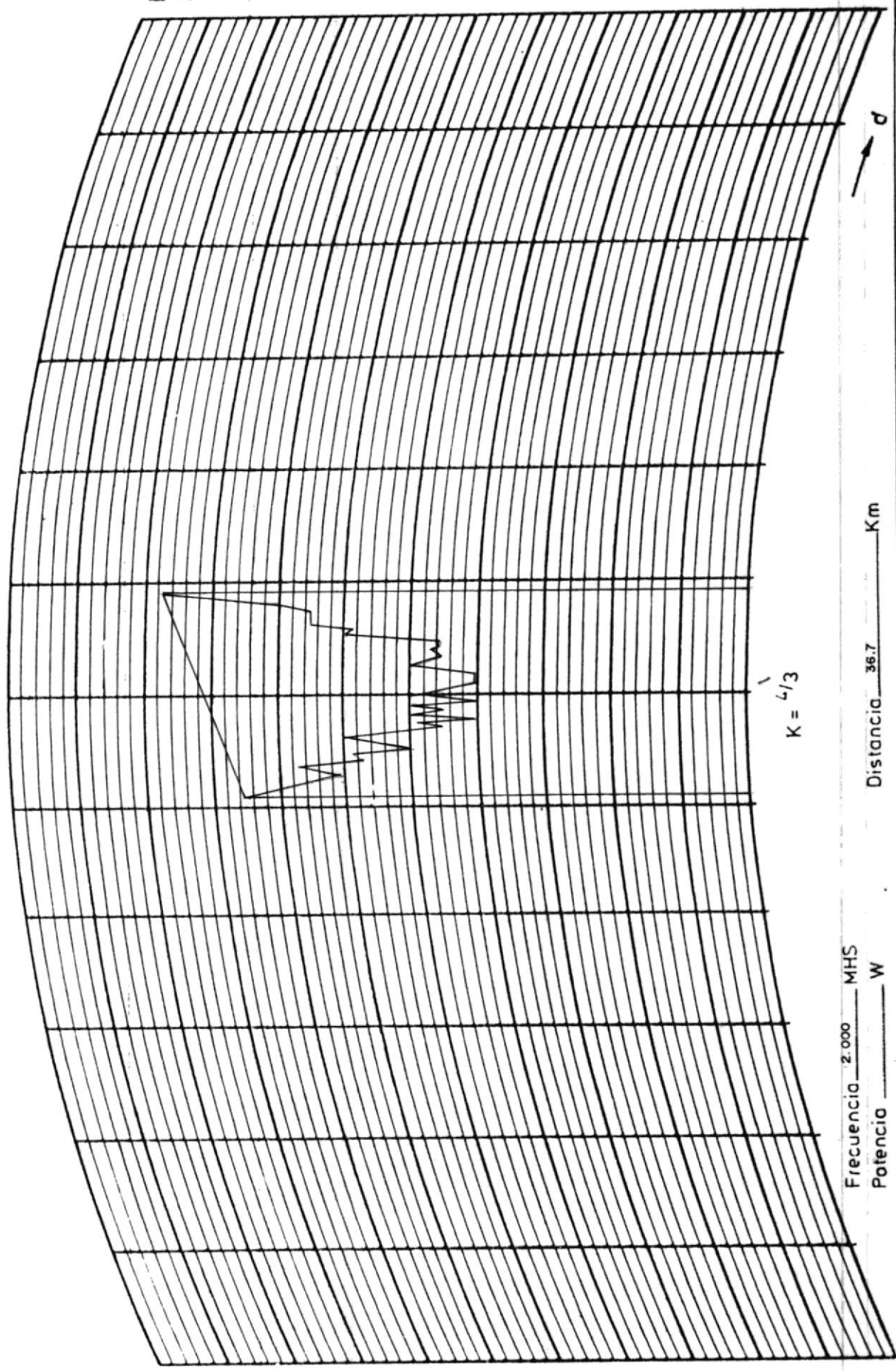
Frecuencia 2.000 MHS
 Potencia W

Distancia 57.17 Km

FIG. 2.2 PERFIL DE TRAYECTO GUACHAURCO - COLAMBO

d	h
1 5 Km	25 m
2 10 Km	100 m
3 20 Km	400 m

S.N.M.	m	10	m
A. COLAMBO	3.026	10	m
B. TOLEDO	3.485	10	m



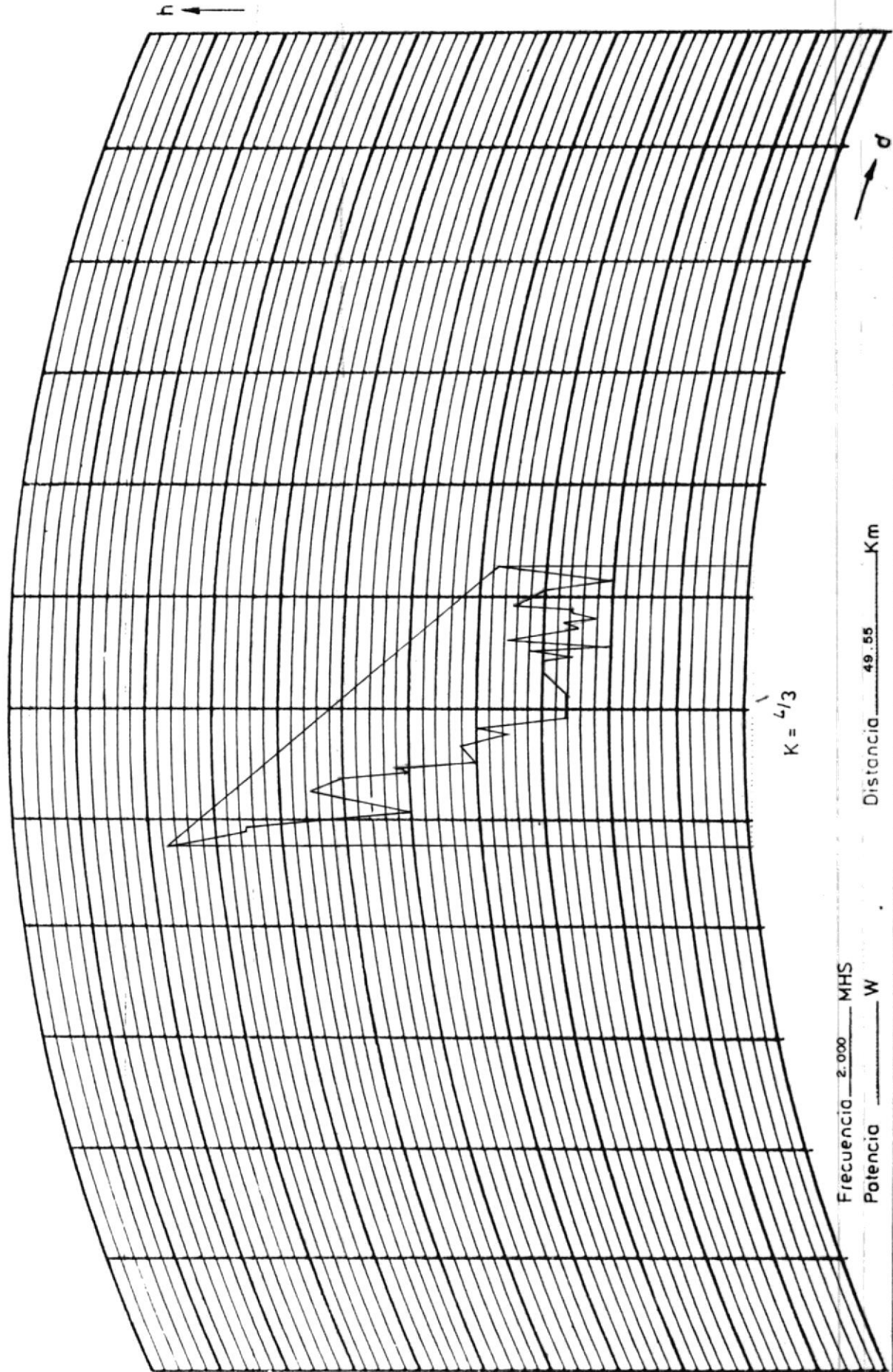
Frecuencia 2.000 MHS
 Potencia _____ W

Distancia 36.7 Km

FIG. 2.3 PERFIL DE TRAYECTO COLAMBO - TOLEDO

ESCALA		DIVISION DE ESCALA		
d	h	d	h	
1	5 Km	div.	25 m	div.
2	10 Km	div	100m	div
3	20Km	div	400m	div

S.N.M.
 A. TOLEDO 3.485 m
 B. NERON 1.504 m



Frecuencia 2.000 MHS
 Potencia W

Distancia 49.55 Km

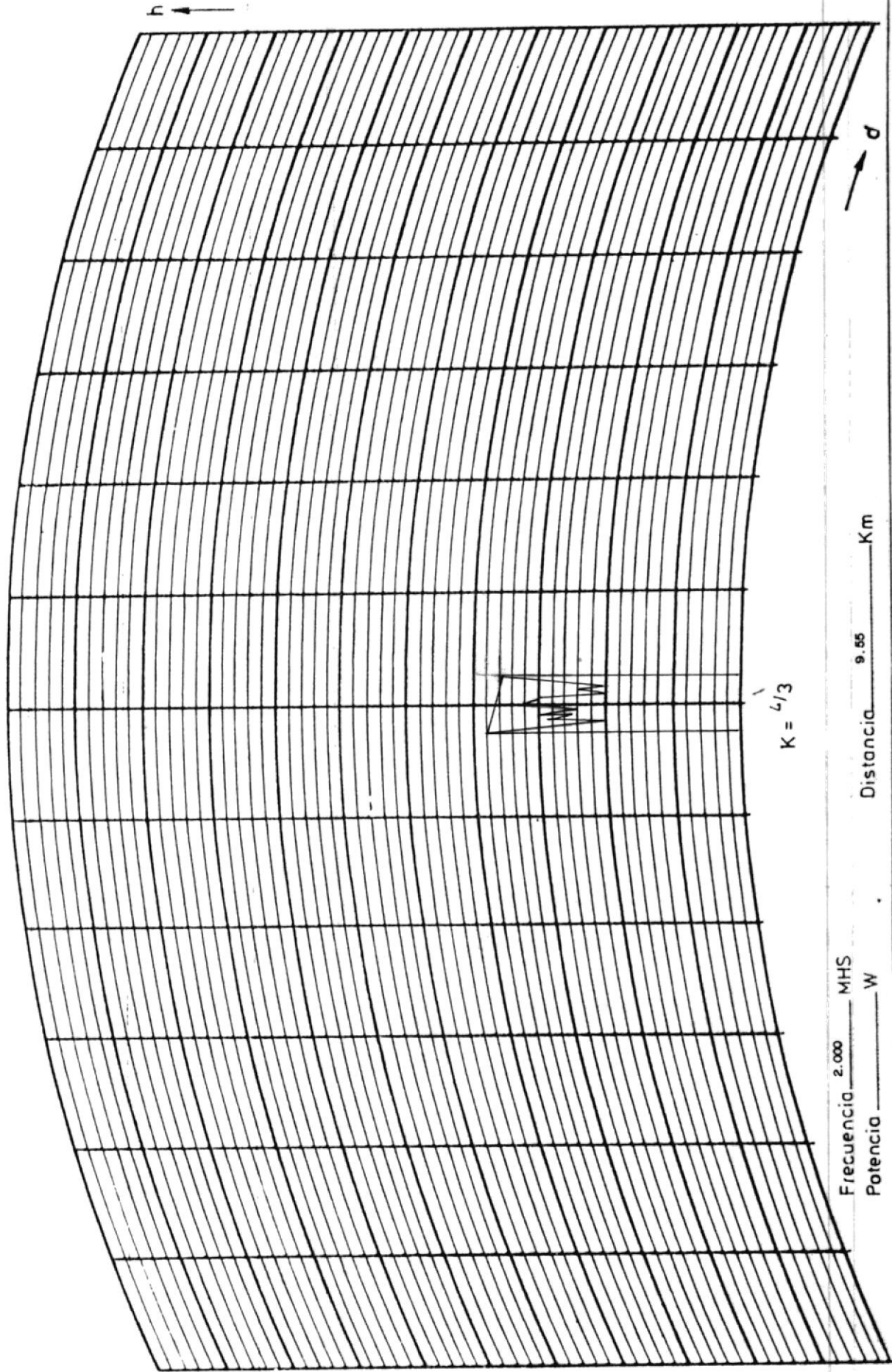
FIG. 2.4 PERFIL DE TRAYECTO TOLEDO - NERON

ESCALA		DIVISION DE ESCALA		
	d	h		
1	5 Km	div.	25 m	div.
2	10 Km	div.	100 m	div.
3	20 Km	div.	400 m	div.

ESTACION
 A NERON
 B LA CHONTA

ALTURA
 S.N.M.
 1.504
 1.400

10 m
 10 m



Frecuencia 2.000 MHS
 Potencia W

Distancia 9.55 Km

FIG. 2.5 PERFIL DE TRAYECTO NERON - LA- CHONTA



TABLA IX
UBICACION GEOGRAFICA DE POBLACIONES DE LA ZONA SUR

POBLACIONES PROYECTO IETEL/BID	LATITUD	LONGITUD	ALTURAS (Mts)
TENDALES	03° 07' 03" 5	79° 51' 21" 0	--
EL GUABO	03° 14' 39" 5	79° 50' 16" 0	--
ARENILLAS	03° 34' 02" 5	80° 05' 27" 0	--
BARBONES	03° 11' 12" 5	79° 50' 52" 0	--
LA PEÑA	03° 19' 00" 5	79° 51' 21" 0	--
BUENAVISTA	03° 21' 52" 5	79° 50' 55" 0	--
LA AVANZADA	03° 32' 04" 5	79° 57' 26" 0	--
CHACRAS	03° 33' 17" 5	80° 12' 42" 0	--
SAN ANTONIO	03° 32' 25" 5	80° 02' 16" 0	--
USHURRUMI	03° 19' 08" 5	79° 35' 09" 0	--
CHILLA	03° 27' 21" 5	79° 34' 47" 0	--
BELLAVISTA	03° 29' 44" 5	79° 57' 51" 0	--
MARCABELI	03° 46' 56" 5	79° 54' 32" 0	--
BALZAS	03° 46' 00" 5	79° 47' 56" 0	--
PACCHA	03° 35' 12" 5	79° 40' 09" 0	--
SARAGURO	03° 38' 55" 5	79° 14' 34" 0	--
SAN LUCAS	03° 43' 58" 5	79° 15' 38" 0	--
SANTIAGO	03° 47' 22" 5	79° 16' 44" 0	--
SAN PEDRO	03° 56' 18" 5	79° 26' 03" 0	--
EL CISNE	03° 51' 50" 5	79° 25' 28" 0	2290
ALAMOR	04° 00' 52" 5	80° 01' 02" 0	1320
CHAQUINAL	04° 02' 34" 5	80° 02' 09" 0	--
SAN JUAN DE POZUL	04° 07' 05" 5	80° 04' 40" 0	1720

