



ACTIVO F.L.I.O 154982

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

"ESTUDIO DE UN SISTEMA DE RADIOENLACE PARA TELEFONIA
EN LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DE MANABI"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIDAD ELECTRONICA

Presentada por:

JORGE A. ROSERO MORENO

GUAYAQUIL - ECUADOR
1981

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

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

Al INSTITUTO ECUATORIANO DE TELECOMUNICACIONES
por el apoyo prestado para la
culminación de esta tesis

D E D I C A T O R I A

Con todo cariño a MIS PADRES: El
reconocimiento imperecedero por
su abnegación, guía y ejemplo
manifestados durante toda
mi formación

A mi esposa CARLOTA, con
amor por su ayuda y
comprensión

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Inv. No. ELEC-009-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. ELEC-009-1

A mi tía FLORDELINA, con todo cariño
porque ella también hizo posible
la culminación de esta etapa

A mi hermano ROBERTO como muestra
de cariño y superación

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica

BIBLIO

Inv. No.

ELEC-009-1



.....
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 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

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

.....
JORGE A. ROSERO MORENO

RESUMEN

Conscientes de la necesidad imperiosa que tiene toda el área rural del país, de integrarse a la red nacional de telecomunicaciones, realizaremos el estudio teórico y práctico, tendientes a implementar una infraestructura básica y equipamiento con sistemas de transmisión, a una extensa zona rural, la de la provincia de Manabí.

Conceptos sobre tecnología digital y cálculos de diseño para sistemas de transmisión digital, serán contemplados en ésta tesis, a más de resultados de análisis en sistemas analógicos que también serán parte de la red que plantearemos.

Todos los parámetros serán cuidadosamente estudiados de modo que las recomendaciones dadas por el CCITT y el CCIR sean cumplidas fielmente por todos los equipos que proporcione cualquier fabricante. Aunque transcribiremos literalmente párrafos y recomendaciones completas de éstos dos organismos, será necesario hacerlo ya que de su análisis surgirán indicaciones de gran interés.

Contemplaremos también el enlace de las poblaciones con un cierto número de circuitos telefónicos de larga distancia y daremos sugerencias para que el sistema de radioenlace sea el más idóneo, tanto económico como técnicamente.

Nos resulta imposible incluir en el presente trabajo todo lo referente a la problemática que plantea un estudio de radioenlace.

Pretenderemos dar la normativa referente a los problemas más importantes, incluyendo toda la información que la experiencia de lo ya realizado, ha ido acumulando.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
D I E - I O - E C A
No. *ELEC-009-1*

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	III
INDICE DE FIGURAS	IV
1. INTRODUCCION	1
2. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA TRANSMISION POR PCM Y CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PCM CON RELACION A LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA FDM	6
3. CONFIGURACION ACTUAL DE LA RED DE MANABI. GRAFICOS ...	31
4. CONSIDERACIONES DE TRAFICO	39
4.1 Estudio del tráfico rural (provincia de Loja) para la asignación del número de canales requeridos por la provincia de Manabí	39
4.2 Datos de la provincia de Manabí	51
4.3 Proyecciones	54
5. CONFIGURACION DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE RURAL DE LA PROVINCIA DE MANABI	57
5.1 Generalidades. Gráfico	57
5.2 Objetivos y requerimientos técnicos generales	61
5.3 Clasificación jerarquica del sistema	68
6. DESCRIPCION DE LA RED PRIMARIA DEL SISTEMA	70
6.1 Generalidades	70

	Pág.
6.2 Ubicación geográfica de las nuevas estaciones repetidoras	79
6.3 Perfiles de los trayectos para $K = 4/3$	90
6.4 Pérdidas totales de transmisión	98
6.5 Cálculo de altura de antenas. Punto de reflexión	113
6.6 Consideraciones de ruido en los nuevos trayectos	124
6.7 Comportamiento final de la red primaria	164
7. DESCRIPCION DE LA RED SECUNDARIA DEL SISTEMA	167
7.1 Generalidades	167
7.2 Zonificación	168
7.3 Banda de frecuencia utilizable. Gráfico	171
8. ZONA NORTE	177
8.1. Ubicación geográfica de las poblaciones rurales. Detalles	177
8.2 Perfiles de los trayectos para $K = 4/3$	179
8.3 Pérdidas totales de transmisión	184
8.4 Cálculo de altura de antenas. Punto de reflexión	190
8.5 Consideraciones de ruido de cada trayecto	196
8.6 Planeamiento de frecuencias	201
8.7 Diagramas de interconexión con la red primaria	204
9. ZONA CENTRAL	206
9.1 Ubicación geográfica de las poblaciones rurales. Detalles	206
9.2 Perfiles de los trayectos para $K = 4/3$	212
9.3 Pérdidas totales de transmisión	219
9.4 Cálculo de altura de antenas. Punto de reflexión	222

	Pág.
9.5 Consideraciones de ruido de cada trayecto	232
9.6 Planeamiento de frecuencias	235
9.7 Diagramas de interconexión con la red primaria	238
10. ZONA SUR	240
10.1 Ubicación geográfica de las poblaciones rurales. Detalles	240
10.2 Perfiles de los trayectos para $K = 4/3$	247
10.3 Pérdidas totales de transmisión	253
10.4 Cálculo de altura de antenas. Punto de reflexión	255
10.5 Consideraciones de ruido de cada trayecto	262
10.6 Planeamiento de frecuencias	264
10.7 Diagramas de interconexión con la red primaria	267
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	269
APENDICES	273
BIBLIOGRAFIA	286

I N D I C E D E F I G U R A S

	Pág.
2.1 OBTENCION DE UNA SEÑAL PCM	7
2.2 SISTEMA PCM DE PRIMER ORDEN	9
2.3 ESTRUCTURA DE LA TRAMA DEL MULTIPLEX PRIMARIO DE 30 CANALES	10
2.4 LEY A.- LA LEY μ ES SIMILAR PERO TIENE 15 SEGMENTOS	13
2.5 ESTRUCTURA DEL ESQUEMA DE SEÑALIZACION ASOCIADA POR CANALES PCM DE 30 CANALES	15
2.6 ESTRUCTURA DE TRAMA DEL SISTEMA DE 24 CANALES	17
2.7 MULTIPLEXADO DIGITAL DE SEGUNDO ORDEN DE SEÑALES PCM PRIMARIAS	22
2.8 ENTRELAZADO DE BITS	23
2.9 POSIBLE JERARQUIA DE TRANSMISION DIGITAL BASADA EN EL SISTEMA PCM DE 30 CANALES	25
3.1 SISTEMA DE MICROONDAS DE 960 CANALES PARA LA RUTA OESTE	32
3.2 SISTEMA UHF DE 60 CANALES	34
3.3 ESTRUCTURACION ACTUAL DEL SISTEMA DE MICROONDAS PARA LA RUTA OESTE	36
3.4 INTERCONEXION DE LA ACTUAL RED DE MANABI	38
5.1 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE RADIOENLACE PARA LA PROVINCIA DE MANABI	60
5.2 CIRCUITO DIGITAL HIPOTETICO DE REFERENCIA PARA SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELECTRICOS PARA TELEFONIA	63

5.3	CONFIGURACION GENERAL DE CANALES	64
6.1	ESTRUCTURA DE LA RED PRIMARIA DEL SISTEMA	71
6.2	DISPOSICIÓN DE RADIOCANALES EN BANDA DE 7 GHz	77
6.3	ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA RED PRIMARIA ...	78
6.4	AZIMUTS Y DISTANCIAS DE LOS TRAYECTOS DE LA RED PRIMARIA	85
	DETALLE DE ESTACION REPETIDORA LOMA DE VIENTO	87
	DETALLE DE ESTACION REPETIDORA CERRO DE HOJAS	88
	DETALLE DE ESTACION REPETIDORA COROZO	89
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO JAMA - LOMA DE VIENTO	94
	PERFIL DEL TRAYECTO LOMA DE VIENTO - CERRO DE HOJAS ...	95
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - MANTA	96
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - CERRO COROZO	97
6.5	ATENUACION VS. FRECUENCIA PARA GUIA ONDA TIPO FR-7L ...	104
6.6	MARGEN SOBRE EL OBSTACULO	114
6.7	PUNTO DE REFLEXION	114
6.8	RELACION SEÑAL/RUIDO EN EL UMBRAL	151
6.9	SISTEMA EN DIVERSIDAD DE ESPACIO	163
7.1	DISPOSICION DE RADIOCANALES EN BANDA 400 MHz	176
7.2	DISPOSICION DE RADIOCANALES EN BANDA 2 GHz	176
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO JAMA - PEDERNALES	180
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO JAMA - COJIMIES	181
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO JAMA - JAMA	182
	PERFIL DEL TRAYECTO CERRO JAMA - SAN ISIDRO	183

	Pág.
8.1 ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA ZONA NORTE EN LA BANDA DE 400 MHz	203
8.2 INTERCONEXION DE LA ZONA NORTE CON LA RED PRIMARIA ...	205
DETALLE DE POBLACION TOSAGUA	209
DETALLE DE POBLACION CHARAPOTO	210
DETALLE DE POBLACION ROCAFUERTE	211
PERFIL DEL TRAYECTO LOMA DE VIENTO - BAHIA	213
PERFIL DEL TRAYECTO LOMA DE VIENTO - CHONE	214
PERFIL DEL TRAYECTO LOMA DE VIENTO - TOSAGUA	215
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - CHARAPOTO	216
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - ROCAFUERTE	217
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - CALCETA	218
9.1 ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA ZONA CENTRAL EN LA BANDA DE 2 GHz	237
9.2 INTERCONEXION DE LA ZONA CENTRAL CON LA RED PRIMARIA ..	239
DETALLE DE LA POBLACION SANTA ANA	243
DETALLE DE LA POBLACION SUCRE	244
DETALLE DE LA POBLACION PAJAN	245
DETALLE DE CERRO PUERTO CAYO	246
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - SANTA ANA	248
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - SUCRE	249
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO DE HOJAS - JIPIJAPA	250
PERFIL DEL TRAYECTO CERRO PTO.CAYO - CERRO COROZO	251

PERFIL DEL TRAYECTO CERRO COROZO - PAJAN	252
10.1 ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA ZONA SUR EN LA BANDA DE 7 GHz	265
10.2 ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA ZONA SUR EN LA BANDA DE 2 GHz.	266
10.3 INTERCONEXION DE LA ZONA SUR CON LA RED PRIMARIA	268

1.- INTRODUCCION

El progreso de un pueblo se refleja en la medida en que sus habitantes pueden disponer de los servicios de primera necesidad y que sean de óptima calidad a un costo relativamente bajo. En tal virtud, siendo las telecomunicaciones uno de los servicios indispensables a la comunidad, el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones que es el organismo encargado de controlar el buen desenvolvimiento de las comunicaciones en el País, ha propuesto en su plan quinquenal de desarrollo la incorporación del área rural a la red nacional de telefonía.

Esta extensa zona cuya característica principal es la carencia de servicios fundamentales, a pesar de constituir una fuente de producción agrícola y ganadera importantes del Estado, no podía seguir siendo relegada a un segundo plano y es por ésto que debe ser considerada dentro del amplio programa del IETEL que traerá como consecuencias un alza en la productividad y un mejoramiento de las condiciones de vida de ésta población.

El objetivo principal de ésta Tesis es estudiar una nueva ruta que incorpore a la Provincia de Manabí, junto con su zona rural, al actual sistema troncal a través de Guayaquil por ser ésta ciudad al igual que Quito, la columna vertebral de las comunicaciones en el Ecuador; también incluiremos conceptos teóricos y cálculos numéricos que serán la base para el análisis de fenómenos que ocurren en la transmisión de ondas radioeléctricas en el rango de frecuencia de las Microondas y así mismo pueda disponerse de datos tanto técnicos como económicos para optar por una red analógica o

por una red digital siendo ésta última de nueva tecnología y por la que el Instituto está empeñada en hacerla una realidad.

Por ser la provincia de Manabí una de las más pobladas y extensas del país (según datos censales de 1974 tiene una población de 808.615 habitantes y un área de 17.710 Km²), se presta para un estudio tendiente al mejoramiento de la calidad de la transmisión por medio de la implantación de un nuevo sistema que además servirá como ruta alternativa de la actual, cuando las necesidades por saturación de la capacidad telefónica así lo requieran.

La evolución de las telecomunicaciones en el último cuarto de siglo estará orientada por el doble efecto de la transmisión numérica y la conmutación electrónica habiendo adquirido la primera un marcado desarrollo desde hace una decena de años, mientras que la segunda se está convirtiendo en una realidad técnica y comercial en la mayor parte de los países industrializados; ahora, la velocidad a la que van a progresar no se puede precisar porque su desarrollo varía según los países y más que todo porque un amplio terreno está ocupado por los sistemas analógicos en transmisión y por la electromecánica en conmutación.

Esta técnica reciente, ha llegado al mercado en un momento en que otros sistemas clásicos han realizado mejoras técnicas de gran amplitud, pero a pesar de ello ha sabido abrirse paso y en la actualidad ya comienza a invadir dominios que hasta ahora eran considerados como plazas fuertes de otros sistemas de modulación lo que prueba su gran acogida y su adaptabilidad.

Un sistema PCM (modulación con pulsos codificados) describe varias funciones esencialmente separadas:

- a) El muestreo de una señal analógica
- b) La cuantificación de las amplitudes de la muestra
- c) La codificación para generar una señal que sea representativa de las muestras analógicas cuantificadas.

En éste sistema se utiliza el multiplexado por división en el tiempo de las muestras correspondientes a un cierto número de canales para obtener una configuración multicanal.

El equipo receptor efectúa las funciones inversas de demultiplexado de la señal digital en señales correspondientes a cada muestra, decodifica éstas señales, genera un equivalente analógico de la muestra cuantificada y restituye finalmente una representación apropiada de la señal analógica original para cada uno de los canales de conversación.

Estas funciones fundamentales son complementadas por otras que son necesarias así como alineación entre los equipos de emisión y recepción, la introducción de transmisión de datos y telegrafía, así como las facilidades de señalización. Para completar, es necesario dotarle al sistema de las posibilidades de supervisión y alarma suficientes para asegurar un mantenimiento eficaz.