PINDAL	04° 06' 44" 5	80° 06' 14" 0	--
12 DE DICIEMBRE	04° 04' 17" 5	80° 05' 02" 0	--
SABANILLA	04° 11' 53" 5	80° 07' 21" 0	710
ZAPOTILLO	04° 23' 03" 5	80° 14' 29" 0	160
ZOZORANGA	04° 19' 32" 5	79° 47' 15" 0	1510
SABIANGO	04° 21' 41" 5	78° 48' 41" 0	--
MALACATOS	04° 12' 56" 5	79° 15' 24" 0	--
VILCABAMBA	04° 15' 28" 5	79° 13' 15" 0	--
GONZANAMA	04° 13' 39" 5	79° 24' 45" 0	2400
NAMBACOLA	04° 08' 09" 5	79° 25' 42" 0	--
PURUNUMA	04° 12' 25" 5	79° 22' 16" 0	--
QUILANGA	04° 17' 40" 5	79° 23' 57" 0	--
CHANGAIMINA	04° 13' 08" 5	79° 31' 19" 0	--
AMALUZA	04° 34' 42" 5	79° 25' 24" 0	--
CHAGUARRAMBA	03° 51' 54" 5	79° 38' 29" 0	--
ZAMORA	04° 03' 43" 5	78° 56' 44" 0	--
ZUMBA	04° 51' 35" 5	79° 07' 41" 0	--
CUMBARATZA	03° 58' 42" 5	78° 51' 36" 0	--
GUADALUPE	03° 50' 46" 5	78° 52' 37" 0	--
YANTZAZA	03° 50' 23" 5	78° 45' 08" 0	--
ZUMBI	03° 53' 06" 5	78° 46' 18" 0	--
28 DE MAYO	03° 38' 18" 5	78° 55' 26" 0	--
PUGLLA †	03° 38' 17" 5	79° 15' 25" 0	3332
CERRO DEL CONSUELO †	04° 00' 02" 5	79° 03' 21" 0	3134
REPPEN ††	03° 32' 57" 5	79° 41' 20" 0	2490
GUACHAURCO ††	04° 02' 05" 5	79° 52' 08" 0	3083
HUACHICHAMBO ††	04° 01' 42" 5	79° 14' 31" 0	2846.5

PUCARA **	04° 05' 36" 5	79° 56' 06" 0	2450
MACHALA ***	03° 15' 10" 5	79° 57' 38" 0	--
PASAJE ***	03° 19' 33" 5	79° 48' 40" 0	--
SANTA ROSA ***	03° 26' 19" 5	79° 57' 34" 0	--
HUQUILLAS ***	03° 28' 41" 5	80° 14' 16" 0	--
ZARUMA ***	03° 41' 19" 5	79° 36' 38" 0	--
LOJA ***	03° 59' 34" 5	79° 11' 55" 0	--
CARIAMANGA ***	04° 19' 24" 5	79° 33' 16" 0	--
CELICA ***	04° 06' 23" 5	79° 57' 01" 0	--
MACARA ***	04° 22' 55" 5	79° 56' 28" 0	--
CATACUCHA ***	04° 03' 10" 5	79° 32' 49" 0	--
CATAMAYO ***	03° 59' 02" 5	79° 21' 20" 0	1270

* ESTACION REPETIDORA PROYECTO IETEL/BID

** REPETIDORA EXISTENTE IETEL

*** ESTACION EXISTENTE IETEL

TABLA X
REQUERIMIENTOS TECNICOS

POLBACION	CAPACIDAD/CENTRAL	NUMEROS DE CANALES	
		INICIAL	RESERVA
CARIAMANGA	150	3	8 *
CELICA	50	3	6 *
CATACOCHA	50	3	6 *
MACARA	100	7	8 *
ARENILLAS	100	12	--
EL GUABO	100	12	--
PACCHA	50	4	--
GONZANAMA	50	12	--
ALAMOR	50	4	--
SARAGURO	50	6	2
ZOZORANGA	50	4	--
ZAPOTILLO	50	4	--
TENDALES	--	2	2
MARCABELI	--	2	2
CHAGUARPAMBA	--	4	--
SABANILLA	--	2	2
SAN JUAN DE POZUL	--	4	--
EL CISNE	--	2	2

* DEMANDA ACTUAL CON NUEVA INSTALACION

CAPITULO # III

TECNICAS A UTILIZAR EN LA TRANSMISION DIGITAL

3.1 GENERALIDADES

Cuando nosotros hablamos de transmisión digital, inmediatamente relacionamos la Multiplexación de la señal usando la técnica de División en el Tiempo (TDM).

El primer sistema PCM (Modulación por Codificación de Pulsos) para el servicio comercial fue puesto en funcionamiento en EEUU en el año de 1962, desde ahí son muchos los avances logrados, para lo cual la CCITT Y CCIR han tenido que normalizar y crear jerarquías.

La técnica división de tiempo en forma digital permite resolver en forma económica y confiable los

problemas de transmisión y conmutación que se presentan en la redes de telecomunicaciones, vale anotar también que la técnica PCM es la más frecuentemente usada para las conversiones digital analógico (D/A) y analógico - digital (D/A).

Es importante tener claro como se reproduce y/o generan la modulación por pulsos codificados, para lo cual es necesario recurrir a un diagrama de bloques.

Como podemos ver, el sistema PCM es una extensión del sistema PAM (Modulación por Amplitud de Pulso) en vista de que a éste último se lo puede convertir en PCM con la simple adición de un convertidor (A/D) para la transmisión y un convertidor (D/A) para recepción, así también estos convertidores a su vez están constituidos de dos partes que son el Cuantizador y el Codificador para la Tx y un Cuantizador y Decodificador para la Rx.

Partiendo de estos principios son muchos los alcances logrados, tanto así que se han realizado filtros adaptivos ecualizados que con el respectivo estudio del ancho de banda, frecuencia de muestreo, duración del pulso y longitud de palabra, se pueden reproducir señales de alta fidelidad, bajo nivel de ruido de cuantización, poca interferencia (intersímbolo, canal

adyacente).

Para poder justificar la aplicación de este sistema (PCM), es necesario recurrir al TEOREMA DEL MUESTREO, el cual nos dice que para transmitir una señal, no es necesario enviarla completa ya que es suficiente transmitir muestras tomadas a por lo menos el doble de la frecuencia mas alta.

Experimentalmente se ha demostrado que para obtener una relación señal-ruido aceptable se necesitan de 8 bits, así pues cada palabra tiene 8-bit, los cuales corresponden a 2^8 que son 256 niveles de cuantización, con un ancho de banda por canal de voz de 4 KHz. (300 - 3400 Hz) ; con una velocidad de $f_s = 8$ KHz muestras por segundo logramos obtener un número infinito de estados o valores discretos que representan en magnitud a la señal analógica que va a ser transmitida. Ahora para codificar estas amplitudes es necesario cuantificar estos niveles, la señal cuantificada toma el valor del nivel más próximo de cuantización, la diferencia de amplitud existente entre el nivel de cuantización y el valor muestreado es lo que se conoce como ERROR DE CUANTIZACION, siendo este proporcional a la magnitud de los pasos que es la diferencia entre dos niveles de cuantización consecutivos.

Bien, ahora nos preguntamos, ¿Será lo mismo cuantificar una señal de amplitud pequeña que una de amplitud grande?. Pues bien para conseguir esto se necesita colocar un dispositivo de entrada-salida no lineal llamado "compasión" el cual es colocado antes del cuantificador de pasos uniforme.

3.2 NORMAS Y JERARQUIAS EN LOS SISTEMAS DIGITALES

Tal como los sistemas FDM tienen una estructura jerárquica conformada por una señal multiplex de cierto nivel, que a su vez esta compuesta por un múltiplo de señales de nivel inferior, el sistema PCM también tiene una estructura o patrón que está reglamentada internacionalmente por CCITT la cual sostiene que el parámetro fundamental de un sistema de transmisión es su NIVEL o ESTADO JERARQUICO, el cual es función del número de canales y depende del ámbito de las redes de telecomunicaciones para las cuales sirva.

Existen dos patrones básicos que son el norteamericano de 24 canales, también adoptado por el Japón y el Europeo de 30 canales.

A continuación se detallan la nómina de países que adoptaron estos patrones:

24 CANALES .- EEUU, Japón, Canadá, Egipto, Taiwan, Tailandia y Filipinas.

30 CANALES .- Europa, Sudamérica, Centroamérica, Australia, Argelia, Marruecos, Costa de Marfil, Sudáfrica, Nigeria, Sudán, Turquía, Jordania, Irán, Irak, Arabia Saudita, Kuwait, Emiratos Arabes, India, Nueva Zelanda, China, Indonesia y Nueva Guinea.

Existen diferencias en el tercer y cuarto nivel entre los patrones de 24 canales de EEUU Y Japón, que están dados por los factores o coeficientes multiplicativos 7 y 6, 5 y 3 respectivamente, los cuales hacen variar su proyección en números de canales y por ende la velocidad, ésto lo podemos aclarar en la Tabla XI.

Es importante hacer notar que el patrón de 30 canales que adoptado seis años después del americano, razón por la cual, se aprovechó de ésta situación para enmendar errores y aunque despreciaron economía en la velocidad de bitios, ya que pasaban de 64,33 Kbits/seg. a 68,27 Kbits/seg. obtuvieron muchas

TABLA XI

CUADRO COMPARATIVO, STANDARD 24 Y 30 CANALES

		NIVEL JERANQUICO				
		1	2	3	4	5
STANDARD 30 CANALES EUROPEO	# DE CANALES	30	120	480	1420	7680-11510
	FACTOR MULTIPLICATIVO	--	4	4	4	4 - 15
	VELOCIDAD Hb/s	2048	8448	34368	139264	560 - 840
STANDARD 24 CANALES E.E.U.U.	# DE CANALES	24	96	672	4032	--
	FACTOR MULTIPLICATIVO	--	4	7	6	--
	VELOCIDAD Hb/s	1544	6312	44736	274176	--
STANDARD 24 CANALES JAPON	# DE CANALES	24	96	480	1440	5760
	FACTOR MULTIPLICATIVO	--	4	5	3	4
	VELOCIDAD Hb/s	1544	6312	32064	97728	396200



ventajas, entre las cuales tenemos:

- Mejor utilización de los medios de transmisión.
- Mejor calidad de fonía.
- Se reducía el tiempo para el alineamiento de las tramas.
- Se pueden incluir nuevos servicios, tales como el chequeo y supervisión de la transmisión de datos, fax sin pérdida de canales de telefonía.

La CCITT esta trabajando aún para introducir un NUEVO NIVEL de capacidad inferior al primero, el cual sería de 10 CANALES con una velocidad de 704 Kbits/seg., el mismo que sería muy utilizado en redes de pequeñas capacidades para telefonía rural; así también recién se introdujo el quinto nivel, ambos con factor multiplicativo de 4 para lo cual le correspondan 5760 canales al standard japonés y 7680 canales al standard europeo.

3.3 ELECCION DEL TIPO DE MODULACION

Son muchas las características que deben reunir los

sistemas de transmisión digital y la más importante es la MODEMODULACION que se adopte para estos sistemas, para los cuales, es necesario conocer los motivos que determinan dicha elección y que están basados en:

- Mejor utilización del espectro (menor ocupación de la banda de RF, es decir que se transmitan señales con un angosto ancho de banda y que su radiación fuera de esta sea baja, de tal forma que tengamos una mayor cantidad de canales de radiofrecuencia).
- Tratar de utilizar la más baja potencia posible.
- Menor sensibilidad a las interferencias y al ruido.
- Bajo costo.
- Alto MTBF.

Existen varios tipos de modulación que se emplean para transmisiones digitales que utilizan como señal modulante pulsos rectangulares, que corresponden a:

- Modulación de AMPLITUD (ASK) Amplitud Shift Keying
- Modulación de FRECUENCIA (FSK) Frequency Shift

Keying

- Modulación de FASE (PSK) Phase Shift Keying

y cuyas características de modulación están dadas por el NUMERO DE NIVELES TRANSMITIDOS, una señal digital antes de ser transmitida es subdividida en una serie de secuencias de bits y por lo tanto codificada, correspondiéndole a cada secuencia especifica un estado significativo o nivel. Para el caso de la modulación a 4 niveles, la señal de línea deberá ser codificada en palabras o símbolos de 2 bits, 00, 01, 10, 11 correspondiéndole a cada uno de éstos un estado que para la modulación de fase sería 0, 90, 180, 270 grados: el sistema más simple es el de hacer corresponder a cada bit un nivel, así la señal de línea deberá ser codificada en palabras o símbolos de 2 bits 0, 1 que para la modulación de fase será por ejemplo 0 y 180 grados, en este caso la velocidad de transmisión se duplica aumentando así la banda a RF utilizable aumentando el número de niveles pero resulta desventajoso por cuanto surgen los inconvenientes de una mayor sensibilidad al ruido y a las interferencias, y por tanto a una estructura más complicada y por ende costosa.

Existen la modulación de pulsos y la modulación digital o de pulsos codificados, dentro de la primera están:

- Modulación por Amplitud de Pulsos (PAM)
- Modulación por Posición de Pulsos (PPM)
- Modulación por Duración de Pulsos (PWM)

y la modulación de onda continua, la diferencia entre la modulación de pulsos y la de onda continua es que en esta última algún parámetro de la onda modulada varía en forma continua con el mensaje, mientras que en la primera con cada pulso se modula un valor muestreado del mensaje y como tiene intervalos de separación entre pulsos, estos son aprovechados para pasar otros mensajes y así formar cadenas de mensajes, a esto lo conocemos como Multicanalización por División de Tiempo TDM; posee también la ventaja, a diferencia de la continua, de utilizar menor potencia en razón de que ésta puede ser transmitidas en ráfagas cortas.

La modulación por pulsos codificados en cambio es diferente por cuanto a ésta se la representa por una serie de pulsos codificados de amplitud discreta de

las cuales existen:

- Modulación Delta (DM)
- Modulación Diferencial por Pulsos Codificados (DPCM)

A todos estos hay que incluir lo que no es otra cosa que derivaciones de tipos de modulación ya mencionados que son 2-PSK, 4-PSK, 8-PSK que son modulaciones PSK de 2, 4 y 8 estados significativos, DPSK que es el PSK Diferencial (usando como técnica de extracción de fase de referencia que para 180 grados suelen presentar ambigüedades), PRS (usada como técnica para controlar la interferencia intersimbólica) y 16-QAM (modulación de cuadratura que utiliza la técnica de corrimiento de amplitud y fase)

Retomando el tema de la modulación digital por radioenlace y teniendo claro lo antes expuesto nos remitiremos a las indicaciones del CCIR que en el informe 378-3 individualiza los métodos de modulación con las características más aceptables, basadas en la velocidad binaria.

Sobre este mismo informe transcribiremos información para así tener elementos comparativos de los diversos

TABLA XII

INFORME CCIR 378-3

VELOCIDAD BINARIA	TECNICA DE MODULACION
0 - 3 Mbits/seg	AM.- Modulación de Amplitud, portadora completa, doble banda lateral, con detección de envolvente. 2-FSK.- Modulación de Frecuencia, 2 estados significativos, con detección por discriminador.
3 - 10 Mbits/seg	2-PSK.- Modulación de Fase, 2 estados significativos. 4-PSK.- Modulación de Fase, 4 estados significativos.
10 - 100 Mbits/seg	2-PSK.- Modulación de Fase, 2 estados significativos. 4-PSK.- Modulación de Fase, 4 estados significativos. 8-PSK.- Modulación de Fase, 8 estados significativos.
100 - Mbits/seg	4-PSK.- Modulación de Fase, 4 estados significativos. 8-PSK.- Modulación de Fase, 8 estados significativos. 16-QAM.- Modulación de Amplitud, 16 estados significativos en cuadratura.

tipos de modulación, tendremos entonces METODO (amplitud, fase o frecuencia), VARIANTE (portadora, banda lateral, número de estados), W (relación normalizada de potencia portadora/potencia de ruido para obtener una tasa de errores de $P_e=10E-6$, valor dado en [db], ANCHURA DE BANDA NECESARIA Y OBSERVACIONES.

MODULACION DE AMPLITUD

* Portadora completa, doble banda lateral binaria con detección de envolvente.

- 17 FB

- Simple anchura de banda, innecesariamente grande, fuerte intensidad de la señal

* Doble banda lateral, portadora suprimida, dos canales binarios en cuadratura y detección coherente.

- 10,5 0,5FB

- Bastante complejo, buena tolerancia a la distorsión.

* Banda lateral residual binaria, portadora suprimida.

- 10,5 0,5FB

- Complejo, pérdida de las frecuencias inferiores de la banda base.

* Banda lateral única binaria, portadora suprimida y detección coherente.

- 11,3 0,6FB

- Bastante complejo.

* Banda lateral residual binaria, portadora reducida y detección coherente.

- 11,8 0,6FB

- Bastante Complejo.

* Banda lateral residual binaria, portadora suprimida, modulación al 50% y detección de envolvente.

- 17,8 0,6FB

- Simple, sujeto a distorsión de los impulsos, fuerte intensidad de la señal.

MODULACION DE FASE CON DETECCION COHERENTE

* 2 estados significativos

- 10,5 FB

- Bastante simple, buena tolerancia a la distorsión, anchura de banda innecesariamente grande.

* 4 estados significativos

- 10,5 0,5FB

- Bastante simple, buena tolerancia a la distorsión.

* 8 estados significativos

- 13,8 0,33FB

- Complejo, economía en anchura de banda, sensible a la distorsión.

MODULACION DE FASE DE DETECCION COHERENTE DIFERENCIAL

* 2 estados significativos

- 11,2 FB

- Simple, buena tolerancia a la distorsión, gran anchura de banda.

* 4 estados significativos

- 12,8 0,5FB

- Bastante simple, bastante sensible a la distorsión.

* 8 estados significativos

- 16,8 0,33FB

- Complejo, fuerte intensidad de la señal, economía de anchura de banda, sensible a la distorsión.

MODULACION DE FRECUENCIA CON DETECCION POR
DISCRIMINADOR

* 2 estados significativos

- 13,4 FB

- Simple, gran anchura de banda.

* 3 estados significativos (duobivalente)

- 15,9 FB

- Bastante simple; el factor de diseño F puede aproximarse mucho al valor de 1, esa reducción efectiva en el ancho de banda se logra a expensas de un mayor número de niveles transmitidos, para determinada cantidad de niveles de entrada, o lo que es igual, a un mayor de W para determinada proporción de errores.

* 4 estados significativos

- 20,1 0,5FB

- Bastante simple, fuerte intensidad de la señal.

* 8 estados significativos

- 25,5 0,33FB

- Complejo, fuerte intensidad de la señal, economía de anchura de banda.

OTROS METODOS DE MODULACION CON DETECCION COHERENTE

* Dos canales en cuadratura con respuesta parcial de tres estados significativos de clase 1

- 13,5 0,5FB

- Bastante simple, economía de anchura de banda. (igual observación que para el caso de modulación de frecuencia con 3 estados significativos).

* 16 estados significativos, modulación de amplitud en cuadratura.

- 17 0,25FB

- Bastante sencillo, economía de anchura de banda, sensible a la distorsión, la potencia máxima de la señal en régimen permanente depende de la forma de los impulsos de modulación. Por consiguiente estos valores se basan en la potencia media.

3.4 PLANEAMIENTO DE FRECUENCIA

Para el Planeamiento de frecuencia, se esta considerando uno de los numerales del REP. 378-4 del CCIR que indica cuales son los parámetros principales para la planificación de canales en una transmisión digital.

1. X_s = Separación entre frecuencias centrales de canales de radio frecuencia adyacentes con la misma polarización y con la misma dirección de transmisión.
2. Y_s = Separación entre frecuencias centrales de canales de radio frecuencia de Tx y Rx mas cercanas.
3. Z_s = Separación entre frecuencias centrales de canales de radio frecuencias extremos y los límites de banda.
4. X_{PD} = Potencia RX con polarización H(V). Tx con polarización H(V). Potencia Rx con polarización H(V). Tx con polarización V(H).

Este último nos da la relación portadora Vs interferencia (C/I), el cual tiene una distribución estadística para periodos de desvanecimiento; luego XPD mínimo será el valor mínimo requerido para un porcentaje de tiempo establecido y tiene que ser comparado con (C/I) mínimo, el cual depende del tipo de modulación, luego para planes de frecuencias cocanal, debe cumplirse que $(XPD)_{MIN} \geq (C/I)_{min}$ y si se desea usar un plan de frecuencias con canales intercalados entonces debe cumplirse que $(XPD)_{min} + NFD \geq (C/I)_{min}$ donde NFD es el valor del discriminador de filtrado neto.

El CCIR (283.4) recomienda para sistemas de baja y media capacidad en la banda de 4 GHz que se use 200 MHz como ancho de banda y se interconecten hasta seis canales de Tx y seis como Rx para lo cual las frecuencias de cada radiocanal estarán dadas por:

$$f_n = f_0 - 108,5 + 14n \text{ (MHz)}$$

$$f_{n'} = f_0 + 108,5 + 14n \text{ (MHz)}$$

donde f_n y $f_{n'}$ denotan la frecuencia central del canal en la mitad inferior y superior respectivamente teniendo como frecuencia central f_0 .

Ver Tabla XXII del Apéndice E, el mismo que también

muestra la Tabla XXIII con las características de transmisión dependiendo de la longitud del trayecto.

En la Figura 3.2 podemos observar la disposición de canales de frecuencia y su polarización.



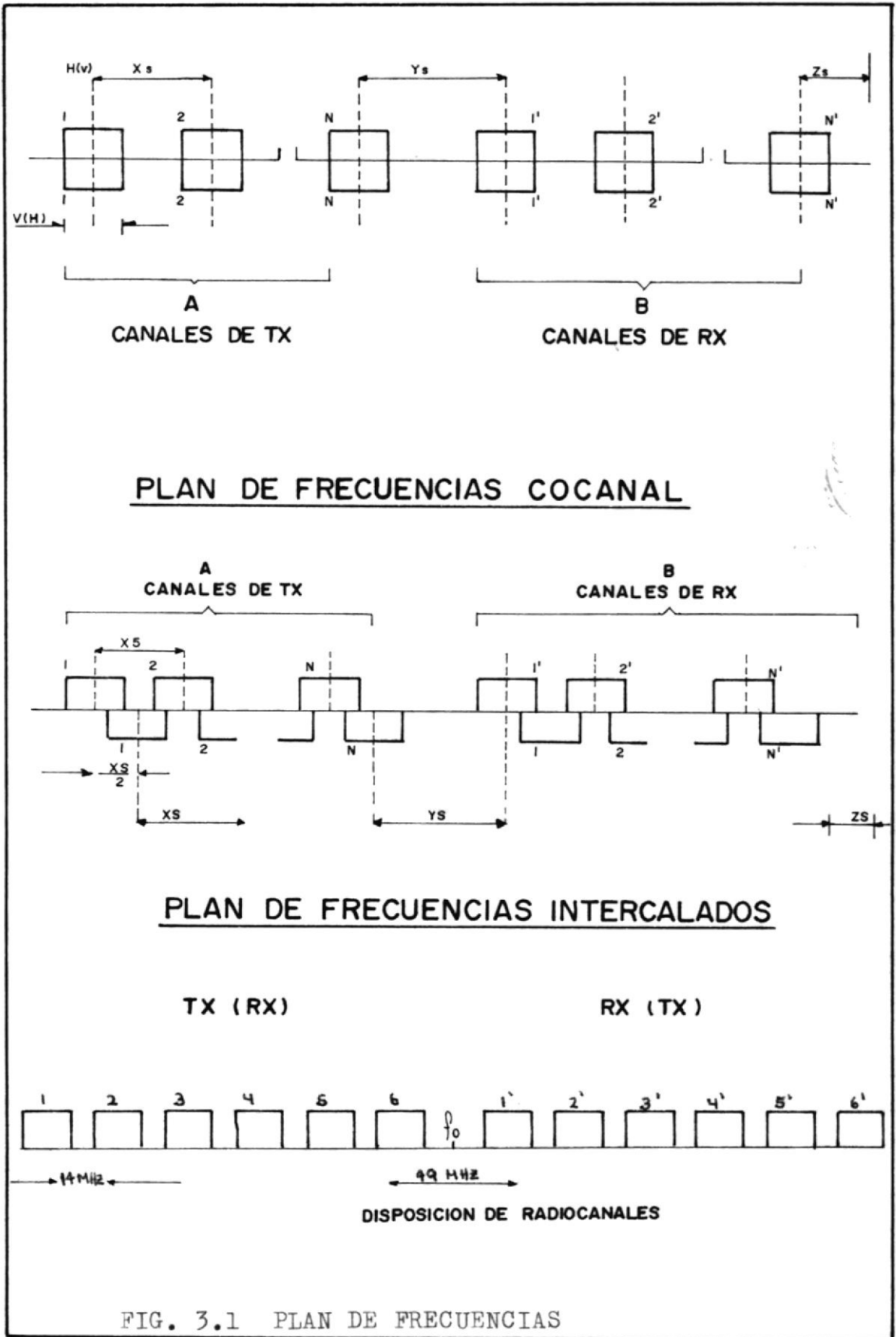


FIG. 3.1 PLAN DE FRECUENCIAS

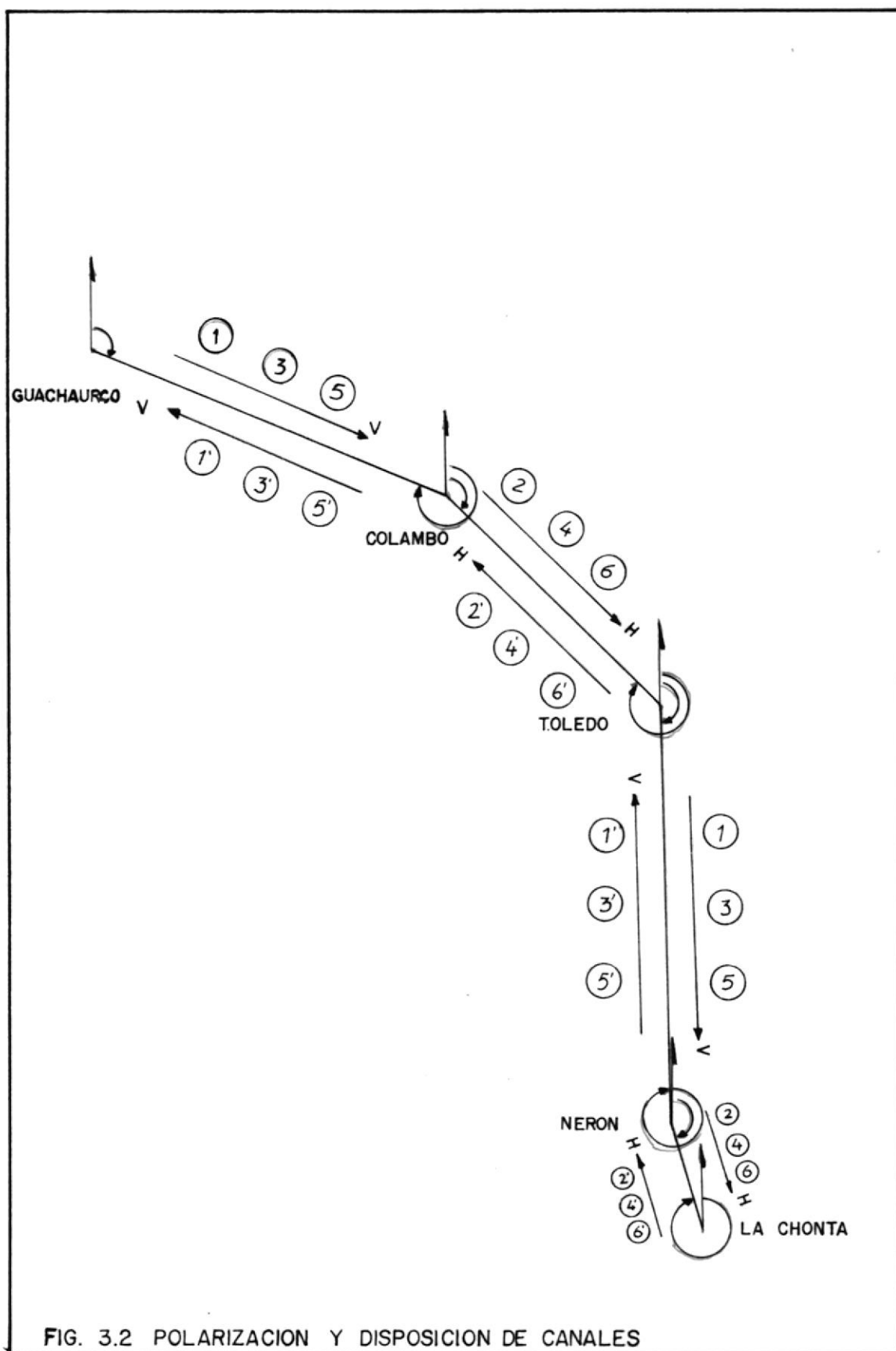


FIG. 3.2 POLARIZACION Y DISPOSICION DE CANALES

CAPITULO # IV

COMPOSICION Y ANALISIS
DE CADA UNO DE LOS
TRAYECTOS

4.1 CALCULO DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL Y
MARGEN DE APERTURA

DATOS:

$$HA = hA + ha \quad (1)$$

$$HB = hB + hb \quad (2)$$

Fcia = Frecuencia utilizada para el enlace (Ghz)

D1 = Distancia desde la estación "A" al obstáculo
(Km)

D2 = Distancia desde la estación "B" al obstáculo
(Km)

Ho = Altura de obstáculo

Dt = Distancia total

RESULTADOS:

R = Radio de la primera zona de Fresnel (m)