Hasta un pasado reciente no era aconsejable la introducción de sistema PCM en los de larga distancia debido a que con las redes que actualmente

están en servicio su costo resultaba sensiblemente más elevado, debido principalmente a los costos de la línea. Pero, teniendo en cuenta el menor costo de los equipos terminales comienzan a manifestarse los argumentos en los que aparece que la transmisión numérica de gran capacidad es más económica.

Sin embargo, la comparación económica de los sistemas analógicos y numéricos no expresa toda la realidad; otras consideraciones van a influir en la implantación de ésta red porque existen bases que se oponen a su desarrollo, así como también otras que obran a su favor. Son dos básicamente los planteamientos de oposición, el uno es el peso representado por la infraestructura clásica existente que deberá ser rentabilizada al máximo y el otro es el problema de la compatibilidad entre la red digital y la red analógica actual que sin duda alguna nos traerá una dificultad debida a la coexistencia por algún tiempo de dos redes de transmisión diferentes entre las que la interconexión no ha de ser siempre cómoda.

Las que están a su favor son: La considerable elasticidad de utilización de una red, cuyos medios de transmisión sean utilizables para todos los tipos de señales a transmitir con solo disponer de un convertidor analógico/digital que permita poner en forma numérica todas las señales que sean útiles encaminar, tales como sonido de alta calidad, el facsimil, el videofono, la televisión, grupos de señales moduladas con división de frecuencia, etc.; y la otra ventaja es la perspectiva de integración de la red como consecuencia del desarrollo de la conmutación electrónica temporal por la que las señales serían no solamente transmitidas sino también conmutadas

en forma numérica gracias a los conmutadores temporales constituyendo un progreso tanto del punto de vista de la calidad como del punto de vista económico.

Claro está entonces, que la introducción de éstas nuevas técnicas digitales, la transición progresiva hacia las redes integradas podrían crear numerosos problemas al IETEL, que debe tener en cuenta igualmente de la necesidad de asegurar unos servicios cuya utilidad se manifiesta progresivamente. Es por todo lo mencionado anteriormente que haremos éste estudio acorde con las necesidades y recursos del Instituto para dotar a ésta extensa área, y porque no más tarde a todo el país, que bien lo necesita, de una infraestructura de telecomunicaciones que sea capaz de cubrir las necesidades de hoy y poder enfrentar en un futuro no lejano las crecientes demandas de una sociedad en continua evolución.

2.- CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA TRANSMISION POR
PCM Y CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PCM CON RELACION
A LA CARACTERISTICA DEL SISTEMA FDM

En el capítulo de introducción hicimos alguna referencia sobre los sistemas PCM, pero es también necesario, por ser una técnica reciente, analizar su naturaleza, su utilidad y las razones que determinan su empleo.

De acuerdo con la teoría de la información, la transmisión de información de una señal no necesita la transmisión de la señal entera. Es suficiente transmitir muestras tomadas a, por lo menos, el doble de la frecuencia más alta de la señal y esto se denomina el "teorema del muestreo".

Las muestras tomadas de la señal de voz tienen una gama continua de amplitudes, ésta gama se divide en una cantidad limitada de intervalos. A todas las muestras cuyas amplitudes caen dentro de un cierto intervalo se les asigna el mismo valor y esto es la cuantificación. Finalmente las muestras cuantificadas se codifican en un código apropiado (binario normalmente) y entonces la señal puede transmitirse como un tren de impulsos binarios. Estos trenes poseen dos estados significativos: La presencia o la ausencia de ellos es decir que se transmitiría un "uno" o un "cero" respectivamente. En la Figura 2-1 indicamos los pasos enunciados.

Con la finalidad de aumentar la capacidad de los sistemas PCM, se usa el múltiplex por división de tiempo TDM. Como el código generado por cada muestra puede transmitirse muy rápidamente, las muestras provenientes de

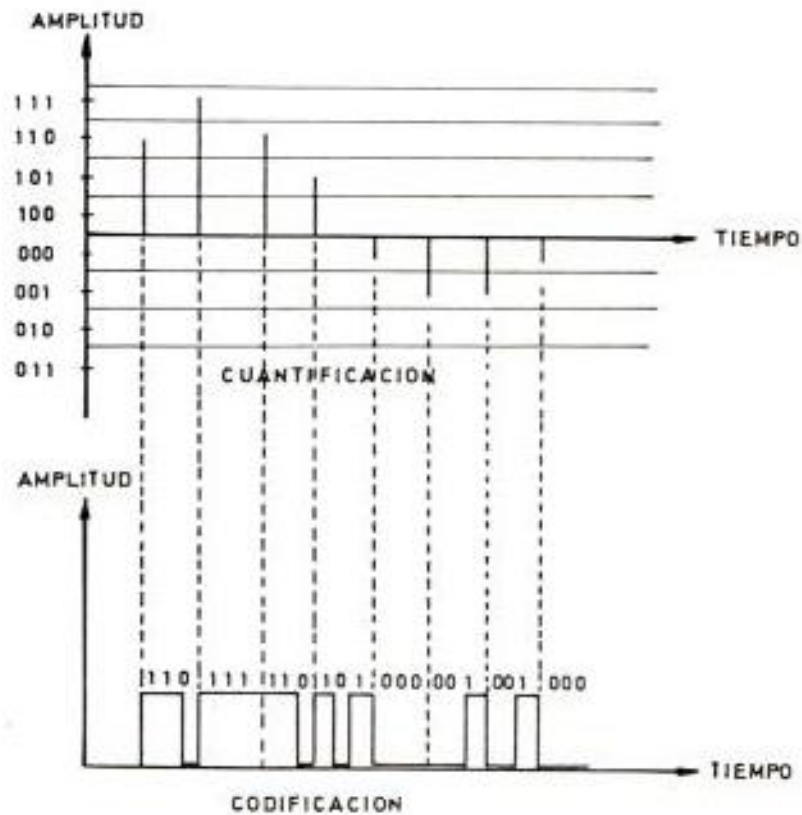
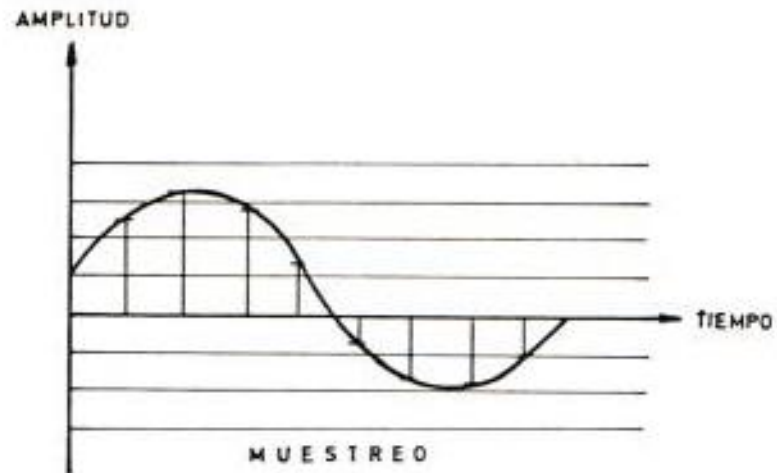


FIG. 2-1.- OBTENCION DE UNA SEÑAL PCM.

diferentes fuentes pueden compartir un itinerario de transmisión común, usando diferentes puntos en el tiempo. A cada muestra se le asigna un intervalo de tiempo separado. De éste modo se forma un sistema básico de transmisión con PCM de primer orden.

El CCITT ha recomendado dos diferentes sistemas de transmisión con PCM de primer orden, uno sugerido por la CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications), y por la AT&T (American Telephone and Telegraph Company) de los Estados Unidos. El sistema de la CEPT contiene 32 intervalos de tiempo, de los cuales 30 intervalos de tiempo son para los canales, un intervalo de tiempo para señalización y un intervalo de tiempo para la sincronización del enlace. El sistema Americano contiene 24 intervalos de tiempo (ver Figura 2-2).

En analogía con los sistemas múltiplex por división de frecuencia FDM, formamos una jerarquía múltiplex cuando juntamos una cantidad de múltiplex PCM de primer orden, formándose un múltiplex de segundo orden y así sucesivamente; los sistemas de primer orden formarán la base de futuras jerarquías de sistemas de transmisión digital y es por ello que analizaremos su estructuración.

Sistema de 30 Canales.-

Treinta canales de conversación analógica junto con la señalización y la sincronización son convertidos en una señal digital por medio de sistema de 30 canales. Su estructura la vemos en la Figura 2-3.

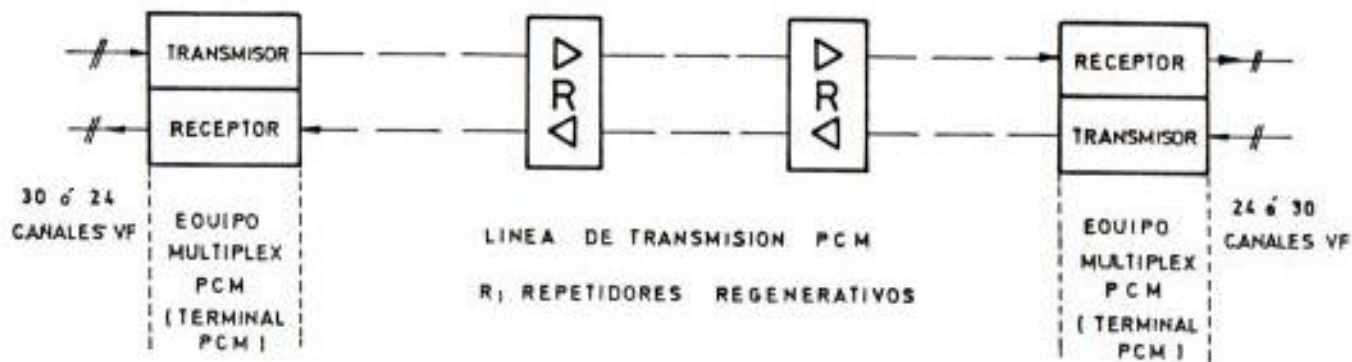
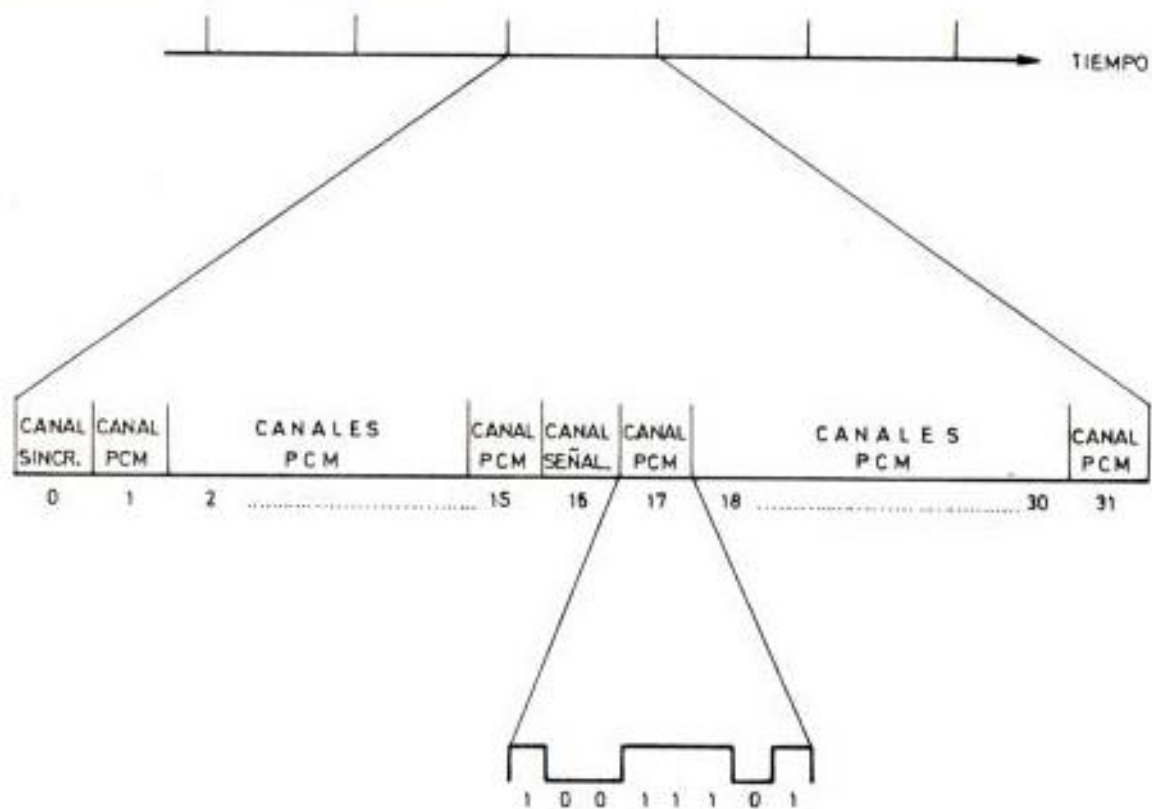


FIG. 2-2.- SISTEMAS PCM DE PRIMER ORDEN.



CANAL SINCR. : CANAL DE SINCRONIZACION
 CANAL SEÑAL. : CANAL DE SEÑALIZACION

FIG. 2-3. ESTRUCTURA DE LA TRAMA DEL MULTIPLEX PRIMARIO DE 30 CANALES

Una trama es el tiempo entre dos muestras del mismo canal de habla; luego del período de una trama, obtenemos una nueva información del mismo canal. También definimos a la trama como una unidad de tiempo durante el cual to dos los canales son transmitidos una vez. Cada canal es transmitido 8000 veces por segundo.

La señal digital se divide en tramas, estando cada trama constituida por 32 intervalos de tiempo o canales, y con una velocidad de 8000 tramas/seg. Por supuesto que esto es así porque la frecuencia de muestreo es de 8000 Hz. y por el hecho de que la trama contiene una muestra codificada binaria proveniente de cada una de las señales analógicas.

Cada intervalo de tiempo está constituido por 8 bits o elementos de infor mación, por lo que una trama estará compuesta por $32 \times 8 = 256$ bits.

Puesto que un intervalo de tiempo es muestreado al ritmo de 8000 veces por segundo, la trama se repite cada $\frac{1}{8000} = 125 \mu \text{ seg.}$

La duración del intervalo de tiempo es de $\frac{125}{32} = 3.9 \mu \text{ seg.}$ y por consiguiente la duración de cada bit es de $\frac{3.9}{8} = 0.488 \mu \text{ seg.}$

Por lo tanto el ritmo digital generado por el sistema es: $8000 \times 32 \times 8 = 2048 \text{ kbits/seg.}$

Los canales PCM transportan señales analógicas dentro de la banda de frecuencias de 300 a 3400 Hz codificadas de acuerdo con una ley de codificación (con la ley A); conviene aquí aclarar que para PCM en telefonía, el

CCITT ha recomendado dos leyes que son conocidas comúnmente como la ley A y la ley μ que son similares, pero la ley A tiene 13 segmentos y la ley μ tiene 15 segmentos (ver Figura 2-4).

El intervalo de tiempo de sincronización, que es el intervalo de tiempo 0 en cada trama, contiene 8 bits, y el propósito es formar una señal de reconocimiento para el receptor a fin de mantener a éste sincronizado con el transmisor, de modo que cada canal PCM pueda ser correctamente identificado.

El intervalo de tiempo de señalización, que es el intervalo 16 puede usarse de muchas maneras debido a su gran capacidad de señalización de 64 kbits/seg, éste ritmo de la información binaria de cada canal de señalización se lo obtiene de la siguiente manera:

1 intervalo de tiempo	= 8 bits
Repetición de cada intervalo de tiempo	= 8000 veces/seg.
Ritmo de la información binaria por canal	= 8 x 8000 = 64 kbits/seg.
Ritmo de la información binaria por bit	= $\frac{64\text{kbits/seg}}{8} = 8 \text{ kbits/seg}$

Esta aquí el CCITT ha recomendado el uso del intervalo de tiempo de señalización tanto para la señalización por canal común como para la señalización asociada por canales. Las disposiciones para la señalización por canal común todavía no están especificadas, pero el uso de cierta clase de éste tipo de señalización es siempre necesario para la señalización que no es asociada por canal, como bloqueo y alarma. Por ejemplo, un

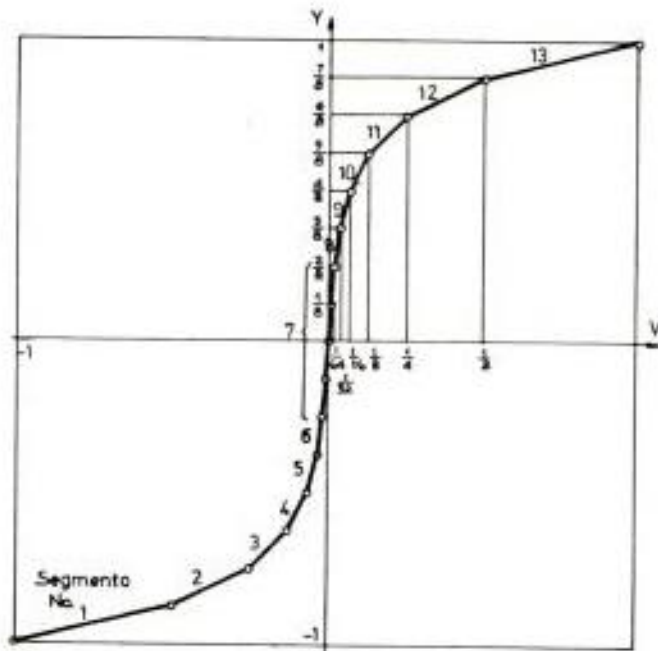


FIG. 2-4.- LEY A.- LA LEY μ ES SIMILAR PERO TIENE 15 SEGMENTOS.-

sistema de señalización por canal común puede estar basado en una unidad de señal formada desde el intervalo de tiempo 16 en diez tramas consecutivas; los 80 bits resultantes se subdividen en una parte de transferencia de mensaje y en otra parte de información de señalización(1).

TM (8 bits)	IS (40 bits)	TM (32 bits)
----------------	-----------------	-----------------

TM: Parte de transferencia de mensaje

IS: Parte de usuario, información de señalización

La parte de transferencia de mensaje contiene un número de secuencias y bits de control para detectar errores, con el fin de asegurar que la información de la señalización sea correctamente recibida y en el debido orden. Si se detecta algún error, se solicita retransmisión.

La parte de usuario es la que lleva la información de la señalización.

De éste modelo de 80 bits, 40 bits se toman de información y los 40 bits restantes se usan sólo como protección contra transmisión errónea.

Podemos mejorar la eficacia emitiendo mensajes mucho más largos, a costa de procedimientos más complicados para detectar errores.

La señalización asociada por canales es la que más se usa cuando se tratan de sistemas primarios PCM. El esquema para ésta señalización (Figura 2-5) usa los intervalos de tiempo 16 en secuencias de 16 tramas, llamadas multi

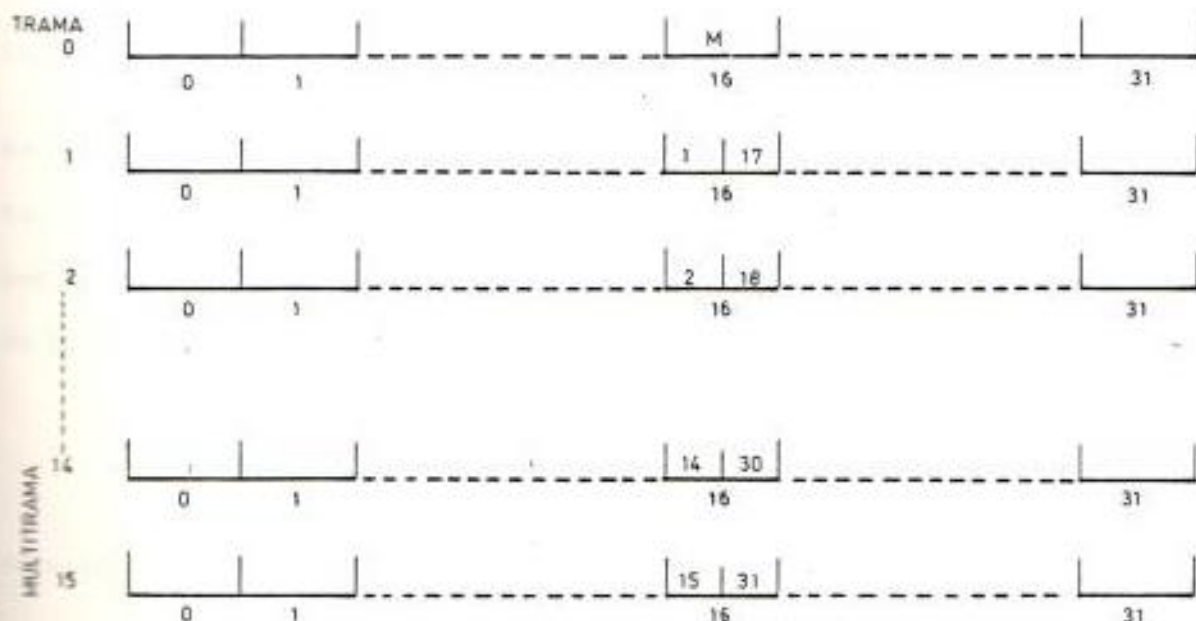
tramas. Una multitrama es el tiempo entre dos muestras del mismo canal de señalización; luego del período de una multitrama, se obtiene una nueva in formación del mismo canal de señalización.

1 multitrama = 16 tramas

Repetición de cada multitrama = $16 \times 125 \mu \text{ seg} = 2 \text{ m seg.}$

La señalización es muestreada

con la frecuencia de $= \frac{1}{2 \text{ mseg}} = 500 \text{ Hz.}$



M: Palabra de multitramado

Figura: 2-5 Estructura del esquema de señalización asociada por canales para PCM de 30 canales.

En la primera trama de la secuencia, la trama 0, el intervalo de tiempo 16 transporta una palabra de multitramado, o sea, una señal de reconocimiento que le dice al receptor que ha iniciado una nueva multitrama. Los ocho bits del intervalo de tiempo 16 en la siguiente trama, la trama 1, están divididos de modo que los primeros cuatro bits llevan información de señalización asociada con el canal PCM 1 y los últimos cuatro bits llevan información de señalización con el canal PCM 17. En la trama 2, el intervalo de tiempo 16 lleva información de señalización para los canales 2 y 18 y así en adelante hasta la trama 15 que es la última trama de la multitrama y que lleva información de señalización para los canales 15 y 31. Luego, la siguiente trama es la trama 0 en la siguiente multitrama.

Así, cuatro bits de señalización están asociados con cada canal PCM. Por tanto, el ritmo de la información binaria de los 4 bits será: $4 \times 8 \text{ kbits/seg} = 32 \text{ kbits/seg}$. Puesto que cada canal de señalización de 4 bits aparece una vez cada 16 tramas, el ritmo de la información binaria es:

$$\frac{32 \text{ kbits/seg}}{16} = 2 \text{ kbits/seg}$$

Normalmente, para señales convencionales, se usan 1 ó 2 canales.

Sistema de 24 Canales.-

El múltiplex PCM de 24 canales tiene una estructura algo diferente del de 30 canales como podemos ver en la Figura 2-6.



s: bit de sincronización

FIGURA 2-6 ESTRUCTURA DE TRAMA DEL SISTEMA DE 24 CANALES

No se asigna ningún intervalo de tiempo en la señalización. Un esquema de señalización asociada por canales se obtiene tomando el bit menos significativo en cada canal PCM cada seis tramas. Para sincronización, se introduce un bit extra en la trama, pudiéndose usar también éste bit para la señalización por canal común.

Cada intervalo de tiempo está constituido por 8 bits, por lo que una trama estará compuesta por:

$$(24 \times 8) + 1 = 193 \text{ bits}$$

Ya que un intervalo de tiempo es muestreado al ritmo de 8000 veces por segundo, la trama se repite cada $\frac{1}{8000} = 125 \mu \text{ seg.}$

La duración del intervalo de tiempo es de $\frac{125}{24} = 5.21 \mu \text{ seg}$ y por consiguiente la duración de cada bit es de $\frac{5.21}{8} = 0.65 \mu \text{ seg.}$

Por lo tanto el ritmo digital generado por el sistema es: $8000 [(24 \times 8) + 1] = 1544 \text{ Kbits/seg.}$

Una vez que hemos analizado la estructura básica de los sistemas de primer orden de 30 y 24 canales, es obvio que éstos múltiplex primarios no son compatibles; son algunas las diferencias, así por ejemplo tienen una cantidad diferente de intervalos de tiempo y diferentes posibilidades de señalización, ni siquiera los intervalos de tiempo son compatibles porque los sistemas usan diferentes leyes de codificación. Sin embargo, están avanzando los trabajos en el CCITT encaminados a encontrar un método digital para la conversión entre las palabras PCM que usen diferentes leyes de codificación con el fin de evitar las conversiones a señal analógica cuando se desee conectar entre sí diferentes sistemas PCM.

Podemos mencionar que el sistema de 30 canales ofrece ciertas ventajas respecto al sistema de 24 canales tales como: posee seis canales más de conversación; utiliza señalización y sincronismo agrupados a diferencia del de 24 canales que la usa distribuída; tiempo menor para la recuperación del sincronismo: 1.5μ seg, en lugar de 5μ seg.; 15 posibilidades de señalización en lugar de 4.

El sistema de 24 canales es utilizado casi exclusivamente en E.E.U.U. y Extremo Oriente, mientras que el de 30 canales ha sido adoptado en toda Europa y los países de Centro y Sur América entre otros. Además, éste sistema satisface todas las normas establecidas por el CCITT en la materia. Por otra parte, en los sistemas de 24 canales existen, por lo menos, tres métodos diferentes para la señalización y sincronismo, lo que ocasiona reales problemas de incompatibilidad.

SISTEMA CARACTERÍSTICA	30 CANALES	24 CANALES
BANDA DE AUDIOFRECUENCIA	300 - 3400 Hz	300 - 3400 Hz
VELOCIDAD DE MUESTREO	8000 Hz	8000 Hz
BITS/MUESTRA	8	8*
INTERVALOS DE TIEMPO/TRAMA	32	24
CANALES PCM/TRAMA	30	24
VELOCIDAD DE LOS BITS DE SALIDA	2048 Kbits/seg.	1544 Kbits/seg
LEY DE CODIFICACION	LEY A, A = 87.6	LEY μ , $\mu = 255$
CAPACIDAD DE SEÑALIZACION: ASOCIADA POR CANALES	1-4 CANALES DE SEÑALIZACION/ CANAL PCM	1-2 CANALES DE SEÑALIZACION/ CANAL PCM
CAPACIDAD DE SEÑALIZACION: POR CANAL COMUN	64 Kbits/seg.	4 Kbits/seg.

*) Solo 7 bits cada 6 tramas si se usa señalización asociada por canales.

TABLA II - A: DATOS TECNICOS PARA LOS MULTIPLEX PRIMARIOS

La Tabla II-A muestra un resumen de datos técnicos importantes para los múltiplex primarios.

Sistemas PCM de segundo orden:

Para aplicaciones de corta distancia, son usados los sistemas PCM primarios. Para de media y de larga distancia, donde se exige una capacidad de canales alta, es más práctico y económico agrupar una mayor cantidad de canales PCM en una red de transmisión común, formando así sistemas de orden más elevado, que usan varios sistemas PCM primarios.

En general, los múltiplex pueden ser de dos tipos: Múltiplex PCM y múltiplex digitales.

Los múltiplex PCM derivan una única señal digital a partir de una cantidad de señales analógicas mediante una combinación de modulación por impulsos codificados y multiplexado por división de tiempo y también efectúan la función inversa. Por ejemplo los múltiplex de primer orden descritos anteriormente son de éste tipo.

Los múltiplex digitales derivan una única señal digital combinando una cantidad de señales digitales mediante el multiplexado por división de tiempo y también efectúan la función inversa.

Dos sistemas de segundo orden han sido recomendados por el CCITT. Estos tienen múltiplex digitales y están basados sobre cada uno de los dos múltiplex primarios. Ambos combinan cuatro señales PCM primarias en una se-

ñal digital como mostramos en la Figura 2-7.

Las señales se multiplexan mediante el entrelazado de bits, o sea que las señales se combinan bit por bit, ver la Figura 2-8. Esto es más práctico que el entrelazado de intervalos de tiempo, en el que las señales se combinan intervalo de tiempo por intervalo de tiempo, porque en el último caso es necesario reunir los bits de los intervalos de tiempo en etapas intermedias antes de poder efectuar el entrelazado.