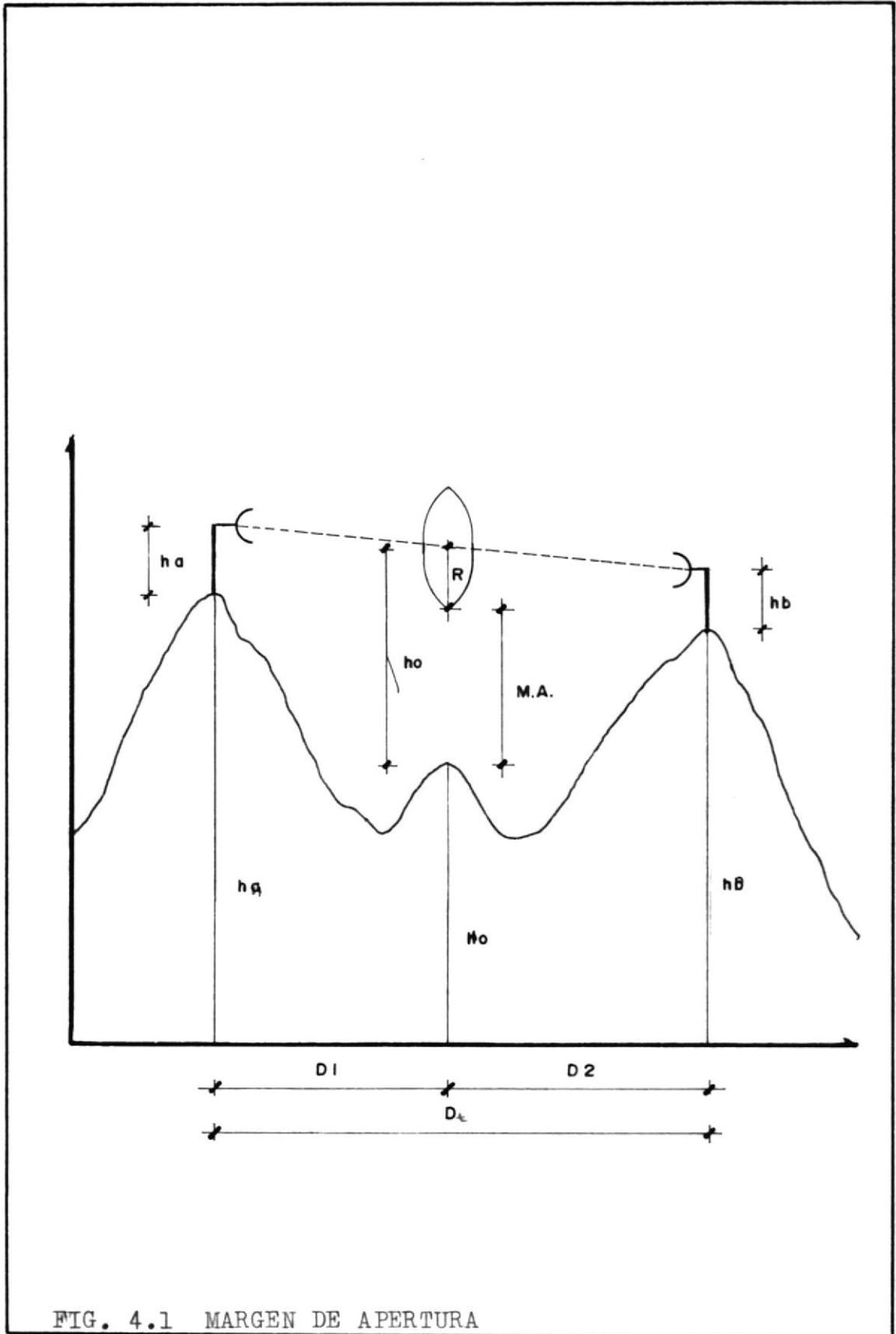


FIG. 4.1 MARGEN DE APERTURA

h_o = Margen de apertura del trayecto sobre los obstáculos.

Es importante tener claro cuales son las condiciones de propagación en el espacio libre que se deben cumplir para establecer un enlace bajo el principio de línea de vista.

$$\text{Si } K = 4/3 \text{ entonces } h_o > R \quad (3)$$

$$\text{Si } K = 2/3 \text{ entonces } h_o > 2R/3 \quad (4)$$

Donde:

$$R = \sqrt{c \cdot D_1 \cdot D_2 / f \cdot Dt} \quad (m) \quad (5)$$

Como:

$$\lambda = c / f \quad (m) \quad (6)$$

Entonces:

$$R = \sqrt{D_1 \cdot D_2 \cdot \lambda / Dt} \quad (m) \quad (7)$$

Asumiendo un valor para h_b yo puedo calcular la altura mínima a la que puedo instalar mi antena "hamin" para asegurar mi margen de apertura.

- Si el radio ficticio de la tierra es $K = 4/3$

$$h_{amin} = [(D(R + H_o) - D_1 \cdot HB) / D_2] + (D \cdot D_1 / 2Kr) - h_A \quad (8)$$

Donde:

r = Radio de la tierra (6370 Km)

h_{amin} viene dado en metros

- Si el radio ficticio de la tierra es $K = 2/3$

$$H_A = D \cdot R / 3 \cdot D_2 \quad (9)$$

$$H_B = 3 \cdot D \cdot D_1 / 4 \cdot r \quad (10)$$

Para $H_B > H_A$

Entonces:

$$h_{amin} (K=2/3) = H_B - H_A + h_{amin} (K=4/3) \quad (11)$$

Para $H_B < H_A$

Entonces:

$$h_{amin} (K=2/3) = h_{amin} (K=4/3) \quad (12)$$

TABLA XIII

RADIO DE LA 1ra. ZONA DE FRESNEL Y MARGEN DE APERTURA

	GUACHAURCO	COLAMBO	TOLEDO	NERON	LA CHONTA
ALTURA DE LAS ANTENAS [mt]	10	10	10	10	10
ALTURA TOTAL [mt]	3096	3035	3495	1514	1410
FRECUENCIA [GHE]	2	2	2	2	2
ALTURA DEL OBSTACULO [mt]	2320	2680	3200		1280
DISTANCIA AL OBSTACULO [km]	44.8	5	1.75	5.1	
DISTANCIA TOTAL [km]	57.17	36.7	50.87	9.51	
$D_t - D_1$ [km]	12.37	31.7	49.12	4.41	
RADIO 1ra. ZONA FRESNEL [mt]	38.13	25.45	15.92	18.83	
MARGEN DE APERTURA [mt]	637.53	372.04	195.87	148.07	

Para calcular el margen de apertura h_o tenemos que considerar el radio ficticio de la tierra y por tanto:

si $K = 4/3$

$$h_o (K=4/3) = H_A - (D_1(H_A - H_B)/D) - (3 \cdot D_1 \cdot D_2 / 8 \cdot r) - H_o \quad (13)$$

Entonces el margen de apertura será:

$$MA = h_o (K=4/3) - R \quad (14)$$

Si $K = 2/3$

$$h_o(K=2/3) = h_o(K=4/3) - 3 \cdot D_1 \cdot D_2 / 4 \cdot r \quad (15)$$

Entonces el margen de apertura será:

$$MA = h_o (K=2/3) - 2 \cdot R / 3 \quad (16)$$

Se tomará como MA del trayecto al de menor magnitud.

A continuación se expone en la Tabla XIII datos y resultados para los distintos trayectos.

4.2 CALCULO DEL PUNTO DE REFLEXION

DATOS:

$$HA = hA + ha \quad (m) \quad (17)$$

$$HB = hB + hb \quad (m) \quad (18)$$

$$HAR = HA - HR \quad (m) \quad (19)$$

$$HBR = HB - HR \quad (m) \quad (20)$$

HR = Altura del punto de reflexión

Es importante determinar el punto de reflexión de cada trayecto para así verificar si la onda directa se va a ver afectada, atenuada, desvanecida o distorcionada por la onda reflejada; ahora nos preguntamos en qué magnitud puede ésta onda atenuar a la onda directa?, pues depende mucho del tipo de superficie sobre el cual esté situado el punto de reflexión y de la frecuencia a la cual se trabaje, refiérase al Apéndice A, punto 1.

Para el caso de que en alguno de nuestros trayectos encontramos que la onda reflejada incida en la antena receptora, debemos variar nuestras alturas de antenas hasta conseguir que algún obstáculo natural (montaña, etc.) bloquee esta onda reflejada, de otra forma nosotros tendríamos que crear un obstáculo artificial.

Ahora que ya hemos entendido la importancia de este

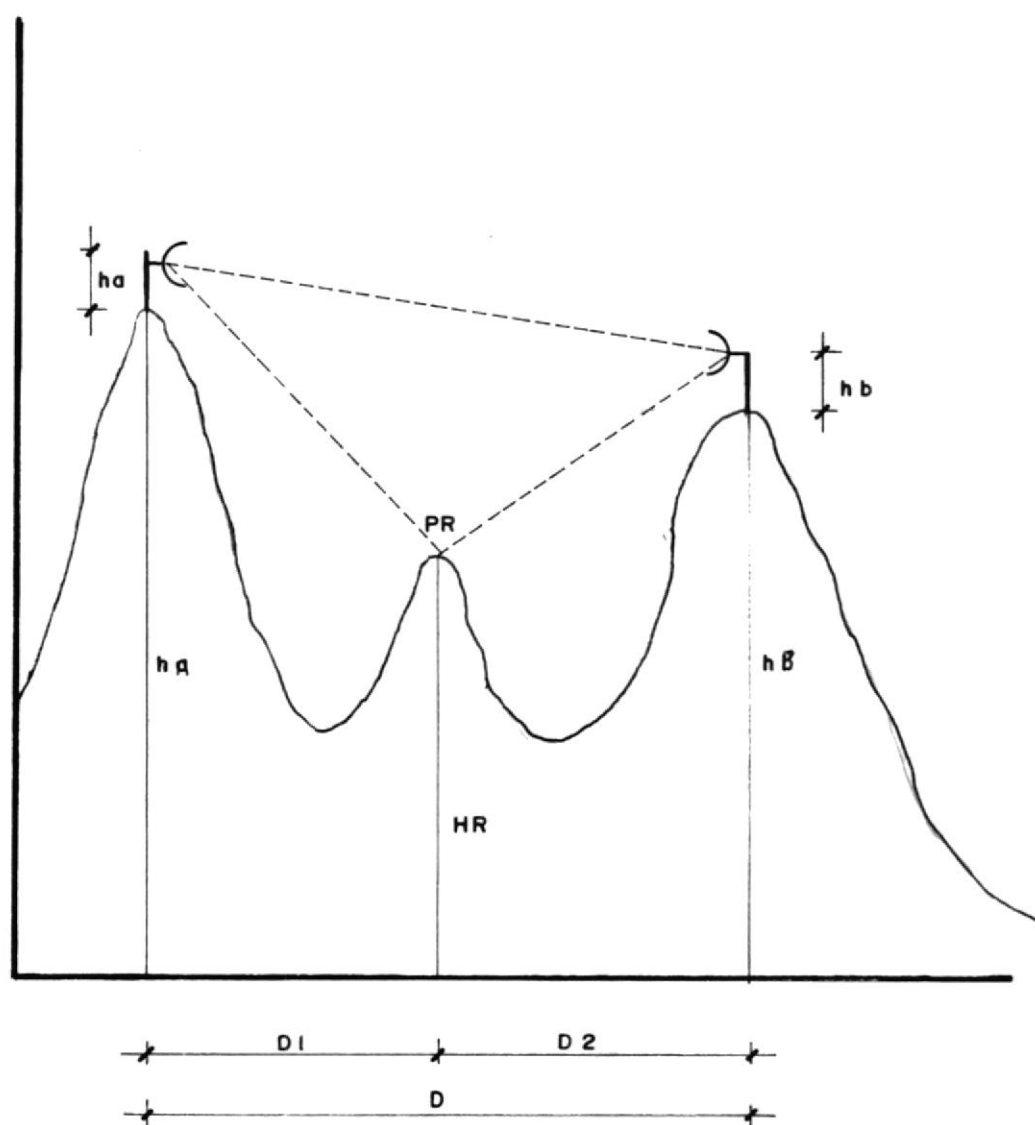


FIG. 4.2 PUNTO DE REFLEXION

cálculo, continuaremos con las fórmulas para calcular los coeficientes c y m :

$$c = (HAR - HBR) / (HAR + HBR) \quad (21)$$

$$m = D^2 / 4.k.r (HAR + HBR) \quad (22)$$

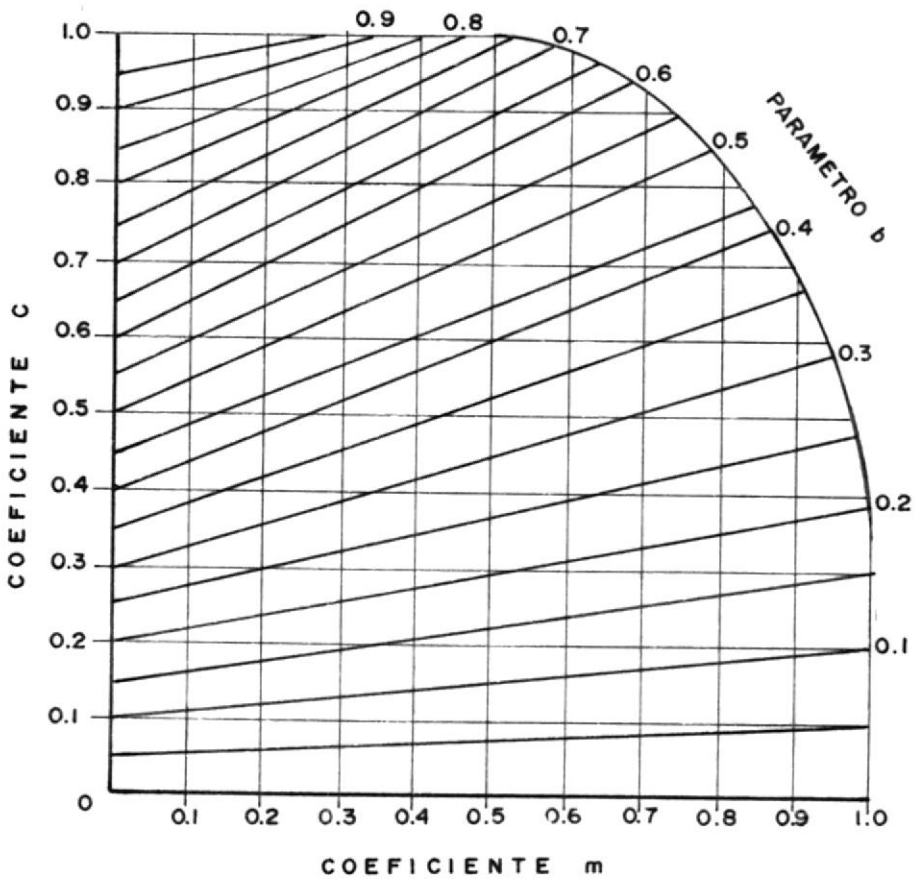
Con estos coeficientes encontramos el parámetro b , a partir de la Figura # 4.3

$$D1 = D (1 + b) / 2 \quad (\text{Km}) \quad (23)$$

$$D2 = D - D1 \quad (\text{km}) \quad (24)$$

Encontradas estas distancias verificaremos en nuestras Figuras # 2.2 hasta 2.4, para determinar si existen o no obstáculos que puedan bloquear, desviar la onda reflejada de la trayectoria hacia la antena Rx. Comparamos el valor de HR obtenido en los Figuras de perfil a estas distancias, si no coinciden estas alturas, entonces se retiran los cálculos pero ahora con el nuevo valor de HR encontrado hasta que coincidan.

Podemos también calcular los ángulos verticales de la onda directa α_A, α_B y reflejada β_A, β_B . los ángulos entre onda directa y reflejada serán θ_A y θ_B .