Los múltiplex digitales deben aceptar que las señales primarias, por razones prácticas, tengan velocidades de bits levemente diferentes de la velocidad de bits ideal. En los sistemas recomendados por el CCITT, esto se efectúa haciendo que las velocidades de bits de segundo orden sean algo más alta que cuatro veces las velocidades ideales de los bits primarios, asegurando con ello que incluso los múltiplex primarios rápidos puedan tratarse de una manera adecuada.

En los Estados Unidos ya está en uso un múltiplex PCM de segundo orden que combina 96 canales analógicos en una señal digital de 6312 Kbits/seg, es decir, usa la misma línea de transmisión que el múltiplex digital como consta en la Figura 2-7.

En Europa se ha discutido sobre un múltiplex PCM de segundo orden basado en los parámetros del sistema de 30 canales y la línea de transmisión de 3448 Kbits/seg. (2); se propone que éste sistema tenga entrelazado de intervalos de tiempo con 132 intervalos de tiempo; de éstos, 128 pueden usarse para canales de conversación, 2 para sincronización y dos para

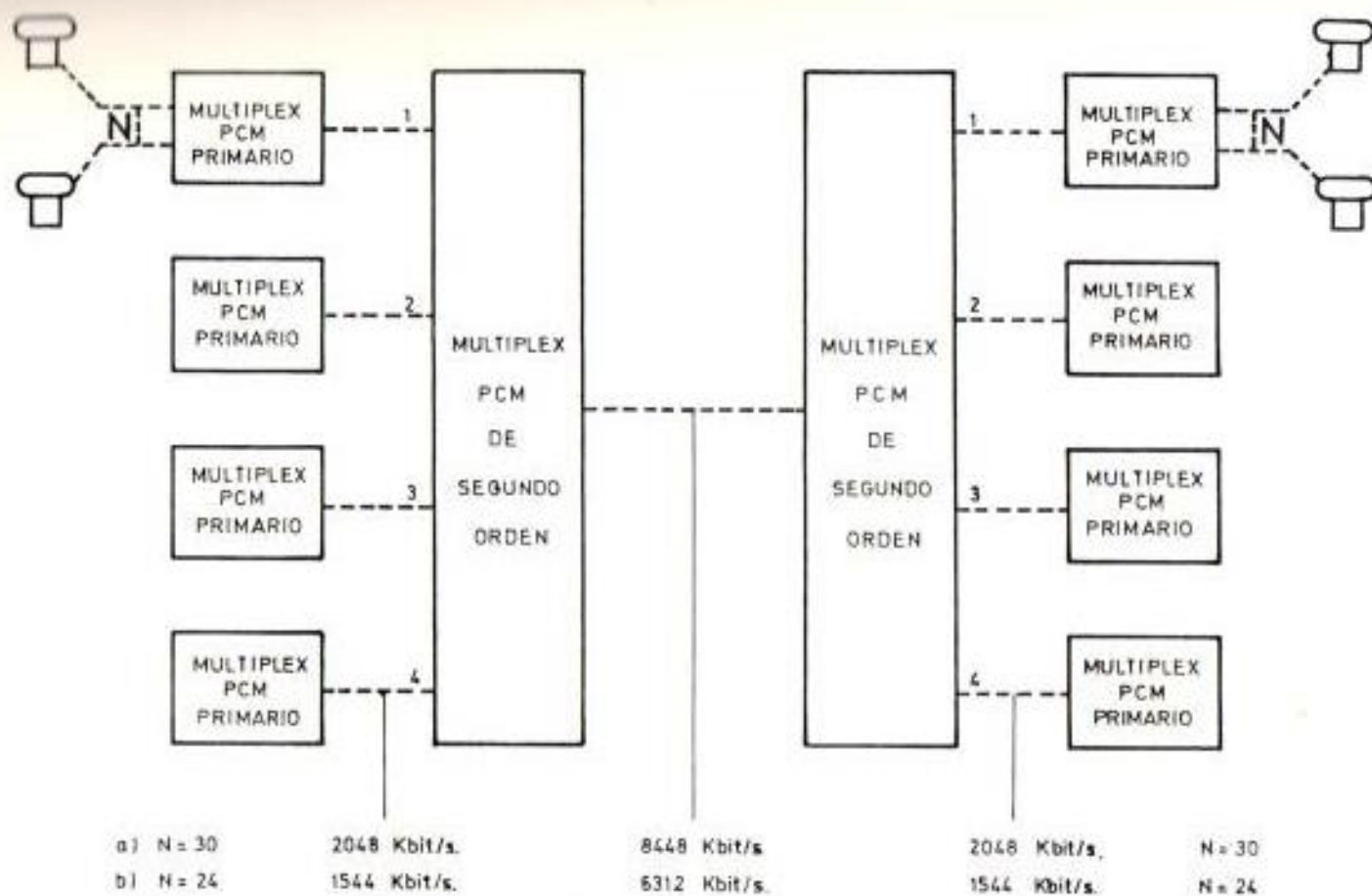


FIG. 27.- MULTIPLEXADO DIGITAL DE SEGUNDO ORDEN DE SEÑALES PCM PRIMARIAS.
 a) EL ESQUEMA DE LA CEPT.-
 b) EL ESQUEMA DE LA ATET.-

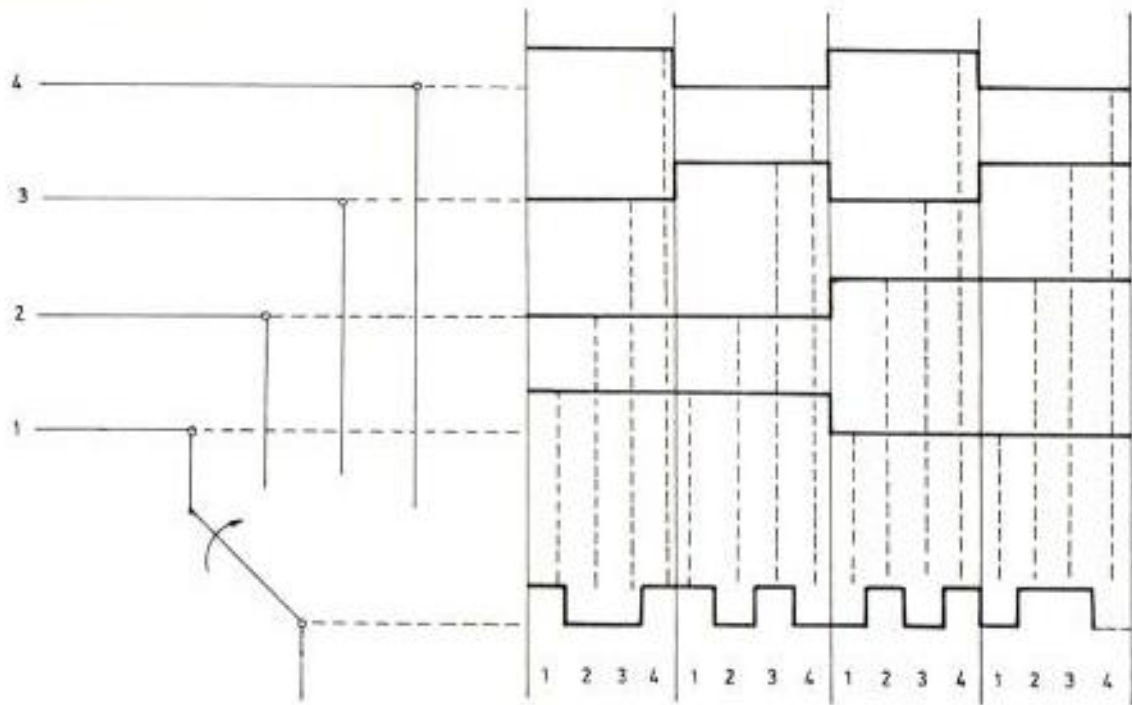


FIG. 2-8.- ENTRELAZADO DE BITS

señalización.

Las jerarquías de los sistemas de transmisión digital.-

Los sistemas de transmisión digital pueden unirse conjuntamente en una jerarquía, de la misma manera que los sistemas FDM. Se tratan de dos jerarquías, una basada en el sistema de 24 canales y otra basada en el sistema de 30 canales. En la Figura 2-9 mostramos una posibilidad para la última.

Por medio de la figura podemos ver que las facilidades de transmisión están planeadas para ser usadas no sólo por conversación modulada por impulsos codificados sino también por datos, teléfono visual, grupos FDM y T.V.

Una vez analizada la naturaleza y la manera como se forman los sistemas de transmisión PCM de primer orden y de orden superior, es necesario hacer notar las características relevantes de los mencionados sistemas en comparación con los sistemas convencionales analógicos, para de ésta forma justificar su debida utilización y los motivos que determinan su empleo.

El sistema de modulación de impulsos en el tiempo fue el primero utilizado, pero padecía del inconveniente de exigir una medida del tiempo extremadamente precisa. Otros tipos de impulsos fueron considerados tales como: La modulación de la fase del impulso (PPM), que requiere una temporización precisa.

- La modulación de la amplitud del impulso (PAM), que exige la fidelidad de la amplitud.

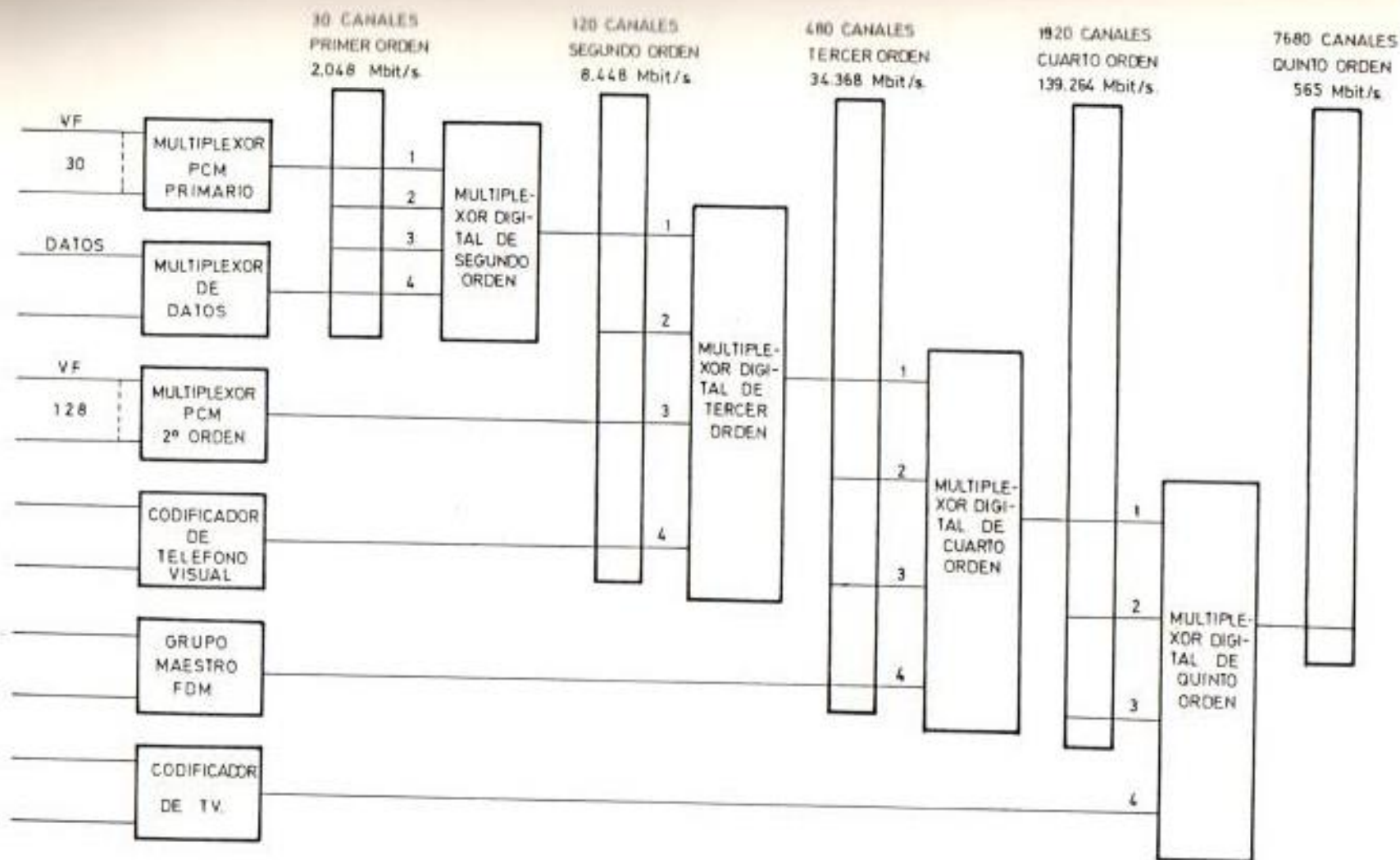


FIG. 2-9 POSIBLE JERARQUIA DE TRANSMISION DIGITAL BASADA EN EL SISTEMA PCM DE 30 CANALES..

- La modulación de la anchura del impulso (PWM), que requiere gran precisión de la característica de ganancia y fase del medio portador.

El PCM, sin embargo, hace caso omiso de todos éstos inconvenientes puesto que no padece de deterioros cumulativos. La transmisión de la información se efectúa por medio del código correspondiente al impulso y no por el impulso intrínsecamente.

Por tanto, al no sufrir deterioros cumulativos, el ruido del circuito, las restricciones del ancho de banda, las distorsiones de fase y la precisión de la temporización, ejercen escaso efecto sobre la información transmitida.

Podemos mencionar algunas de las ventajas de un sistema de transmisión PCM en comparación con un sistema FDM.

El problema de la economía. El equipo terminal PCM tiene una considerable reducción en el costo ya que no necesita de los filtros de costos elevados los cuales si son necesarios en un equipo terminal FDM. El bajo costo del equipo terminal, contribuye grandemente a la economía total del sistema ya que el costo por canal para un enlace, excepto para el equipo terminal, ha sido reducido debido a las técnicas de estado sólido. Por otra parte, el sistema PCM requiere menor potencia de transmisión en comparación con un FDM, de modo que la economización del equipo es alcanzable, incluyendo el efecto indirecto del tamaño pequeño y el bajo consumo de potencia.

- 2) Los repetidores regenerativos permiten una alta calidad de transmisión. En un sistema FDM, el ruido térmico, el ruido de diafonía y el ruido de interferencia generados en los circuitos de transmisión, afectan al ruido en el canal de voz. Mientras que, en un sistema PCM en el cual los errores de bits, generados por la degradación del circuito, originan un ruido en el canal de voz, el código de regeneración en la estación repetidora intermedia limpia ese ruido y la distorsión generada en cada sección de repetidor, resultando la no adición de ruido para el enlace total, excepto para el efecto del pequeño error de bit causado en los regeneradores.
- 3) Es apropiado para la transmisión de diferentes clases de información, incluyendo transmisión de datos; se obtiene flexibilidad en la red por medio de fáciles acoplamientos e inserciones.
- 4) Es favorable desde el punto de vista de interferencia de radio. Un sistema de transmisión PCM tiene pequeño efecto sobre otros circuitos de radio, debido a la baja potencia de transmisión, mientras que es relativamente inmune a la interferencia de radio en el mismo. Como resultado, múltiples rutas en diferentes direcciones desde un punto son fáciles de establecer, obteniéndose así una gran flexibilidad en la planificación de los circuitos.
- 5) La calidad de la transmisión en un sistema PCM está determinada principalmente por las características de precisión de los circuitos de codificación y decodificación en cada terminal del sistema, por tanto la

calidad es independiente de la distancia y de la configuración de la red.

- 6) Nuevos medios de transmisión. Los futuros medios de transmisión de banda amplia, tales como las guías de ondas y las fibras ópticas son más adecuados para la transmisión digital que para la analógica.

Por el contrario, el PCM requiere de un ancho de banda de frecuencia amplio, y ésto plantea un problema en caso de que la banda de frecuencia esté limitada. Como las microondas son utilizadas para muchos servicios, el factor importante que afecta la aplicación del nuevo sistema es que cantidad de información del mensaje puede ser tratado con una banda de frecuencia dada. Con el fin de superar éste punto, se han estudiado varias medidas, incluyendo el uso de un sistema de modulación de multi-nivel, el uso múltiple de la misma radiofrecuencia y la limitación de la banda del espectro de radiación. La modulación de fase de multi-nivel es aplicable para la modulación de multi-nivel de un sistema PCM de microondas. Por ejemplo, la modulación de fase de 4 niveles hace posible transmitir dos veces la cantidad de información en la misma banda de frecuencia comparada con la modulación de fase de 2 niveles, la cual es necesaria para transmisión de código binario.

El uso múltiple de la misma radiofrecuencia da a entender el uso de las dos polarizaciones, tanto vertical como horizontal de las ondas de la misma frecuencia con el fin de no obtener interferencia entre ellos debido al hecho de la inmunidad a la interferencia de un sistema PCM.

La limitación del espectro depende de las características de los filtros, una separación entre canales de radio considerablemente estrecha es posible en un sistema PCM en comparación con un sistema FDM.

Una vez que se adoptaron esas medidas, se encontró que un sistema PCM de microondas podía hacer uso de la frecuencia de una manera no menos eficiente que un sistema FDM.

Por otro lado, se puede incrementar la capacidad de transmisión esperada, haciendo uso de la habilidad en la planificación de las rutas.

Para hacer notar con mayor claridad, todo lo mencionado anteriormente, en la Tabla II-B resumimos las principales características del sistema PCM con relación a las características del sistema FDM.

PCM

FDM

Idéntica para todos los canales. El margen dinámico depende del código de las características de compresión. El ruido de cuantización depende del nivel de la voz.

CALIDAD DE LA VOZ

Depende del canal. El margen dinámico está limitado por la distorsión del amplificador. El ruido varía con la intermodulación.

Independiente de la longitud del sistema. En gran medida es insensible a la interferencia. Está definido por el equipo terminal (elección del código y calidad del codificador)

NIVEL DEL RUIDO

Aumenta con la distancia. No existe protección contra las interferencias. Depende de la calidad de los repetidores intermedios.

Acceso digital a bajo costo. Relación ilimitada entre los datos y el tráfico analógico. Utilización eficaz de la capacidad del sistema.

TRANSMISION DE DATOS

Son necesarias las conversiones D/A y A/D. Reducciones de carga en caso de transmisión de datos. Limitaciones de velocidad dependientes de los parámetros del sistema.

Débil potencia/amplio ancho de banda. La relación señal/ruido será 20 dB.

TRANSMISION POR RADIO

Potencia elevada/banda estrecha. Se requiere una relación señal/ruido 40 dB.

Commutación del tráfico por medio de simples circuitos binarios. Todas las unidades de canal son idénticas.

FLEXIBILIDAD

Se necesitan filtros y amplificadores cuando se efectúa la conmutación sin demodulación. Las unidades de canal dependen de la frecuencia portadora.

Circuitos binarios (ON-OFF)

DISEÑO DEL CIRCUITO

Circuitos analógicos.

Las unidades pueden ser sustituidas por personal sin experiencia previa

MANTENIMIENTO

La sustitución de unidades requiere que se efectúen ajustes.

Tabla II-B: CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PCM CON RELACION A LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA FDM

3.- CONFIGURACION ACTUAL DE LA RED DE

MANABI. GRAFICOS

En la actualidad, el país posee una red nacional de telecomunicaciones en base de un sistema de microondas con capacidad hasta 960 canales telefónicos, operando en la banda de los 6 GHz.

Tiene 3 canales de radiofrecuencia, de los cuales el uno es el canal principal para telefonía, el otro es para señales de televisión y el tercero es el canal de protección de los dos primeros.

El sistema total está dividido en 4 rutas: Ruta norte, ruta central, ruta oeste y ruta sur.

A la provincia de Manabí le corresponde la ruta oeste y tiene una longitud total de 353.8 Km. Como se ve en la Figura 3-1, ésta red está compuesta por seis trayectos de microondas siendo ellos: El Carmen - Cochabamba; Cochabamba - San Javier; San Javier - Gramalotal; Gramalotal - Cerro de Hojas; Cerro de Hojas - Manta; Cerro de Hojas - Portoviejo.

Las estaciones terminales son: El Carmen, Manta y Portoviejo y como estaciones repetidoras están Cochabamba, San Javier, Gramalotal y Cerro de Hojas.

Cochabamba y Cerro de Hojas son estaciones repetidoras con derivación a nivel de banda base para integrar muchas ciudades de la provincia de Guayas y Los Rios en el caso de Cochabamba y a las ciudades de Manta y Por-

SIMBOLOGIA

- EQUIPOS DE MICROONDAS
- ⊙ ESTACION TERMINAL
- ESTACION REPETIDORA CON DERIVACION
- ESTACION REPETIDORA



toviejo en el caso de Cerro de Hojas.

A pesar de ser las ciudades de Bahía de Caráquez y Chone, importantes tanto por su desarrollo poblacional como económico, no formaron parte de la red inicialmente, debido a que las mencionadas poblaciones no contaban con una infraestructura básica de telecomunicaciones tal como el funcionamiento de una central telefónica entre otras. Para poder brindar un servicio eficiente y confiable a los usuarios, el IETEL ha dotado a éstas ciudades de centrales telefónicas con una capacidad de hasta 2.000 a 3.00 líneas con la finalidad de automatizarlas e incorporarlas a la red nacional.

Para cumplir con éste último objetivo, se realizaron los estudios pertinentes para la ubicación de un sitio que sirva para poderlo enlazar con la estación Cerro de Hojas y que preste también las facilidades para interconectar las ciudades antes mencionadas. Este sitio se denominó Loma de Viento que está a una altura de 385 m. sobre el nivel del mar y su ubicación geográfica es la siguiente:

00° 42' 16" Latitud Sur

80° 24' 21" Longitud Oeste

El carretero de acceso parte desde el pie de la carretera estable muy cerca a Bahía de Caráquez y llega hasta el lugar mismo donde se construirá la caseta e instalarán los equipos.

Como se indica en la Figura 3-2, en la actualidad existe un sistema UHF provisional de 60 canales que sale desde Cochabamba, se enlaza con una ele

SIMBOLOGIA

- ==== EQUIPO DE MICROONDAS
- EQUIPO DE 60 CANALES
- - - - EQUIPOS QUE SE ENLAZAN CON SISTEMAS DE 60 CANALES
- ⊙ ESTACION TERMINAL
- ESTACION REPETIDORA CON DERIVACION
- ESTACION REPETIDORA

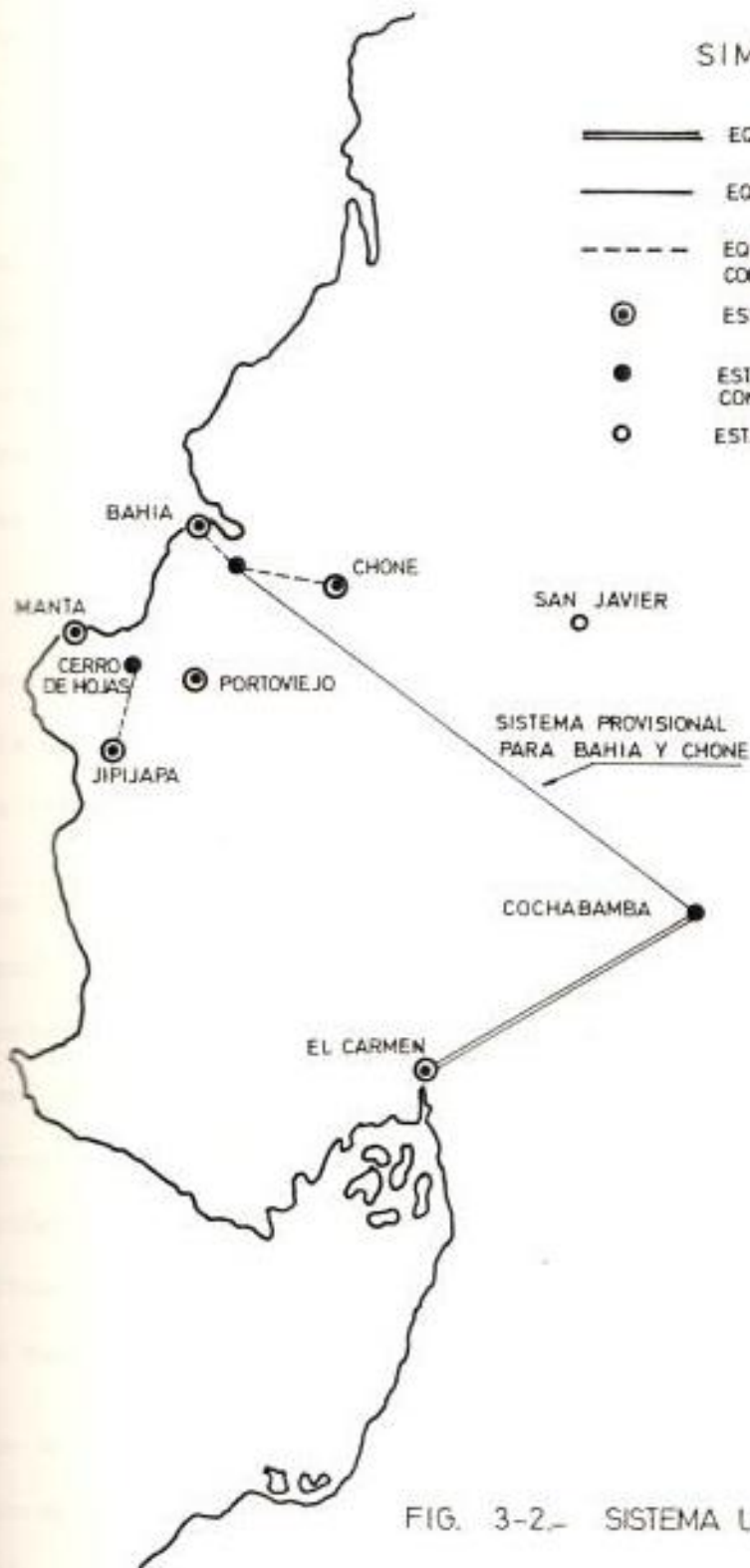


FIG. 3-2.- SISTEMA UHF DE 60 CANALES

vación denominada Canteras I y desde aquí se sirve a Bahía de Caráquez y a Chone, pero éste sistema se lo sustituirá una vez que estén todos los equipos instalados en la estación repetidora Loma de Viento.

Por ser el Cantón Jipijapa de mucha importancia en la economía de la provincia, se vio también la necesidad de dotarle de un sistema de larga distancia confiable para así incorporarlo a las telecomunicaciones nacionales a través de un sistema que opera en la banda de UHF tal como se puede ver la Figura 3-2.

A un plazo muy corto, la estación Loma de Viento quedará completamente estructurada y disponible para su enlace con Cerro de Hojas en una distancia de 40.17 Km., por medio de un sistema de microondas con capacidad hasta 300 canales telefónicos tal como se muestra en la Figura 3-3.

Con la implementación definitiva de la estación Loma de Viento daremos un gran paso hacia el desarrollo integral, en cuanto a telecomunicaciones se refiere, de la provincia de Manabí en especial su parte norte ya que ésta zona no cuenta en la actualidad con ningún tipo de infraestructura y es precisamente ésta tesis la que estudiará, la mejor forma y más óptima tecnológicamente hablando, las posibilidades de integración telefónica de la última zona mencionada y en general de toda el área rural de la provincia de Manabí.

Con ésta estructuración de la ruta oeste, incluimos, además de las estaciones iniciales, la estación Loma de Viento como repetidora con derivación a banda base y las estaciones de Bahía de Caráquez, Chone y Jipijapa

SIMBOLOGIA

- EQUIPO DE MICROONDAS DE 960 CANALES
- ==== EQUIPO DE MICROONDAS DE 300 CANALES
- ⊙ ESTACION TERMINAL
- ESTACION REPETIDORA CON DERIVACION
- ESTACION REPETIDORA



FIG. 3-3.- ESTRUCTURACION ACTUAL DEL SISTEMA DE MICROONDAS PARA LA RUTA OESTE.

como nuevas estaciones terminales, quedando así conformada en la actualidad el sistema de transmisión de la provincia de Manabí.

La distribución de los canales a partir de las capacidades de los radioenlaces del sistema así como también el multiplexado de los mismos, se muestra en el siguiente diagrama de interconexión.