FIG. 4.3 CALCULO DEL PARAMETRO b

$$\alpha_A = - [((H_A - H_B)/D) + D/2Kr] \quad (25)$$

$$\alpha_B = - [((H_B - H_A)/D) + D/2Kr] \quad (26)$$

$$\beta_A = - [(H_A/D_1) + D_1/2Kr] \quad (27)$$

$$\beta_B = - [(H_B/D_2) + D_2/2Kr] \quad (28)$$

$$\theta_A = \alpha_A - \beta_A \quad (29)$$

$$\theta_B = \alpha_B - \beta_B \quad (30)$$

Lo entenderemos mejor si revisamos la siguiente Figura # 4.4

Encontrados estos ángulos θ_A y θ_B nosotros podemos calcular la atenuación efectiva por reflexión, que es la diferencia de atenuación de la onda reflejada AR (obtenida de la Tabla del Apéndice A) mas la suma de las magnitudes por directividad de las antenas, dicho de otra forma:

$$(A/U)_R = AD_{\theta_A} + AD_{\theta_B} + A_R \quad (\text{dB}) \quad (31)$$

Los valores de AD_A y AD_B en dB se los obtiene a partir de las curvas de patrones de radiación de antenas parabólicas que se encuentran en el Apéndice A punto 2 (las mismas que dependen de la frecuencia de operación y del diámetro)

A continuación se expone en la Tabla XIV datos y resultados para los distintos trayectos.

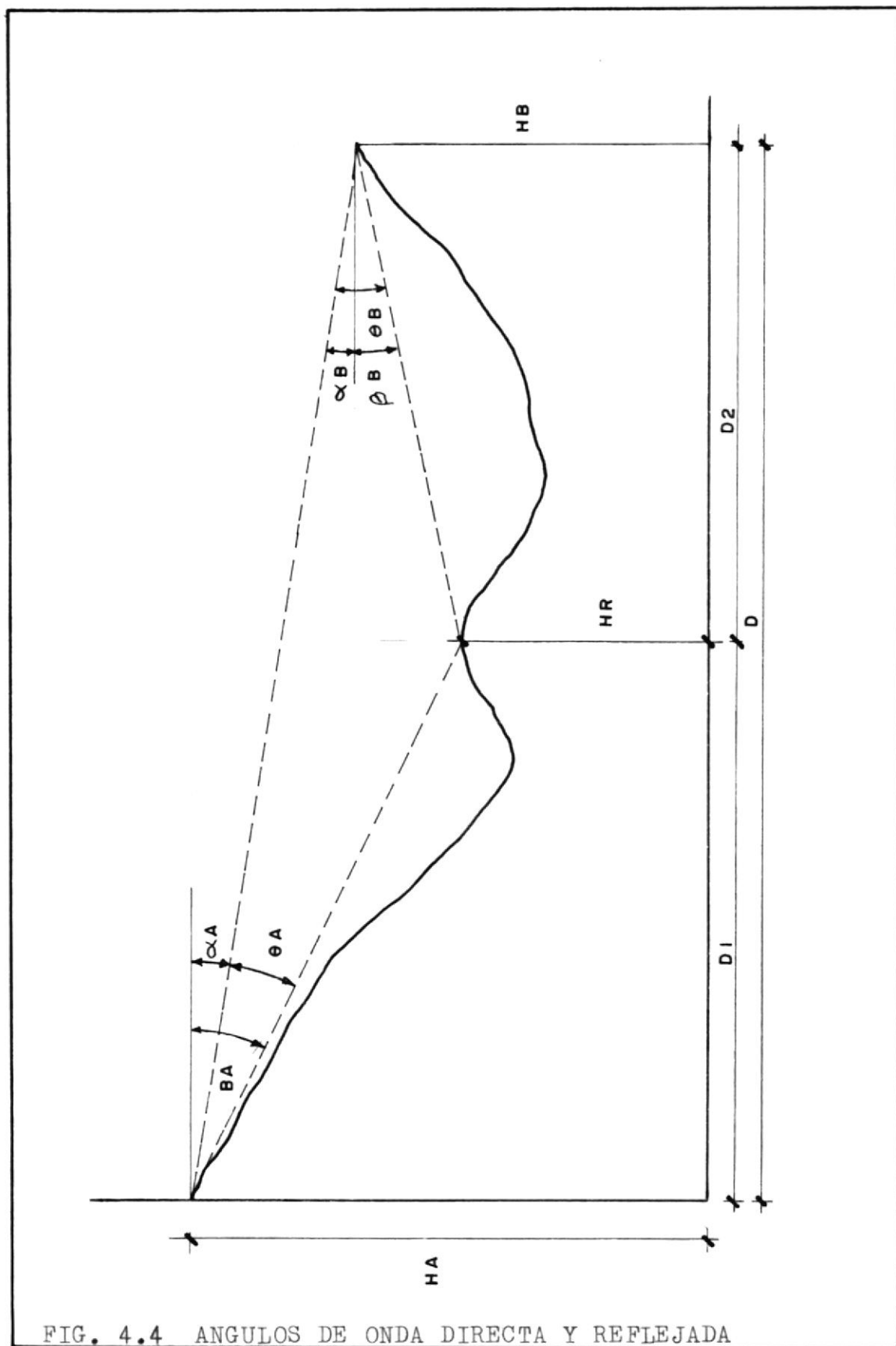


TABLA XIV

PUNTO DE REFLEXION

	GUACHAURCO	COLA	TOLE	NE	LA CHOTA
ALTURA TOTAL [mt]	3096	3035	3495	151	1514
DISTANCIA TOTAL [km] = Dt	57.17	36.7	50.87		9.51
DISTANCIA AL PUNTO DE REFLEXION	28.33	2.57	35.35		4.97
Dt - D1 [km]	28.84	34.13	15.52		4.54
COEFICIENTE "C"	0.01	0.01	0.4		0.04
COEFICIENTE "M"	0.02	0.01	0.02		0.001
COEFICIENTE "b"	- 0.005	- 0.860	0.38		0.045

4.3 DETERMINACION DE LAS GANANCIAS REQUERIDAS POR LAS ANTENAS Y PERDIDAS DE PROPAGACION

DATOS:

F	= Frecuencia de operación	(GHz)
D	= Distancia total entre estaciones	(Km)
L_A	= Longitud de los alimentadores	(mt)
A_D	= Pérdidas por derivación "A" o "B" según configuración	(dB/m)
P_t	= Potencia de transmisión	(dBm)
P_r	= Patrón de potencia receptora según datos de fabricantes	(dBm)
A_L	= Atenuación en los alimentadores "A" o "B"	(dB)
G_t	= Ganancia de antena transmisora	(dB)
G_r	= Ganancia de antena receptora	(dB)

RESULTADOS:

A_0	= Pérdida en el espacio libre	(dB)
A_e	= Pérdida total en los alimentadores	(dB)
G_e	= Ganancia mínima requerida por las antenas	(dB)

Para determinar la ganancia de las antenas es necesario conocer P_r . revisando la información en

catálogos de posibles equipos que operen con características específicas a las que necesitamos, encontramos que las P_r se encuentran entre -60 y -75 dBm, para asegurar la comunicación y para efecto de cálculo de ganancia G_A he considerado como $P_r = -50$ dBm lo cual hace que sea menos sensible para la recepción y rompimiento del Squelch, y por ende que necesitemos una mayor potencia de transmisión, potencia que también para efectos de cálculos la ubicamos en 30 dBm de tal forma que variando estos datos podamos tener un valor referencial de G_A mínimo requerido.

Para la detención de las pérdidas o atenuación en el espacio libre debemos recordar que son las pérdidas entre dos antenas isotrópicas en un medio donde no hay refracción, difracción, absorción, ni ninguna otra clase de influencias de la tierra, que exista línea de vista (no hay obstáculos). La energía irradiada por una antena transmisora se pierde debido a la dispersión en el frente de onda con el cuadrado inverso de la distancia, es mínima la energía de ese frente de onda que entra en el área de captura de la antena receptora, es por esto que a estas pérdidas se las define como la relación de potencias transmitidas Vs. recibidas.

$$A_o = P_t/P_r = (4d)^2/G_t.G_r.\lambda^2 \quad (32)$$

o también

$$A_o = 10 \log P_t/P_r \quad (\text{dB}) \quad (33)$$

Como las antenas son isotrópicas asumimos $G_t = G_r = 1$ entonces:

$$A_o = 10 \log \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} \quad (34)$$

Resolviendo tenemos que:

$$A_o = 92.4 + 20 \log D + 20 \log F \quad (\text{dB}) \quad (35)$$

En el Apéndice D encontraremos conceptos, datos y referencias sobre los alimentadores, derivaciones de recomendaciones CCIR y de fabricantes tenemos que:

$$A_D = 1.1. \text{ dB para configuraciones } 1 + 1$$

$$\text{Factor de atenuación} = 5.7/100 \text{ (dB/m)}$$

$$A_{LA} = 0.057 \times LA \quad (\text{dB}) \quad (36)$$

$$A_R = A_{LAA} + A_{DA} + A_{LAB} + A_{DB} \quad (37)$$

TABLA XV

GANANCIA REQUERIDA DE ANTENA

ESTACIONES	GUACHAURCO	COLAMBO	TOLEDO	NERON	LA CHONTA
TRANSMISION - RECEPCION	Tx	Rx	Tx	Rx	Tx
F FRECUENCIA [GHZ]	2	2	2	2	2
D DISTANCIA TOTAL DEL TRAMO [km]	57.17	36.7	50.87	9.51	
L LONGITUD DE ALIMENTADORES [mt]	20	20	20	20	20
A PERDIDAS POR DERIVACION (1+1) [dB]	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
A FACTOR DE ATENUACION/ALIMENTADORES [dB/m]	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057
Pt POTENCIA [dBm]	30	-50	30	-50	28
Ro PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE [dB]	133.61	129.76	132.59	118.03	
A PERDIDAS EN LOS ALIMENTADORES [dB]	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
G GANANCIA REQUERIDA DE ANTENAS [db]	58.09	54.24	57.07	44.51	

$$G_a = Pr + A_o + A_a - Pt \quad (38)$$

$$G_a = G_t + G_r \quad (39)$$

A continuación se expone en la Tabla XV datos y resultados para los distintos trayectos.

4.4 CALCULO DE LA POTENCIA DE RECEPCION

Conociendo cual es la ganancia mínima requerida por las antenas está dada por la ecuación (33) y conociendo de la ecuación (34) podemos utilizar la siguiente fórmula que sirve para calcular la ganancia de la antena conociendo el diámetro y la frecuencia de operación (para antenas parabólicas)

$$G = 20 \log D + 20 \log F + 17.8 \quad (\text{dB}) \quad (40)$$

Donde:

D = Diámetro de la antena parabólica (mt)

F = Frecuencia central de operación (GHz)

Debemos recordar que en el punto 4.3 se dió un valor tentativo de Pr y de Pt , para obtener un mínimo de Ganancia pues el valor de Pt tentativo está fijado,

ahora para mejorar la comunicación, la ganancia debe ser mayor que la requerida (ver Tabla XV Ganancia requerida por las antenas) y si vemos la Tabla del Apéndice B tenemos que las antenas de 2mt y 3mt de diámetro, satisfacen nuestros requerimientos.

Despejando P_r de la ecuación (38) y reemplazando la ecuación (39) en esa tenemos:

$$P_r = P_t - A_o - A_a + G_t + G_r \quad (\text{dBm}) \quad (41)$$

Entonces, a partir de datos obtenidos anteriormente y reemplazando por estos nuevos valores tenemos que la potencia de recepción encontrada es (ver Tabla XVI).

Claro está que éste nivel de recepción no asegura un buen comportamiento del radio enlace como ocurre para sistemas analógicos, en FDM el desvanecimiento selectivo de los distintos trayectos son los degradan la relación de BER. Por eso es que se debe calcular los tiempos de interrupción, como lo veremos más adelante.

A_o Perdidas en el espacio libre (dB)

P_t Potencia en alimentadores (dBm)

A_a Perdidas en alimentadores (dB)

TABLA XVI
 POTENCIA DE RECEPCION

ESTACIONES	GURCHAURCO	COLAMBO	TOLEDO	NERON	LA CHONTA
D	DISTANCIA [Km]	57,17	36,7	50,87	9,51
F	FRECUENCIA [GHz]	2	2	2	2
Pt	POTENCIA TX [dBm]	30	30	30	28
Pr	POTENCIA Rx ASUMIDA - [dBm]	50	50	50	50
G _A	GANANCIA DE ANTENAS [dB]	66,72	66,72	66,72	59,68
A _A	PERDIDAS EN ALIMENTADORES [dBm]	4,48	4,48	4,48	4,48
A _o	PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE [dB]	133,61	129,76	132,59	118,03
Pr	POTENCIA Rx ENCONTRADA - [dBm]	41,37	37,52	40,35	34,83

G_a Ganancia de la Antenas (dBm)

P_r Potencia de recepción encontrada (dBm)

4.5 EVALUACION DE LA CALIDAD DEL CIRCUITO

4.5.1 GENERALIDADES

Hemos hablado del BER algunas veces vamos a definirlo.

$$\text{BER} = N_e/N_t \quad (42)$$

Donde:

N_e = Número de Bit erroneos

N_t = Número de Bit transmitidos

Es importante recordar la ventaja de la transmisión digital que a nivel de banda base se regenera en cada trayecto, es decir que el ruido no se acumula ya que al demodular y volver a modular, a estos se les asigna niveles lógicos fijos.

En FDM existía una acumulación de ruido de todos los trayectos y por esto es importante el nivel que se tiene en la relación señal ruido

Ver Figura # 4.5.

$$Nt = B \cdot t_0 \quad (43)$$

Donde:

B = Velocidad binaria (bit/seg)

t_0 = tiempo de medición

Existe un tiempo mínimo de medición necesario para detectar un "Eo" fijo de BER y está dado por:

$$t_m = k/B \cdot E_o \quad (44)$$

K = mínimo número de errores para detectar Eo.

Podemos constatar que el valor real de K está por tiempos los mas cortos posibles. Existen algunos métodos de para la medición del BER que estan dadas por el CCIR Rep. 613-2 que son detección por "Pseudo-error", codificación por chequeo de pariedad, detección de violación de codigo y el de inserción de secuencia de chequeo.

Para sistemas FM la calidad del circuito viene

dada por la potencia de ruido permisible mientras que para los sistemas digitales se establece por medio del porcentaje de error en bits (BER), porcentaje que nos dice que el radio enlace ha de ser generado. Estos no pueden exceder a los valores dados en la recomendación 594 del CCIR (Mod. 1) y al reporte 930 (Ginebra 1984):

1×10^{-6} Durante más de 0.4% de cualquier mes en un intervalo de un mínimo.

1×10^{-3} Durante más de 0.054% de cualquier mes, en un intervalo de un segundo.

El total de segundos libres de errores (EFS) no deberá exceder de 99.68% en cualquier mes.

El CCIR en su recomendación 556 establece los valores de eficiencia para circuitos referenciales de 9 secciones, cada una de 280 Km.

Para distancias "D" de los trayectos:

a) $D < 280$ Km

El porcentaje de tiempo no debe exceder a:

$$- \text{BER} = 10^{-3} \quad (280/2500) \cdot 0.054\% = 0.006048\%$$

$$- \text{BER} = 10^{-6} \quad (280/2500) \cdot 0.4\% = 0.044\%$$

b) $280 \text{ Km} < D < 2500 \text{ Km}$

El porcentaje de tiempo no debe exceder a:

$$- \text{BER} = 10^{-3} \quad (D/2500) \cdot 0.054\%$$

$$- \text{BER} = 10^{-6} \quad (D/2500) \cdot 0.4\%$$

4.5.2 OBJETIVOS DE CALIDAD Y DE INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA

El CCRI en la recomendación 557 (Ginebra 1982) definir el "tiempo fuera de servicio" tiempo que pueden ser dados por factores como atenuación de propagación, confiabilidad del sistema, interrupción de la señal digital banda base, BER que excede a 10^{-3} y los considera separadamente.