4.- CONSIDERACIONES DE TRAFICO

4.1.- ESTUDIO DEL TRAFICO RURAL (PROVINCIA DE LOJA) PARA LA ASIGNACION DEL NUMERO DE CANALES REQUERIDOS POR LA PROVINCIA DE MANABI

Este estudio tiene por objeto mostrar uno de los métodos empleados para el cálculo de la intensidad de tráfico telefónico, y más que todo para que a partir de los resultados obtenidos de la provincia de Loja, obtener comparativamente un dimensionamiento de las capacidades para los diferentes sistemas de la provincia de Manabí y que están contemplados en ésta tesis.

Se escoge a la provincia de Loja, por cuanto el IETEL tiene instalado desde hace unos cinco años aproximadamente, un sistema rural en cuatro de sus cantones y a la fecha se tienen datos estadísticos que permiten en cierto modo calcular la necesidad de canales troncales interurbanos y en base a similitudes tales como número de habitantes, capacidad económica, movimiento comercial, número de líneas de abonados etc., de las diferentes poblaciones, poder dimensionar, por comparación, los sistemas proyectados ya que por no existir instalación rural alguna en la provincia de Manabí ni el resto del área rural del país, no podemos establecer en base a medios estadísticos un dimensionamiento correcto.

Con ésta explicación procederemos entonces a efectuar el estudio del tráfico rural de la provincia de Loja en los cantones de Caria-

manga, Celica, Catacocha y Macará.

Cariamanga

Sistemas instalados:

Comutación: 150 líneas de abonados

Radio enlace: 4 canales telefónicos de larga distancia terminados en múltiplex distribuidos de la manera siguiente:

Canal 1: Manual con telegrafía superpuesta

Canal 2: Semiautomático saliente a Loja

Canal 3: Semiautomático entrante de Loja

Canal 4: Línea de pedido de abonados a Loja

De acuerdo a los datos suministrados por la Sección de Control de Producción y Estadística del IETEL durante el 1 de octubre de 1978 y el 31 de julio de 1979, obtuvimos los siguientes valores:

<u>TRAFICO CABINA</u>		<u>TRAFICO ABONADO</u>		<u>TRAFICO TOTAL</u>	
CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS
5890	24314	9250	48046	<u>15140</u>	<u>72360</u>

En la actualidad, éstas poblaciones rurales tienen un alto porcentaje de conferencias canceladas, dada la falta de canales tanto de los sistemas secundarios (rurales), como por la mínima cantidad de canales troncales en el centro de conmutación principal que es Loja, Este porcentaje de conferencias anuladas es de aproximadamente un 15%

sobre la cantidad del tráfico cursado tanto de abonados como de cabina y obtenemos así el valor del tráfico total realmente existente

CONFERENCIAS	17411
MINUTOS	83214

El CCITT ha desarrollado la siguiente fórmula para calcular la intensidad de tráfico telefónico en Erlangs:

$$E = \frac{S \times \text{MTPD}}{c \times 60} \quad (4.1)$$

donde:

E = volumen de tráfico en unidades erlangs

MTPD = minutos tasables por día

$S = \frac{T_1}{T_2}$ es la relación entre la duración total de una llamada promedio (T_1) y el tiempo promedio de comunicación pagada (T_2), siendo $T_1 = T_0 + T_2$ donde T_0 es el tiempo de operación.

c = es la relación entre el tráfico total del día y la parte del tráfico de la hora cargada.

La duración promedio de una llamada interurbana es:

$$\frac{83214 \text{ minutos}}{17411 \text{ llamadas}} = 4.8 \text{ minutos/llamadas}$$

Si consideramos la posibilidad de instalar un nuevo sistema que asegure un servicio eficiente, esperamos que el volumen de tráfico se

incremento en un buen porcentaje, el cual mediante estudios realizados en países latinoamericanos de características similares al nuestro, se ha determinado que es bastante aceptable utilizar como impulso, el 75 %. De esto tenemos:

$$1.75 \times 83214 = 145624.5 \text{ minutos}$$

En minutos por mes tenemos:

$$\frac{145624.5}{10} = 14562.45 \text{ minutos/mes}$$

Y en minutos tasables promedio por día tendremos:

$$\frac{14562.45}{18.75} = 776.66 \text{ MTPD}$$

Escogimos 18.75 como los días laborables de un mes por considerar que en dichos días se cursa la cantidad total de tráfico.

Para compensar posibles errores en los datos estadísticos proporcionados y otros factores, es conveniente agregar un margen de seguridad al volumen de tráfico en minutos por día. Este margen lo estimaremos del 25 % de forma tal que:

$$\text{MTPD} = 776.66 \times 1.25 = 970.83$$

Considerando que el tiempo de operación promedio de una llamada es aproximadamente de 3 minutos, tenemos:

$$T_1 = 3 + 4.8 = 7.8 \text{ minutos/llamadas}$$

Aplicando la fórmula (4.1) y con $c = 9$ (valor recomendado para el cálculo de redes nacionales cuando no se dispone de registros de tráfico), resulta:

$$E = \frac{7.8}{4.8} \times \frac{1}{9} \times \frac{970.83}{60} = 2.92 \text{ erlangs}$$

Según la Tabla IV.1 - A y estimando una probabilidad de pérdida de 0.01 y accesibilidad completa, tenemos que el número mínimo de canales necesarios, en caso de que se efectúe nueva instalación, debe ser de 8 (ocho). En caso de no efectuarse ampliaciones, no consideraremos el impulso del 75 % y esto da como resultado 1.67 erlangs lo que equivale a 6 (seis) canales de larga distancia.

Celica

Sistemas instalados:

Comutación: 50 líneas de abonados

Radio enlace: 4 canales telefónicos de larga distancia terminados en múltiplex distribuidos de la siguiente manera:

Canal 1: Manual con telegrafía superpuesta

Canal 2: Semiautomático saliente a Loja

Canal 3: Semiautomático entrante a Loja

Canal 4: Línea de pedido de abonados a Loja

Según datos de la Sección Control de Producción y Estadística del IETEL entre el 1 de octubre de 1978 y el 31 de julio de 1979 tenemos

<u>TRAFICO CABINA</u>		<u>TRAFICO ABONADOS</u>		<u>TRAFICO TOTAL</u>	
CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS
4557	19364	4756	26239	9313	45603

Con un aumento del 15 % por conferencias anuladas, el valor del tráfico total es:

CONFERENCIAS: 10710

MINUTOS: 52443

La duración promedio de una llamada interurbana será:

$$\frac{52443 \text{ minutos}}{10710 \text{ llamadas}} = 4.9 \text{ minutos/llamada}$$

Considerando el 75 % como impulso por una posible instalación nueva tenemos:

$$1.75 \times 52443 = 91775,25 \text{ minutos}$$

En minutos por mes será:

$$\frac{91775,25}{10} = 9177,53 \text{ minutos/mes}$$

Y minutos tasables promedio por día tendremos:

$$\frac{9177,53}{18,75} = 489,47 \text{ MTPD}$$

Agregando el margen de seguridad del 25 % se tiene:

$$\text{MTPD} = 489.47 \times 1.25 = 611.84$$

Con $T_1 = 3 + 4.9 = 7.9$ minutos, aplicamos la fórmula (4.1)

$$E = \frac{7.9}{4.9} \times \frac{1}{9} \times \frac{611.84}{60} = 1.83 \text{ erlangs}$$

Valor que visto en la Tabla IV.1 - A resulta 6 (seis) canales de larga distancia. Sin considerar el impulso del 75 % tendremos 1.04 erlangs que equivale a 5 (cinco) canales de larga distancia.

Catacocha

Sistemas instalados:

Commutación: 50 líneas de abonados

Radio enlace: 4 canales telefónicos de larga distancia terminados en múltiplex distribuidos de la manera siguiente:

Canal 1: Manual con telegrafía superpuesta

Canal 2: Semiautomático saliente a Loja

Canal 3: Semiautomático entrante a Loja

Canal 4: Línea de pedido de abonados a Loja

Según datos de Control de Producción y Estadística de IETEL entre el 1 de octubre de 1978 y el 31 de julio de 1979 se tiene:

<u>TRAFICO CABINA</u>		<u>TRAFICO ABONADO</u>		<u>TRAFICO TOTAL</u>	
CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS
4846	18934	4297	21381	9143	40315

Con el incremento del 15 % por conferencias anuladas, el valor del tráfico total es:

CONFERENCIAS: 10514

MINUTOS: 46362

La duración promedio de una llamada interurbana será:

$$\frac{46362 \text{ minutos}}{10514 \text{ llamadas}} = 4.4 \text{ minutos/llamada}$$

Considerando una posible instalación nueva, se estima un incremento en el volumen de tráfico del 75 %

$$1.75 \times 46362 = 81133.5$$

En minutos por mes resulta:

$$\frac{81133.5}{10} = 8113.35$$

En minutos tasables promedio por día será:

$$\frac{8113.35}{18.75} = 432.71 \text{ MTPD}$$

Agregando el margen de seguridad del 25 % se tiene:

$$\text{MTPD} = 432.71 \times 1.25 = 540.89$$

Con $T_1 = 3 + 4.4 = 7.4$ minutos y aplicando la ecuación (4.1)

$$E = \frac{7.4}{4.4} \times \frac{1}{9} \times \frac{540.89}{60} = 1.69 \text{ erlangs}$$

Que en la Tabla IV.1 - A resulta ser 6 (seis) canales troncales de larga distancia. Sin considerar nueva instalación o sea sin incrementar el 75 % tenemos 0.96 erlangs que equivale a 5 (cinco) canales de larga distancia.

Macará

Sistemas instalados:

Comutación: 100 líneas de abonados

Radio enlace: 9 canales telefónicos de larga distancia terminados en múltiplex distribuidos de la siguiente manera:

Canal 1: Manual

Canal 2: Telex

Canales 3, 4 y 5: Semiautomáticos salientes a Loja

Canales 6, 7 y 8: Semiautomáticos entrantes de Loja

Canal 9: Línea de pedido de abonados a Loja

Según datos de Control de Producción y Estadística del IETEL entre el 1 de octubre de 1978 y el 31 de julio de 1979 tenemos:

<u>TRAFICO CABINA</u>		<u>TRAFICO ABONADO</u>		<u>TRAFICO TOTAL</u>	
CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS	CONFER.	MINUTOS
7509	31663	7599	44931	15108	76594

Con 15 % de aumento por conferencias anuladas, tenemos que el tráfico total será:

CONFERENCIAS: 17374

MINUTOS: 88083

La duración promedio de una llamada interurbana será:

$$\frac{88083}{17374} = 5.1 \text{ minutos/llamada}$$

Con incremento en el volumen de tráfico del 75 % por una posible instalación nueva tenemos:

$$1.75 \times 88083 = 154145.25$$

En minutos por mes será:

$$\frac{154145.25}{10} = 15414.5$$

En minutos tasables promedio por día tendremos:

$$\frac{15414.5}{18.75} = 822.1 \text{ MTPD}$$

Agregando el 25 % como margen de seguridad se tiene:

$$\text{MTPD} = 822.1 \times 1.25 = 1027.63$$

Con $T_1 = 3 + 5.1 = 8.1$ minutos y aplicando la ecuación (4.1)

$$E = \frac{8.1}{5.1} \times \frac{1}{9} \times \frac{1027.63}{60} = 3.02 \text{ erlangs}$$

Que en la Tabla IV.1 - A resulta ser 8 (ocho) canales de larga distancia. Sin considerar el impulso del 75 % por posible instalación

nueva tenemos 1.73 erlangs que equivalen a 6 (seis) canales de larga distancia.

Vemos entonces que por no haber tenido experiencia en áreas rurales acerca del tráfico, el IETEL no hizo una distribución correcta de canales y es así como en las tres primeras poblaciones fueron insuficientes el número de ellos y a Macará en cambio se le asignó más del número de canales que en realidad necesitaba.

Hemos realizado éste estudio con el propósito de tener ideas más concretas en torno a los dimensionamientos más adecuados para los sistemas rurales de la Provincia de Manabí.

TABLA IV.1 - A

TRONCALES EN FUNCION DE ERLANGS
 ACCESIBILIDAD COMPLETA - PERDIDA "B" IGUAL A 0.01

Troncales	Erlangs	Troncales	Erlangs	Troncales	Erlangs	Troncales	Erlangs	Troncales	Erlangs
1	0.0101	24	15.3	47	35.2	70	56.1	140	122.0
2	0.153	25	16.1	48	36.1	72	58.0	146	127.7
3	0.455	26	17.0	49	37.0	74	59.8	150	131.6
4	0.869	27	17.8	50	37.9	76	61.7	152	133.5
5	1.36	28	18.6	51	38.8	78	63.5	156	137.3
6	1.91	29	19.5	52	39.7	80	65.4	160	141.2
7	2.50	30	20.3	53	40.6	82	67.2	166	146.9
8	3.13	31	21.2	54	41.5	84	69.1	170	150.8
9	3.78	32	22.0	55	42.4	86	70.9	176	156.6
10	4.46	33	22.9	56	43.3	88	72.8	180	160.4
11	5.16	34	23.8	57	44.2	90	74.7	186	166.2
12	5.88	35	24.6	58	45.1	92	76.6	190	170.1
13	6.61	36	25.5	59	46.0	94	78.4	196	175.9
14	7.35	37	26.4	60	46.9	96	80.3	200	179.7
15	8.11	38	27.3	61	47.9	98	82.2	206	185.5
16	8.88	39	28.1	62	48.8	100	84.1	210	189.4
17	9.65	40	29.0	63	49.7	106	89.7	216	195.2
18	10.4	41	29.9	64	50.6	110	93.5	220	199.1
19	11.2	42	30.8	65	51.5	116	92.2	226	204.9
20	12.2	43	31.7	66	52.4	120	103.0	230	208.8
21	12.8	44	32.5	67	53.4	126	108.7	236	214.7
22	13.7	45	33.4	68	54.3	130	112.5	240	218.6
23	14.5	46	34.3	69	55.2	136	118.2	246	224.4

4.2.- DATOS DE LA PROVINCIA DE MANABI

A través del Plan de Telecomunicaciones Rurales, el IETEL ha efectuado censos de abonados para establecer la demanda de líneas de abonados que debe tener cada una de las poblaciones rurales de la provincia y de todo el país, cuando los sistemas entren a funcionar, y es de éste modo como se obtuvieron los datos con ciertos márgenes debido especialmente al interés que tengan los habitantes una vez que los equipos estén trabajando.

Se estima, que la intensidad de tráfico telefónico en áreas rurales en donde no ha existido sistema alguno, no debe exceder de 0.06 erlangs/abonado. Escogeremos un valor medio de 0.045 erlangs por abonado rural como cifra para calcular el número de circuitos de larga distancia.

Por otro lado, la provincia de Manabí tiene mayor movimiento comercial y turístico que la provincia de Loja y es por ello que la necesidad de canales también tendrá que ser mayor, sin que esto nos impida que el estudio realizado en el apartado anterior sirva como punto de partida para nuestro objetivo.

Con la Tabla IV.2 - A consta el número de líneas de abonados para cada localidad, el que con 0.045 erlangs/abonado se calcula el tráfico generado y a partir de éste valor mirando en la Tabla IV.1 - A, obtener el número de circuitos troncales necesarios.

Bahía, Chone, Portoviejo y Jipijapa son ciudades que ya tienen desde hace algunos años, sistemas instalados, motivo por el que no son consideradas como poblaciones rurales y es por ello que no usaremos el valor de 0.045 erlangs/abonado como la intensidad de tráfico, sino valores más bajos dependiendo del número de abonados a instalarse. Para centrales con 2000 líneas, 0.015 erlangs/abonados con 3000 líneas, 0.014 erlangs/abonado; con 8000 líneas, 0.011 erlangs/abonado, para el tráfico saliente. El número de circuitos totales para éstas últimas ciudades mencionadas, es la suma de los entrantes más los salientes. Los entrantes los estimamos en menor cantidad que los salientes dado que el interés es mayor en un sentido que en otro. Por tanto, los totales serán: Bahía 81; Chone 100; Portoviejo 192; Jipijapa 80 y Calceta 48, tal como constan en los diagramas de interconexión de los capítulos 8, 9 y 10.

Cabe anotar que los resultados que constan en la Tabla, están calculados al quinquenio, es decir hasta el año de 1985.

TABLA IV.2 - A

POBLACION	# DE LINEAS DE ABONADOS	TRAFICO TOTAL (ERLANGS)	# CIRCUITOS LARGA DISTANCIA
COJIMIES	44	1.98	6
PEDERNALES	44	1.98	6
JAMA	80	3.60	9
SAN ISIDRO	48	2.16	7
TOSAGUA	304	13.68	22
CHARAPOTO	96	4.32	10
ROCAFUERTE	208	9.36	17
CALCETA	340	15.30	24
SANTA ANA	176	7.92	15
SUCRE	96	4.32	10
PUERTO CAYO	48	2.16	7
PUERTO LOPEZ	144	6.48	13
PAJAN	112	5.04	11
BAHIA	2000	30.00	42
CHONE	3000	42.00	55
PORTOVIEJO	8000	88.00	107
JIPIJAPA	2000	30.00	42

4.3.- PROYECCIONES

En ésta sección, tratamos de hacer una evaluación respecto a la necesidad de canales que van a tener éstas poblaciones en los 5 y 10 años posteriores al quinquenio considerado y cuyo aumento se deberá al crecimiento poblacional así como al incremento comercial de las mismas.

Estimamos que por éstos dos conceptos mencionados, el aumento anual de líneas de abonados será de un 15 % aproximadamente, y los resultados del tráfico total que se asignará, así como del número de circuitos de larga distancia, los sumamos en las Tablas IV.3 - A y IV.3 - B para los 5 y 10 años luego del quinquenio respectivamente. Aclaremos que los resultados obtenidos, para las poblaciones de Bahía, Chone, Portoviejo, Jipijapa y Calceta, que son los que constan en las Tablas, corresponden también al tráfico saliente solamente, por lo que para obtener los circuitos totales habrá que considerar el interés de tráfico entrante a cada una de ellas.

TABLA IV.3 - A

POBLACION	# DE LINEAS DE ABONADOS	TRAFICO TOTAL (ERLANGS)	# CIRCUITOS LARGA DISTANCIA
COJIMIES	88	3.96	10
PEDERNALES	88	3.96	10
JAMA	140	6.30	13
SAN ISIDRO	88	3.96	10
TOSAGUA	534	24.03	35
CHARAPOTO	171	7.70	15
ROCAFUERTE	368	16.56	26
CALCETA	595	26.78	38
SANTA ANA	311	14.00	23
SUCRE	171	7.70	15
PUERTO CAYO	88	3.96	10
PUERTO LOPEZ	254	11.43	20
PAJAN	197	8.87	16
BAHIA	3500	52.50	67
CHONE	5250	73.50	90
PORTOVIEJO	14000	154.00	176
JIPIJAPA	3500	52.50	67

TABLA IV.3 - B

POBLACION	# DE LINEAS DE ABONADOS	TRAFICO TOTAL (ERLANGS)	# CIRCUITOS LARGA DISTANCIA
COJIMIES	128	5.76	12
FEDERNALES	128	5.76	12
JAMA	200	9.00	17
SAN ISIDRO	128	5.76	12
TOSAGUA	764	34.38	47
CHARAPOTO	246	11.07	19
ROCAFUERTE	528	23.76	34
CALCETA	850	38.25	51
SANTA ANA	446	20.00	30
SUCRE	246	11.07	19
PUERTO CAYO	128	5.76	12
PUERTO LOPEZ	364	16.38	26
PAJAN	282	12.70	21
BAHIA	5000	75.00	92
CHONE	7500	105.00	126
PORTOVIEJO	20000	220.00	245
JIPIJAPA	5000	75.00	92

867

5.- CONFIGURACION DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE

RURAL DE LA PROVINCIA DE MANABI

5.1.- GENERALIDADES - GRAFICO

La provincia de Manabí posee una extensa superficie (17.710 Km²) y por ello es que en ésta tesis tratamos de incorporar todas las poblaciones rurales de alto interés socio-económico, a la red troncal de microondas, utilizando por supuesto la infraestructura existente que en realidad es muy pobre, ya que los centros de interconexión, las estaciones repetidoras y los centros de conmutación, principalmente, no son sino en número reducido para ésta gran provincia agrícola y ganadera que requiere con urgencia incorporarse a la telefonía de larga distancia.

En la actualidad, la única estación con derivación desarrollada por IETEL es "Cerro de Hojas", teniendo contemplado para el año 1981 la implementación de la estación repetidora "Loma de Viento" que también será con derivación para dar servicio a las ciudades de Bahía y Chone. Y los únicos centros de conmutación principales son: Portoviejo, Manta, Chone, Bahía y Jipijapa.

Como se puede apreciar entonces, toda la zona norte de ésta provincia quedará todavía sin un servicio de larga distancia y es por esto que en el presente estudio incorporaremos también las poblacio-

nes de Cojímies, San Isidro, Jama y Pedernales a través de la estación repetidora de "Cerro Jama" que se enlazará con la estación repetidora "Loma de Viento".

Debido a los avances de la electrónica en los últimos tiempos, las telecomunicaciones han alcanzado un elevado desarrollo, puesto de manifiesto en la amplia gama de equipos con tecnologías sofisticadas que no tratan sino de brindar una alta calidad de servicio y una mejor confiabilidad a costos relativamente bajos.

La tecnología PCM es la que se ha impuesto por sobre la FDM, como ya analizamos en el Capítulo 2, especialmente en lo concerniente al ruido que es lo que eleva su calidad, y es por ello que éste sistema quedará en parte configurado por enlaces PCM tal como se podrá ver más adelante.

Por supuesto que la transmisión por PCM tiene sus restricciones más que todo en cuanto a distancia de los enlaces, y es por esto que en la ubicación de las estaciones que conforman el sistema troncal de la provincia, hemos tratado de que la distancia entre una y otra no esté más allá de los 50 Kmts. para que ello no pueda disminuir la calidad.

Ha sido necesario también tomar en cuenta la existencia de una completa línea de vista entre dos repetidoras consecutivas ó entre una estación repetidora y una estación terminal, para que de ésta manera la propagación de la onda electromagnética se vea libre de obs-

táculos, al igual que su primera zona de Fresnel.

Entonces, tal como se ve en la Figura 5-1, la configuración del sistema rural de la provincia de Manabí, es en árbol, siendo los nodos o puntos de convergencia precisamente las estaciones repetidoras.

5.2.- OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TECNICOS GENERALES

La técnica de transmisión digital, hace posible la transmisión simultánea de informaciones de voz, imagen y datos para computación, que pueden ser seleccionados o conmutados mediante un sistema único de conmutadores electrónicos, gracias a la técnica de codificación y su multiplexaje en división de tiempo, permitiendo así la constitución de una red integrada de comunicaciones.

Para lograr que una red de microondas de ésta naturaleza, y en general de cualquier sistema de comunicaciones, pueda trabajar a plena satisfacción brindando un buen servicio, debemos de considerar en la planificación diversos factores como son:

- 1) Los objetivos de la calidad del servicio
- 2) Los parámetros de propagación, y
- 3) La confiabilidad exigida al sistema

Presentaremos, por tanto, principalmente los métodos de diseño para los sistemas de radio digital, haciendo referencia al método clásico de diseño del sistema analógico.

Al igual que en el caso del diseño de un sistema de microondas por técnica analógica por FM-FDM, el diseño de un sistema digital, se empieza definiendo los objetivos del comportamiento de la red.

Normalmente, el objetivo de diseño de éstos sistemas digitales, se

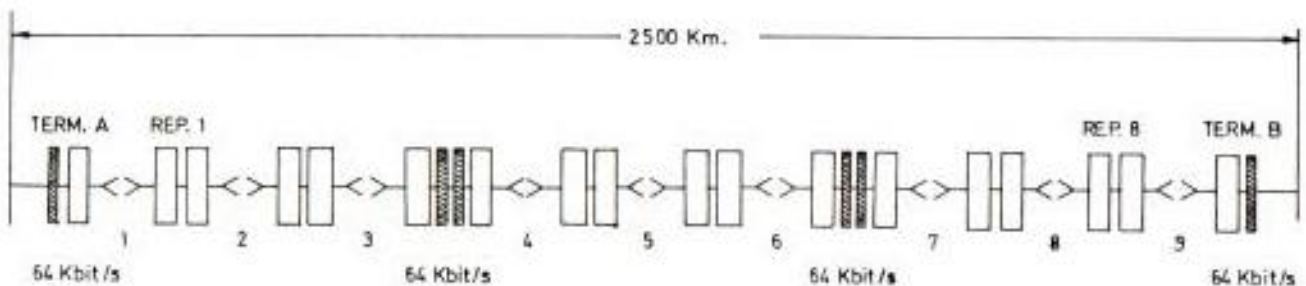
establecen por medio del porcentaje de error en bits (BER), que viene a ser al equivalente de la potencia de ruido permisible en un Sistema FM, que es el factor que decide la calidad del radio enlace que se va a planificar.

Por otro lado, el otro factor que debemos definir es también, al igual que en el caso de FM, el porcentaje de tiempo que se le permite de que la calidad del radio enlace se degenere hasta un valor de BER establecido. Este objetivo puede ser fijado por el usuario, dependiendo principalmente de la calidad que se espera obtener de la red.

Por ser ésta técnica de reciente desarrollo, todavía no contamos con las recomendaciones del CCITT ó CCIR, como los hay para los sistemas analógicos; pero podemos tomar como base el caso del circuito hipotético de referencia recomendado por la Recomendación 556 del CCIR, aplicándole las distancias en forma proporcional para los factores de BER y los porcentajes de tiempos recomendados para éste circuito hipotético de referencia que mostramos en la Figura 5-2.

Debemos luego seleccionar el plan jerárquico de los canales, que será el de 30 canales, por así haberse adoptado en toda Europa y en los países de Centro y Sur América entre otros.

Una vez adoptado el sistema jerárquico apropiado, debemos armar ahora el plan de canales para la construcción de la configuración general del sistema, tal como se ve en la Figura 5-3 que es el sistema



NOMENCLATURA



- < > — SECCION DE RADIO DIGITAL
-  EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL DE PRIMER ORDEN
-  OTRO EQUIPO MULTIPLEX EN LOS NIVELES JERARQUICOS RECOMENDADOS POR EL CCITT.

FIG. 5-2.- CIRCUITO DIGITAL HIPOTETICO DE REFERENCIA PARA SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELECTRICOS PARA TELEFONIA.

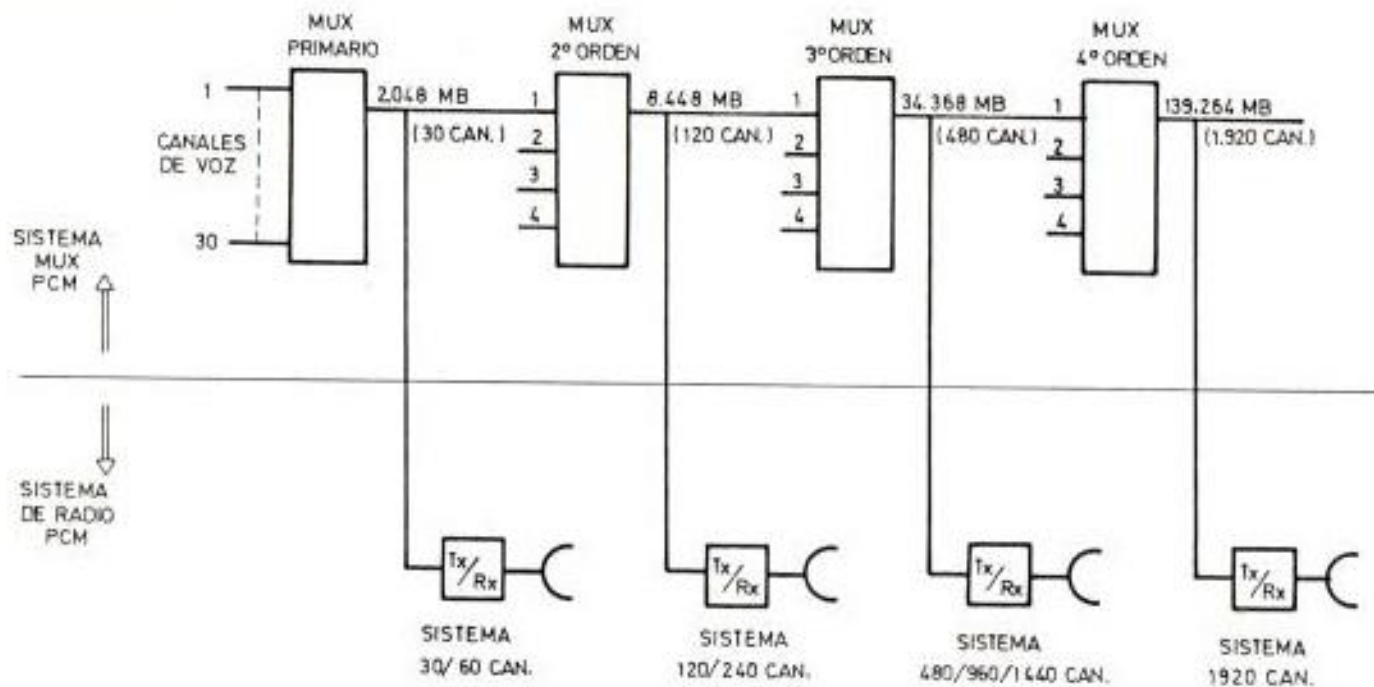


FIG. 5-3.- CONFIGURACION GENERAL DE CANALES

básico con 30 canales telefónicos.