Es importante definir las principales causas que producen errores durante una transmisión digital y estos son:

- Las interferencias externas de RF degradan la calidad de transmisión.

- Incremento de potencia recibida para alcanzar un BER determinado.
- Atenuación o desvanecimiento producido por lluvias, fenómenos de reflexión, inducción, condiciones de propagación de los trayectos.
- Ruido térmico o intrínseco del equipo que está en relación inversa con el nivel de señal recibida, es decir si aumenta la señal recibida el ruido térmico disminuirá.
- Interferencias intersimbólicas causadas por distorsiones dentro de la banda, interferencias, la no linealidad del equipo Tx o por un filtrado no ideal.

La calidad entonces va a estar dado por todos estos eventos siempre y cuando no excedan el tiempo de 10 segundos consecutivos.

La disponibilidad dada en la recomendación 557, Rep. 445-2 incluye todos los eventos que afecten por lo menos a una dirección de transmisión que exceda por lo menos 10 segundos consecutivos, ésta debe estar entre 99.5% y 99.9% en un año para el trayecto de referencia

de 2.500 Km.

La disponibilidad resume el tiempo en que el equipo está fuera de servicio ya sea por: fallas de transmisión, receptores, antenas, energía eléctrica, es decir falla de equipos entonces las llamaremos V_E ; por desvanecimientos ocurridos por fallas en los equipos o durante un mantenimiento preventivo V_{EM} ; desvanecimientos V_F ; fallas en equipos y desvanecimiento simultáneamente V_{EF} ; V_T es la indisponibilidad total y puede ser expresada en porcentaje o como relación horas/minutos por año.

$$U_t = U_E + U_{EM} + U_F + U_{EF} \quad (45)$$

4.5.3 INTERFERENCIAS, CONFIABILIDAD DE LAS RUTAS

Es necesario conocer en cada trayecto la cantidad de posibles efectos de degradación que pueden existir debido a las interferencias sobre la onda portadora y es por esto que usualmente se llega a identificar la relación que existe entre el nivel de potencia de la portadora y el nivel de la interferencia C/I y

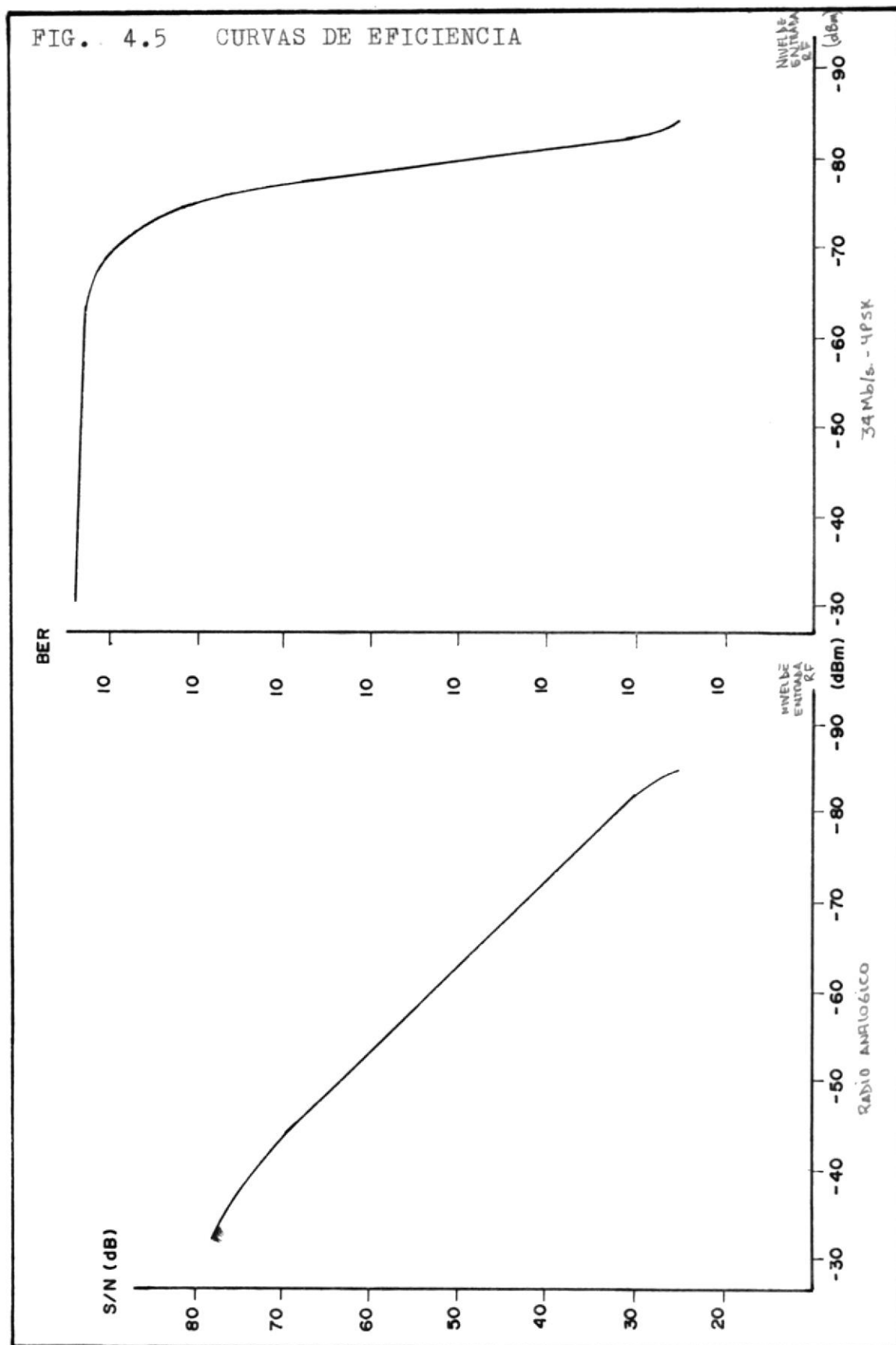
están referidas a potencias promedios para el caso de señales multinivel que sean moduladas digitalmente. El CCIR en su reporte 779 resume las interferencias como internas y externas al sistema, las internas son todas aquellas producidas básicamente por los equipos y su diseño funcional, mientras que las externas pueden ser por ejemplo interferencia de señales via satélite, etc., las cuales sí pueden ser minimizadas.

Para nuestro diseño nosotros utilizaremos dos portadoras con polarización ortogonal para trayecto, entonces es necesario tener conocimiento sobre los posibles problemas de conexiones y tipos de antenas (ver apendice C) en la cual vemos que la interferencia entre dos canales adyacentes con distinta polarización puede ser solucionada al seleccionar una antena con un buen factor de discriminacion cruzada "XPD", mientras que la interferencia entre dos canales adyacentes con igual polarización depende de cuan selectivos sean sus filtros. Para nuestro caso es importante mejorar el factor XPD, ya que es uno de los factores que determinan la calidad del circuito. Debemos tener presentes los siguientes parámetros que

son: espaciamiento de frecuencia entre canales adyacentes de RF, discriminación de los lóbulos laterales de la antena, sensibilidad de la relación C/I y tipo de modulación que requieren un bajo nivel de S/N para alcanzar el umbral de BER, ya que éstos son mucho más tolerantes a interferencias, por eso es que utilizar 4PSK es mejor que 16QAM ya que este último requiere mayor C/I para enfrentar una misma cantidad de degradaciones.

Se recomienda mantener niveles de Rx aproximadamente iguales para evitar interferencias en estaciones nodales o repetidoras y lo podemos conseguir ecualizando la señal recibida por medio de una buena selección de antenas, potencia de transmisión, calidad y longitud de alimentadores, atenuadores de RF.

La relación C/I puede ser medida a la entrada de la antena receptora y no depende de la ganancia de la antena ni de la longitud de los alimentadores. Existen unas curvas (Figura # 4.7) que nos ayudan a encontrar el valor de BER en el umbral y muestran la dependencia del BER para varios C/I cocanal. Ahora bien, la



confiabilidad de la ruta ésta dada por la disponibilidad del sistema en todos los tramos y ésta proviene del concepto de margen de desvanecimiento entre la señal recibida y el umbral correspondiente a una determinada data de error, es a este margen al que llamaremos F_u .

Donde:

$$F_u = S/N + 10 \log F + 10 \log Br - 114 \text{ (dBm)} \quad (46)$$

s/n = Relación señal/ruido en el umbral medida a la entrada para una banda equivalente Br con un determinado error.

$10 \log F$ = Factor de ruido en el receptor [dB]

Br = Velocidad de los impulsos [Mbit/seg]

A partir de la Figura # 4.6 determinamos S/N para los umbrales de 10^{-3} y 10^{-6} que son de 10 y 13.5 respectivamente, como nuestro sistema es de 480 canales o 34 MBit/seg, entonces:

$$10 \log Br = 10 \log(34) = 15.31 \text{ dB}$$

Con figuras de ruido de 4.5 dB tenemos que:

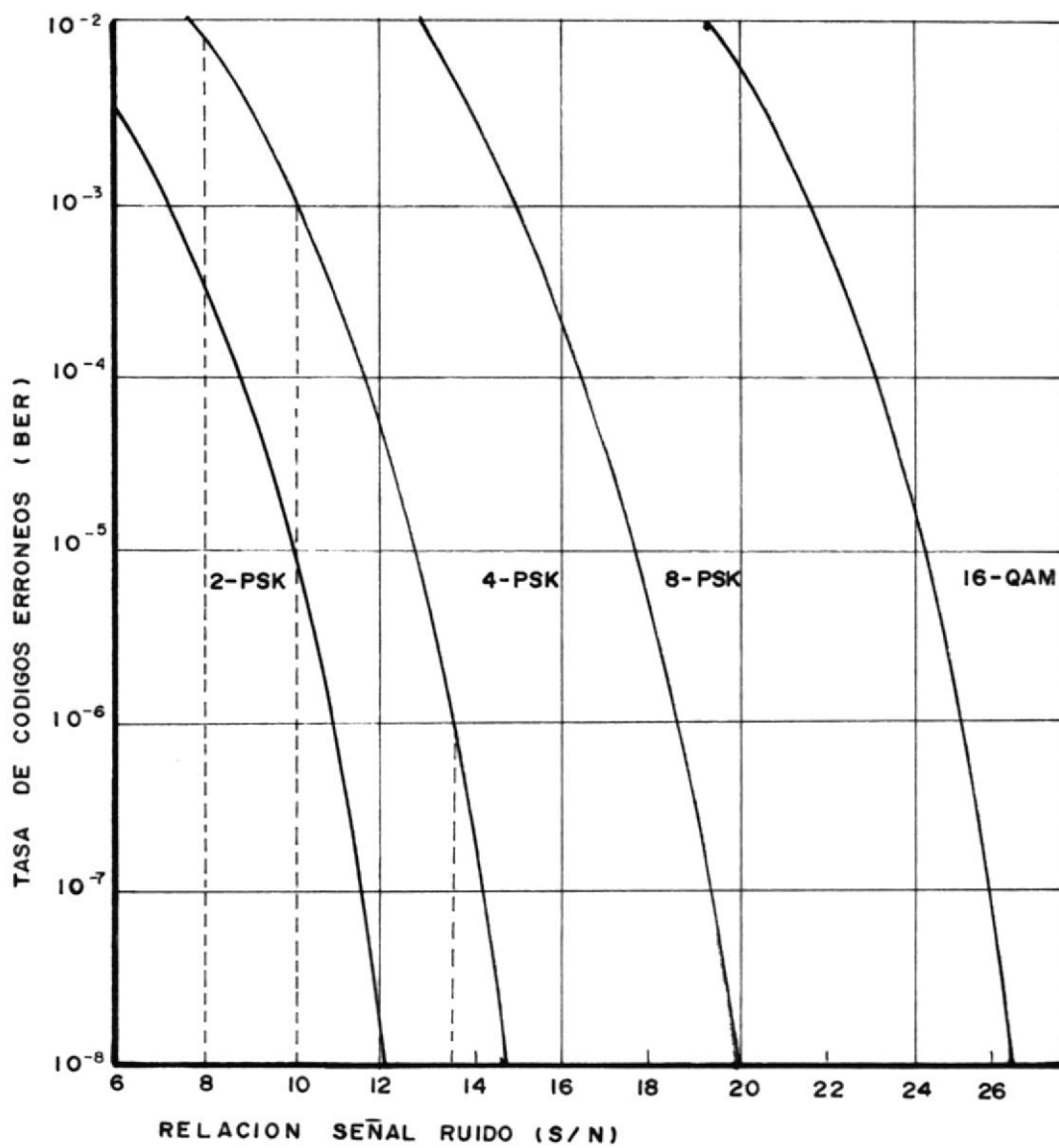


FIG. 4.6 TASA DE CODIGOS ERRONEOS

$$P_u = -84.2 \text{ dB Para BER} = 10^{-3}$$

$$P_u = -80.7 \text{ dB Para BER} = 10^{-6}$$

De la Figura # 4.7 podemos obtener directamente estos valores de P_u , para sistemas de 34 Mbit/seg., 4PSK sin interferencia que son -84.0 dBm y -84.0 dBm para 10^{-3} y 10^{-6} respectivamente.

$$F_d = P_u - P_r \text{ (dB)} \quad (47)$$

Donde:

F_d = Margen de desvanecimiento

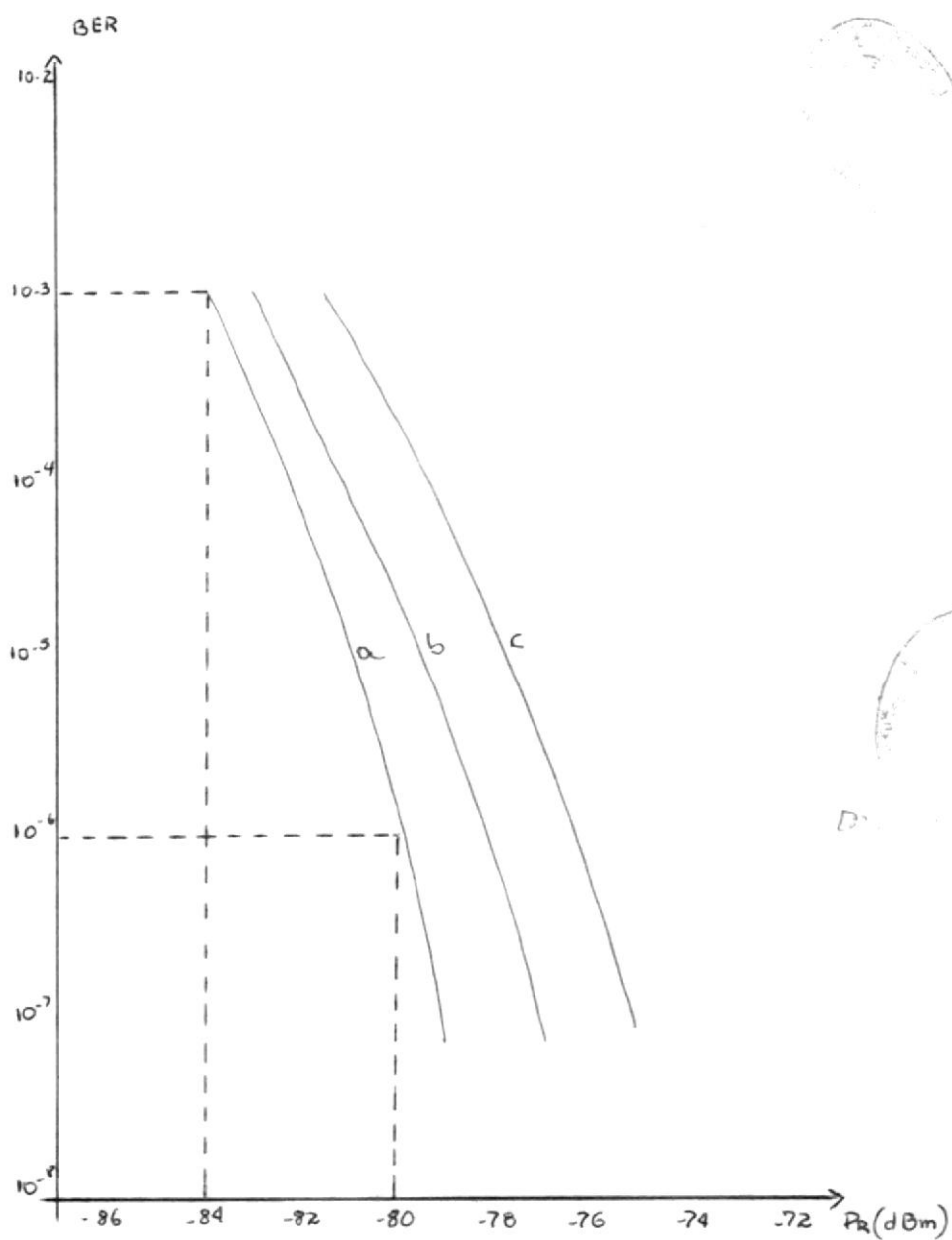
P_u = Potencia umbral de recepción

P_r = Potencia de R de recepción.

Como ya hemos comentado anteriormente se han implementado métodos para expresar en porcentaje el tiempo de indisponibilidad, uno de ellos es: BOITHIAS - BATTESTI que puede ser expresada así: (CCIR reporte 338-3)

$$U\% = 15.2 \times 10^{-7} \times (500+D) \times D^3 \times F \times 10^{-F_d/10} \quad (48)$$

$U\%$ = Porcentaje de tiempo en que el



- a) SIN INTERFERENCIA
 b) C/I: 20 dB COCANAL
 c) C/I: 15 dB COCANAL

VELOCIDAD DE TRANSMISION: 34.368 Mbit/s
 MODULACION 4PSK
 FIGURA DE RUIDOS: 4.5 dB

FIG. 4.7 BER vs. P_r PARA VARIAS CONDICIONES DE C/I

desvanecimiento por multitrayecto es mayor o igual que el margen de desvanecimiento.

D = Distancia del trayecto (Km)

F = Frecuencia (GHz)

FD = Margen de desvanecimiento (dB)

o el de Morita que se expresa:

$$U\% = 100 \times K \times Q \times F^B \times D^C \times 10^{-FD/10}$$

Donde:

K = Factor para condiciones climaticas

Q = Factor de condiciones del terreno.

Para el caso nuestro trabajaremos con valores adoptados por Estados Unidos donde B=1 y C=3, ahora:

K = 1.2 x 10 ⁻⁶	Para regiones ecuatoriales, costeras, alta humedad y temperatura.
= 9 x 10 ⁻⁷	Para zonas subtropicales
= 6 x 10 ⁻⁷	Climas con temperatura continental o temperada
= 3 x 10 ⁻⁷	Para climas polares o regiones montañosas con clima sumamente seco.

$Q = 3.35$	Para terrenos planos
$= 1.0$	Para terrenos no muy irregulares
$= 0.27$	Para terrenos rugosos.

Para nuestro caso tenemos que $K = 9 \times 10^{-7}$ y $Q = 0.27$ para todos los trayectos.

Con valores de P_u encontramos de 84.2 dB y 80,7 dB para BER de 10^{-3} y 10^{-6} se realizaron los calculos, encontrando que si cumplen con los objetivos de calidad ampliamente; sin embargo, se comenzaron a considerar potencias umbrales mas bajas que éstas y se demuestra en la Tabla XVII hasta que valores umbrales se cumplen con los objetivos. Por tanto, no es necesario considerar la aplicación de técnicas de diversidad de espacio ni de frecuencia.

TABLA XVII
DISPONIBILIDAD

ESTACIONES	GUACHARCO	COLAMBO	TOLEDO	NERON	LA CHONTA
D	[Km]	57,17	36,7	50,87	9,51
F	[GHz]	2	2	2	2
Pt	[dBm]	30	30	30	28
G	[dB]	66,72	66,72	66,72	59,68
RA	[dBm]	4,48	4,48	4,48	4,48
Ro	[dB]	133,61	129,76	132,59	118,03
Pr	- [dBm]	41,37	37,52	40,35	34,83
POTENCIA UMBRAL DE Rx	10^{-3} -[dbm]	75	65	72	45
MARGEN DE DESVANECIMIENTO [dB]	10^{-6}	70	55	65	40
INDISPONIBILIDAD METODO BOITHIAS - BATTISTI	10^{-3} 10^{-6} %	3,363 4,333 X 10^{-3}	27,48 17,48	31,65 24,65	10,17 5,17
INDISPONIBILIDAD METODO MORITA	10^{-3} 10^{-6} %	1,37 X 10^{-3} 3,937 X 10^{-3} 1,245 X 10^{-2}	1,4408 X 10^{-3} 4,292 X 10^{-3} 4,292 X 10^{-2}	7,556 X 10^{-4} 2,1929 X 10^{-3} 2,1929 X 10^{-2}	1,2811 X 10^{-3} 4,051 X 10^{-3} 1,2711 X 10^{-2}
DISPONIBILIDAD	10^{-3} 10^{-6} %	6,048 X 10^{-3} 4,48 X 10^{-2}	6,048 X 10^{-3} 4,48 X 10^{-2}	6,048 X 10^{-3} 4,48 X 10^{-2}	6,048 X 10^{-3} 4,48 X 10^{-2}
CUMPLEN OBJETIVOS DE CALIDAD ?		SI	SI	SI	SI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al iniciar este trabajo claros estaban los objetivos los cuales eran los de seleccionar Ubicaciones más favorables para situar las distintas estaciones que pasaran a formar parte de la gran red nacional de telecomunicaciones, red digital que implementada solucionaría el problema de la zona Sur.

A lo largo de éste trabajo hemos explicado las ventajas que existen con las redes digitales, que se pondrán de manifiesto al incrementarla por su gran flexibilidad, es decir, se podrán transmitir señales de voz, datos, fax, etc. No existirá el problema que muchas veces ocurre que no pasan ni del protocolo inicial por el nivel de ruido en redes analógicas; se explotan al máximo los medios de transmisión, hay gran calidad de transmisión, casi insensible a los ruidos ya que la señal se regenera en cada trayecto, son equipos que no requieren reajustes, es conveniente para redes de corta y media distancia a nivel

de equipos terminales.

Realizado un estudio de tráfico se concluyó que para este enlace se necesitaban 480 canales (34 Mbit/seg) con una configuración de respaldo 1 + 1 modulado en 4PSK a una frecuencia de 2 GHz, sistema que por las características de los trayectos es más tolerante a los desvanecimientos selectivos.

Es importante hacer notar que para los distintos trayectos se realizaron cálculos para saber hasta que niveles el de Fu cumplen con los objetivos de calidad basados en método de indisponibilidad Boithias-Battesti (Francés) y Morita (Japonés). Cabe indicar que todos los trayectos están libres de obstáculos, no hay situaciones de onda reflejada sobre antenas receptoras, existe una buena línea de vista con grandes márgenes de apertura.

Aprovechando que el IETEL ha contratado la ampliación digital que incluye la Ruta Sur se debe destinar 1 x 34 Mbits/seg. para esta nueva red.

En cuanto a su alimentación eléctrica para las distintas estaciones se puede implementar un sistema de paneles o celdas solares, grupo de baterías con sus respectivos cargadores.

APENDICES

APENDICE A

TABLA XVIII

CUADRO DE ATENUACION DE ONDA REFLEJADA (FRECUENCIA Vs SUPERFICIE)

FcIA [GHz]	SUPERFICIE	AGUA [DB]	ARROZAL [DB]	CAMPO SECO [DB]	MONTAÑA CIUDAD [DB]
2		0	2	4	10
4		0	2	6	14
5		0	2	6	14
6		0	2	6 *	14
11		0	2	8	16
15		0	2	8	16
20		0	2	8	16

NOTA:

- Para los casos en que la atenuación efectiva de la onda sea menor que 10 dB se deberán tomar otras precauciones dependiendo de la frecuencia:

a) Fcia < 10 GHz

- Diversidad de espacio
- Diversidad de frecuencia

b) Fcia > 10 GHz

- Utilización de antenas que tengan grandes pérdidas por directividad

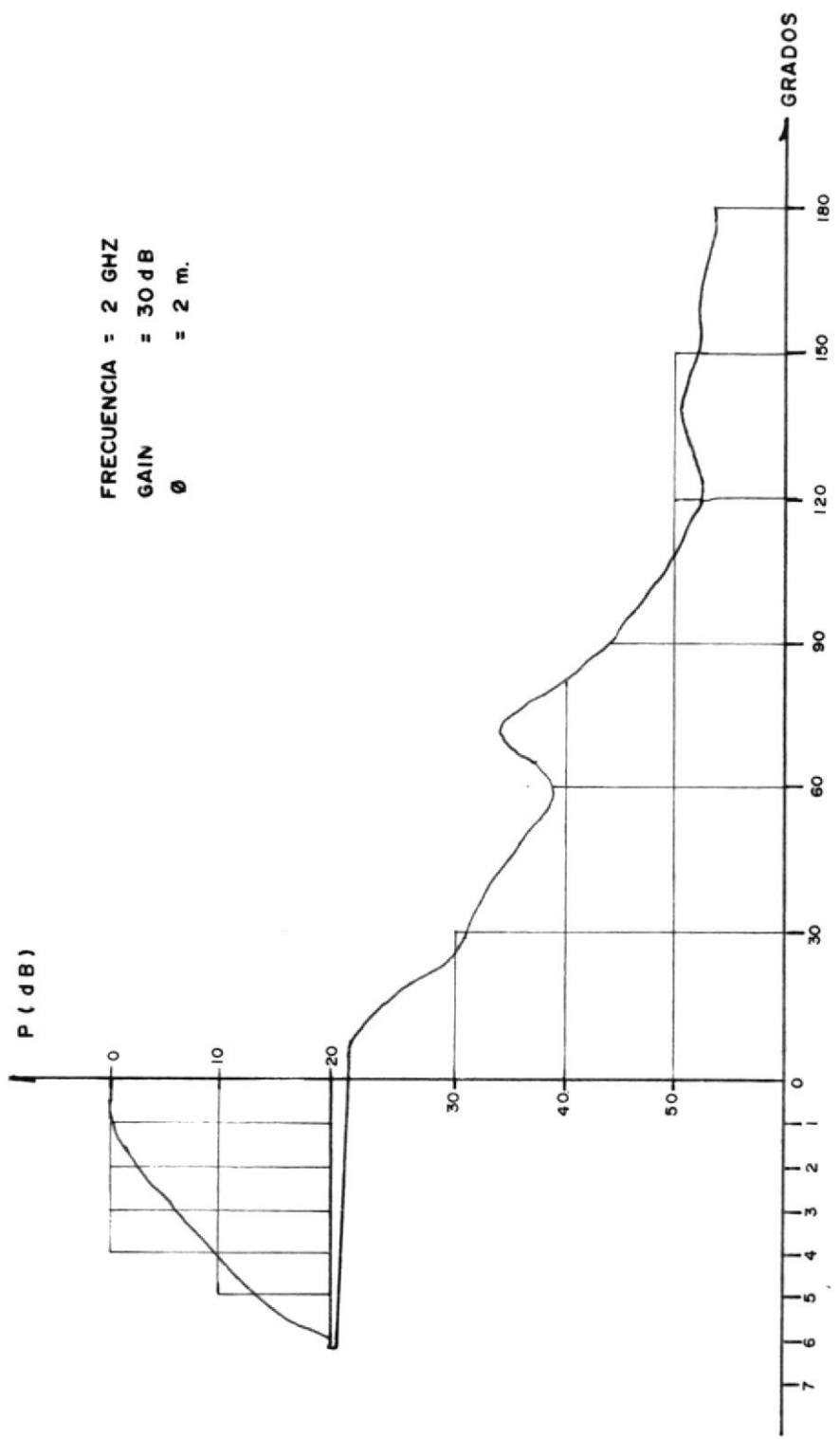


FIG. 4.8 PATRON DE RADIACION DE ANTENA PARABOLICA $\phi=2m$

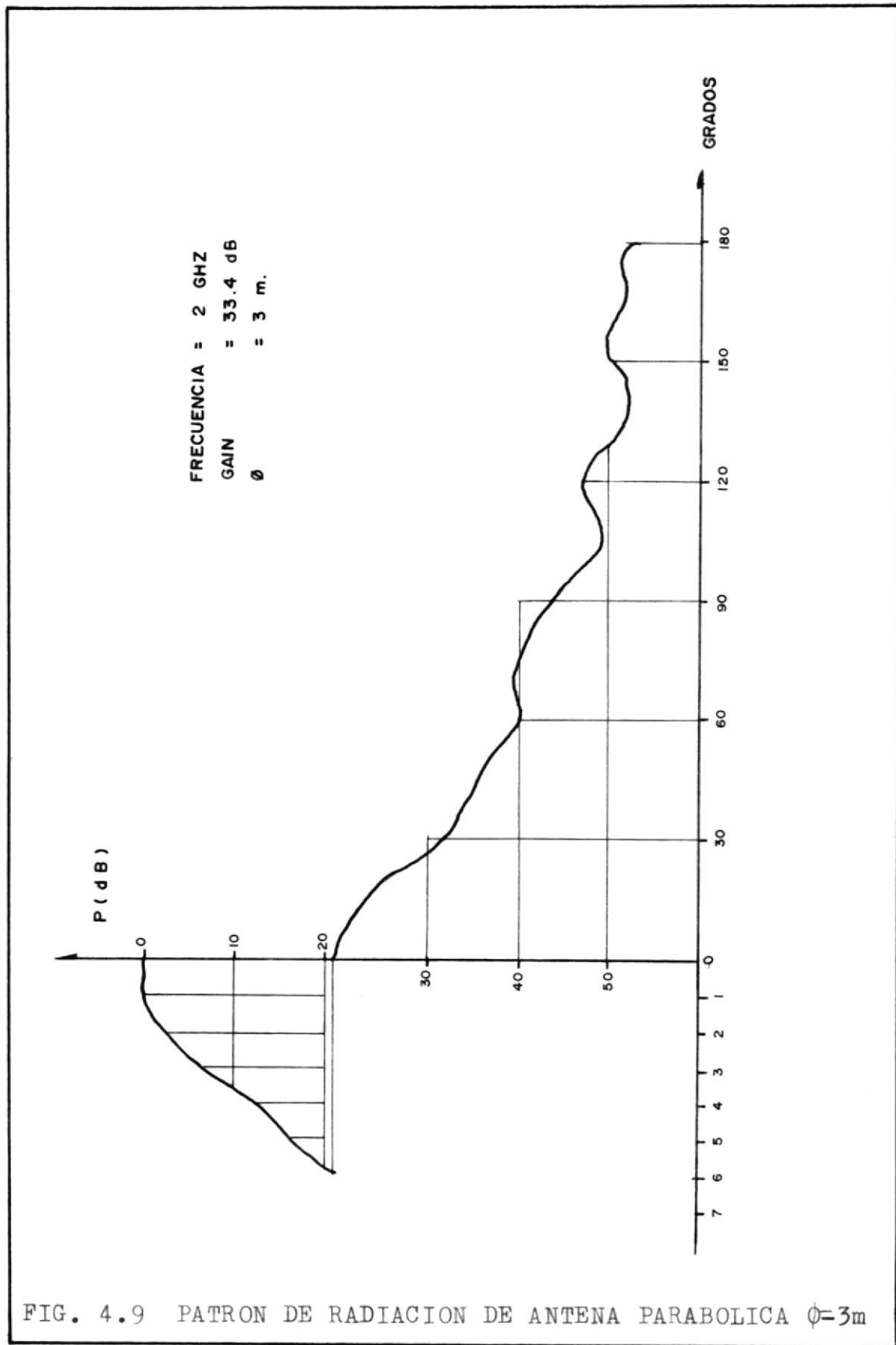


FIG. 4.9 PATRON DE RADIACION DE ANTENA PARABOLICA $\phi=3m$

APENDICE B

TABLA XIX
GANANCIA DE ANTENAS

FRECUENCIA [GHz]	DIAMETRO [m]	G [dB]
2	1	23.82
2	1.5	27.34
2	2	29.84
2	2.5	31.78
2	3	33.36

NOTA: Calculado en base a la Formula # 40

APENDICE C

TABLA XX

TIPOS Y CARACTERISTICAS DE ANTENAS GTE

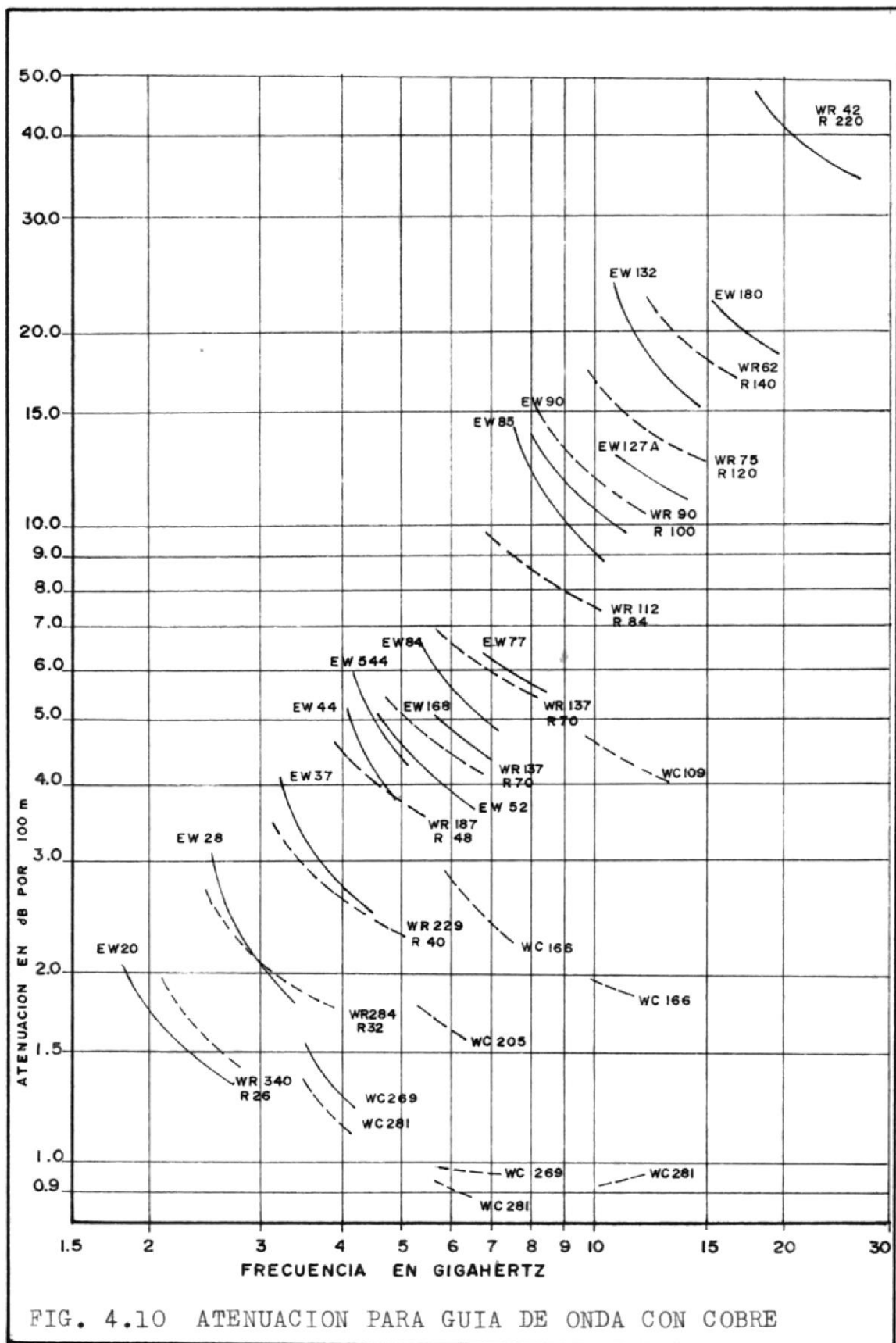
MODELO	FRECUENCIA MHz	TIPO	DIAMETRO (m)	BOTTOM	GAIN dBi MID-BAND	TOP	VSWR	HPBW	XPD dB	FRONT TP BACK RADIO dB
STAR	1700-2100	20-0175	2	28,4	29,2	30,0	1,12	5°50'	27	37
		30-0175	3	32,1	32,9	33,7	1,1	4°10'	27	42
	1900-2300	20-0195	2	29,2	30,0	30,8	1,12	5°40'	27	38
		30-0195	3	32,9	33,7	34,5	1,1	4°	27	42
IPER	1700-2100	20-0175	2	28,4	29,2	30,0	1,1	5°50'	27	43
		30-0175	3	32,1	32,9	33,7	1,1	4°10'	27	55
	1900-2300	20-0195	2	29,2	30,0	30,8	1,1	5°40'	27	43
		30-0195	3	32,9	33,7	34,5	1,1	4°	27	55
H.P.	1700-2100	20-0175	2	28,4	29,3	30,1	1,1	5°30'	30	52
		30-0175	3	32,0	32,8	33,6	1,1	4°10'	30	60
	1900-2300	20-0195	2	29,3	30,1	30,9	1,1	5°20'	30	52
		30-0195	3	32,8	33,6	34,4	1,1	3°50'	30	60
GRID	1700-2100	20-0175	2	28,4	29,2	30,0	1,12	5°45'	40	35
		30-0175	3	32,0	32,9	33,7	1,1	3°50'	40	40
	1900-2300	20-0195	2	29,2	30,0	30,8	1,12	5°	40	36
		30-0195	3	32,9	33,7	34,5	1,1	3°20'	40	40

APENDICE D

TABLA XXI

CARACTERISTICAS DE CABLE COAXIAL LDF5-50A (ANDREWS-CORP)

DESCRIP- CION	Medida nominal	7/8"
	Impedancia (Ohms)	50
	Conductor	Cobre
	Frecuencia máxima (GHz)	4,8
	Velocidad (porcentaje)	89
E	Potencia máxima (KW)	44
L	Atenuación, dB/100 pies (dB/100m)	
E	1 MHz	0.035 (0.115)
C	10 MHz	0.113 (0.371)
A	100 MHz	0.37 (1.21)
R	1000 MHz	1.31 (4.3)
A	2000 MHz	1.97 (6.46)
C	Potencia promedio (KW)	
T	1 MHz	44
E	10 MHz	17.6
R	100 MHz	5.4
I	1000 MHz	1.5
S	2000 MHz	1.0
T		
I	M	
C	E	
A	C	
S	A	Diámetro con revestimiento, pulg (mm) 1.1 (28)
	N	Mínimo radio de curvatura, pulg (mm) 10 (250)
	I	Peso del cable, lb/pie (kg/m) 0.33 (0.49)
	C	
	A	
	S	



APENDICE E

TABLA XXII

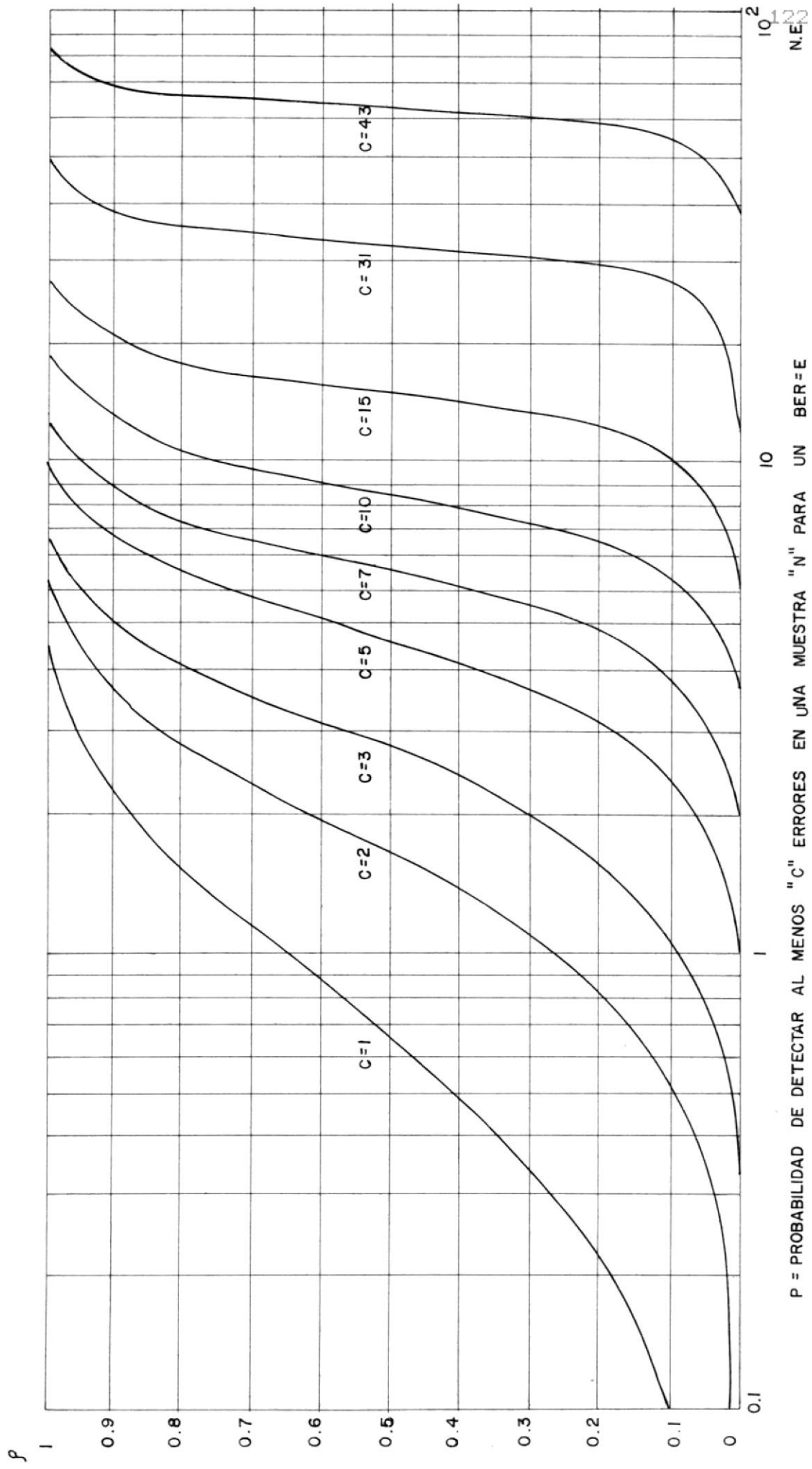
FRECUENCIA DE RADIOCANALES PARA $f_0 = 2$ GHz

CANALES	F_n (MHz)	CANALES	F_n' (MHz)
1	1905.5	1'	2024.5
2	1919.5	2'	2038.5
3	1933.5	3'	2052.5
4	1947.5	4'	2066.5
5	1961.5	5'	2080.5
6	1975.5	6'	2094.5

TABLA XXIII

CARACTERISTICAS DE TRANSMISION

LONGITUD DEL TRAMO (Km).	10/15	15/20	20/30	30/40	50/60	70/80	70/80	70/80
FRECUANCIA GHz	18	15	13	11	2	4	6	7/8
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Mbit/s).	140	2/8/34	8/34	8/34/140	8/34	140	140	8/34
TIPO DE MODULACION	4 PSK	4 PSK	4 PSK	4 PSK 16 QAM (140 Mbit/s)	2/4 PSK	4 PSK 16 QAM (140 Mbit/s)	16 QAM	4 PSK



P = PROBABILIDAD DE DETECTAR AL MENOS "C" ERRORES EN UNA MUESTRA "N" PARA UN BER = E

FIGURA 4.II.- DISTRIBUCION POISSON

BIBLIOGRAFIA

1. SIEMEN, TELCOM REPORT, Telecomunicación por radioenlaces digital (Enero 1988).
2. GTE, TELECOMUNICAZIONI, Antenna catalogue (A6, Milano-Italy) .
3. GTE, PROGRESS IN TELECOMMUNICATION EQUIPMENT, transmission catalogue (Milan-Italy).
4. GTE, TELECOMUNICAZIONI, Performance evaluation in digital MW radio systems (Milan-Italy/Enero 1986).
5. UIT, ECONOMIC AND TECHNICAL aspects of the choice of trasmission systems.
6. ROGER L. FREEMAN, Communication system engineering.
7. GTE, LENKURT, Engineering considerations for microwave communications system. (Milan-Italia /Sept. 1982

8. CCIR, VOLUMEN IX, Recomendaciones e informes de la XIV reunión plenaria (Kyoto 1979).
9. NIPPON ELECTRIC Co. Ltd, diseño de sistemas de comunicación digitales por radio.
10. D. MISIN, Aspectos fundamentales de los sistemas digitales, transmisión por radioenlace y aplicaciones TELETRA (Buenos Aires, Julio de 1980).
11. G. CELLERINO, P. D'AVINO AND L. MORENO, Frequency diversity protection in digital radio with hitless switching. (Agosto de 1985)
12. GTE, TELECOMUNICAZIONI, BER Measurement methods in digital transmission (Milan-Italia/Noviembre 1983).
13. GTE, TELECOMUNICAZIONI, If combining techniques for space diversity analog and digital radio systems (Milan-Italy/Octubre 1981).



A.F. 142697