Una vez que hayamos fijado los objetivos, debemos seleccionar los principales parámetros del sistema para poder proceder con los diversos pasos para el diseño de la ruta.

Por supuesto, previamente a los cálculos del diseño del radio enlace, realizamos los estudios propios de la construcción de un radioenlace, como son el estudio de la ubicación óptima de las estaciones terminales que generalmente están situadas en sitios con condiciones ambientales relativamente favorables, y de las estaciones repetidoras que a menudo se sitúan en la cima de montañas, para que al realizar los cálculos, exista el despeje necesario para poder asegurar un determinado radio de Fresnel.

También, hay que realizar un análisis de costos referentes a costos comparativos de infraestructura y costos de operación y mantenimiento.

Esta fase de los trabajos del diseño es exactamente la misma que la que se hace en el caso de un estudio de radioenlace de microondas tanto de FM, como de PCM, con la única diferencia en los márgenes que se les puede dar al sistema para los efectos de desvanecimiento e interferencia con los otros enlaces existentes.

También debemos definir en ésta etapa la filosofía del mantenimiento y operación del sistema, ya que mucha parte de la instalación va a

depender del modo como se piensa operar y mantener el sistema.

En resumen, para el diseño de un sistema digital de radio se hace necesario definir además de los parámetros de la propagación, los parámetros específicos del sistema PCM que serán:

- Relación BER
- Disponibilidad que depende de:
 - Longitud del circuito de referencia, y
 - Porcentaje permitido de tiempo para un BER dado
- Banda de frecuencia utilizarse; y
- El Plan de canales

Otro factor muy importante que tenemos que considerar en el caso del diseño de un sistema PCM digital, es la forma como vamos a transmitir la señal, es decir, al igual que el caso de la transmisión de FM, que existe la repartición en banda base o heterodina, para el caso de PCM se debe definir si se emplea la repetición en éste caso regenerativa o heterodina.

Una vez que hayamos determinado los objetivos del diseño, debemos realizar los cálculos necesarios para seleccionar los equipos necesarios para la construcción del radioenlace, y conocer de antemano si el radioenlace así constituido se va a comportar de acuerdo a lo que hemos deseado.

En el caso de un radioenlace digital, debemos comprobar de que el comportamiento del sistema cumpla el objetivo de diseño en cuanto a la relación BER y que el porcentaje de tiempo permitido para que este valor BER llegue a degradarse hasta el valor definido como objetivo, sea menor que el que se ha previsto en el diseño.

En vista de que es muy difícil determinar la incidencia de cada uno de los elementos que conforman la red en el comportamiento general, en un sistema PCM digital, asignaremos los valores permisibles a cada uno de los elementos que conforman la red, para poder así calcular el comportamiento del sistema total, que vendría a ser la suma de todos éstos valores.

Estos serían pues, los objetivos y los requerimientos técnicos que deben cumplir todos los radioenlaces que conforman la red en estudio; con todas éstas ideas, desarrollaremos en los capítulos siguientes, de acuerdo con una jerarquía pre-establecida, todos los cálculos pertinentes para darle al sistema una configuración adecuada con todos los parámetros muy bien definidos para hacer de ésta red lo más eficiente posible.

5.3.- CLASIFICACION JERARQUICA DEL SISTEMA

Con el propósito de realizar un mejor análisis y dejar claramente es tablecidos todos los objetivos que debe cumplir el sistema en estudio, procedemos a jerarquizar la red de acuerdo a sus capacidades y a la ubicación que ocupan las diversas estaciones terminales con el fin de agruparlas a través de las estaciones repetidoras con derivación que tienen la característica de nodos para darle una estructura de árbol y llevarlas todas hasta la estación terminal de Manta que será una central digital de tránsito interurbano; es decir Manta recogerá toda la información proveniente de toda la provincia y la sacará al resto del país a través de la red troncal de microondas a 6 GHz actualmente en funcionamiento (Cerro de Hojas - Gramalotal - San Javier - Cochabamba - El Carmen), tal como se ve en la Figura 3-1.

En sentido contrario igualmente, toda la información llegará a Manta y ésta estación terminal la canalizará al resto de poblaciones de la provincia.

Queriendo estructurar de éste modo el sistema, lo dividimos en una red primaria y en otra secundaria, siendo la estación Cerro de Hojas, que por ser repetidora con derivación hacia Manta, la que recoja la parte norte, central y sur de la provincia. Por tanto, la red prima ria estará conformada por los trayectos Manta - Cerro de Hojas - Loma de Viento - Cerro Jama para la parte norte, y Manta - Cerro de Hojas - Cerro Corozo para la parte sur de la red.

Tres trayectos serán analógicos y dos serán digitales. El enlace Cerro de Hojas - Manta tendrá, a más del sistema analógico ya estructurado y en funcionamiento con capacidad hasta 960 canales telefónicos, un sistema digital, por cuanto Manta será una central interurbana digital, como ya se anotó, con los interfaces respectivos para la interconexión entre las dos centrales de diferentes tecnologías FDM y PCM.

En lo referente a la red secundaria, todos los enlaces en la parte norte serán analógicos por la facilidad que prestan las estaciones repetidoras de Loma de Viento y Cerro Jama que serán analógicas. Los enlaces de la parte central y sur serán digitales, a excepción de los tramos Loma de Viento - Bahía, Loma de Viento - Chone y Loma de Viento - Tosagua, que serán analógicos para así aprovechar lo que el IETEL tiene ya destinado para éstas poblaciones.

El motivo por el que se estructura de ésta manera la red, es decir con enlaces analógicos y digitales, es en primer lugar por incursiones ya en el campo de la nueva tecnología que bien se presta para ello toda la parte central y sur y en segundo lugar porque el IETEL tiene ya desarrollado el enlace Cerro de Hojas - Loma de Viento con estructura analógica y continuar hacia el sector norte, a través de Cerro Jama aún no desarrollada por IETEL, con el mismo sistema FDM como una etapa intermedia para en un futuro dotar a todo éste sector de enlaces PCM, sin que por ello en la actualidad, el sistema analógico no ofrezca comunicaciones confiables y de buena calidad.

6.- DESCRIPCION DE LA RED PRIMARIA DEL SISTEMA

6.1.- GENERALIDADES:

En el Capítulo 5 hicimos una clasificación jerárquica del sistema basada principalmente en sus capacidades y también en la ubicación de las diversas estaciones terminales, quedando definida la red primaria como la red principal ó red troncal de ésta provincia.

Está compuesta por las estaciones de Cerro Jama, Loma de Viento y Cerro Corozo como repetidoras, desde las que haremos derivaciones para enlazar mediante sistemas de baja capacidad a las poblaciones rurales contempladas dentro de éste estudio, y Manta que será una estación terminal digital de conmutación interurbana.

Como se puerder ver la Figura 6-1, ésta red queda constituida por 4 trayectos radioeléctricos con una longitud total de 165.39 Km, dividididos de la siguiente manera:

Cerro Jama - Loma de Viento:	53.28 Km.
Loma de Viento - Cerro de Hojas:	40.17 Km.
Cerro de Hojas - Manta:	22.70 Km.
Cerro de Hojas - Cerro Corozo:	49.24 Km.

Serán enlaces analógicos los de Cerro Jama - Loma de Viento; Loma

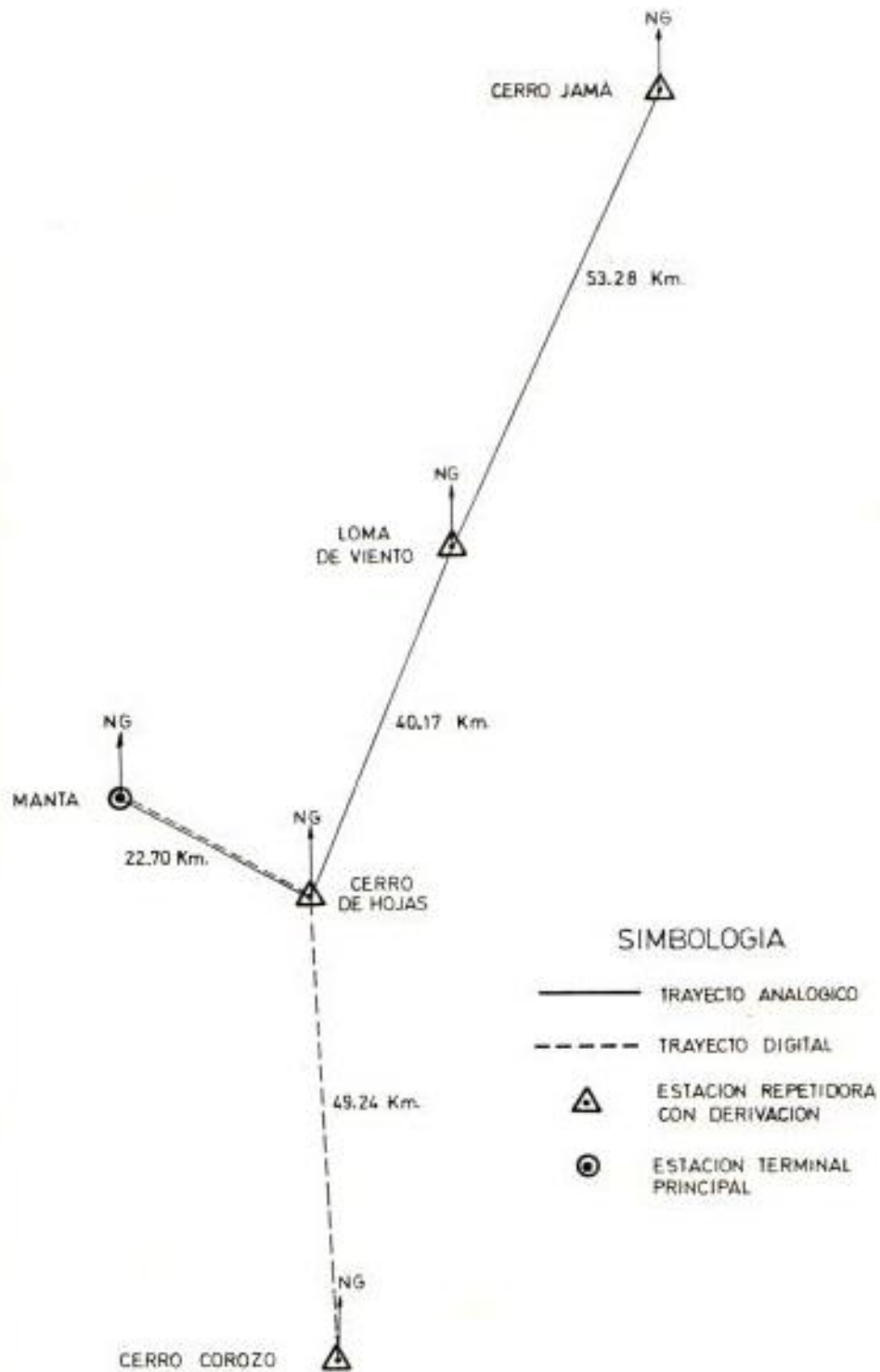


FIG. 6-1.- ESTRUCTURA DE LA RED PRIMARIA DEL SISTEMA.

de Viento - Cerro de Hojas; Cerro de Hojas - Manta, el cual tendrá además un sistema digital, dado que las necesidades de ampliación a una mayor capacidad para suplir la demanda actual del sistema FDM, se la hará utilizando un sistema de nueva tecnología como es el PCM; los dos trayectos mencionados primero, serán analógicos por cuanto en éste estudio se contemplan sistemas de ésta naturaleza para la parte Norte de Manabí, basado en la infraestructura desarrollada por IETEL en el enlace Cerro de Hojas - Loma de Viento y que es en FDM.

Se completa ésta red con el trayecto Cerro de Hojas - Cerro Corozo que será digital por cuanto ésta última estación presenta condiciones para implementarla con equipos en la modalidad mencionada.

De éste modo queda estructurada la red primaria, siendo la consideración inicial para su diseño, la de contemplar dentro del estudio las estaciones repetidoras existentes lo que trae como consecuencia grandes ventajas en el orden económico, ya que los costos de los planes de inversión totales disminuirán cuando se lleve a efecto toda la infraestructura y tenga que desarrollarse solamente las repetidoras de Cerro Jama y Cerro Corozo.

Por otro lado, los estudios de propagación se facilitaron por los motivos siguientes:

- Tener vías de acceso a las repetidoras
- Facilidad de utilizar las torres del IETEL

- La disponibilidad de la energía
- Facilidades para las pruebas de los tramos

En lo que respecta a las dos estaciones aún no desarrolladas, hubo la necesidad de llegar a ellas usando caminos vecinales hasta el punto donde mejor facilidad ofrecía para una completa línea de vista hacia las diferentes poblaciones a servirse, teniendo también muy en cuenta que toda instalación de telecomunicaciones debe ser accesible para su mantenimiento.

Las ubicaciones de las estaciones de microondas deben ser accesibles desde el comienzo de los trabajos de construcción, pero el ingeniero encargado de establecer los planes debe asegurarse que tal accesibilidad no supone gastos demasiado elevados. Usualmente el costo de la construcción del camino de acceso es importante, y hay que encontrar un justo equilibrio entre un emplazamiento suficientemente despejado desde el punto de vista de la propagación, por medio de un mástil poco elevado pero gracias a un camino de acceso difícil y oneroso, y otro en que el despeje necesario se alcance mediante un mástil alto, pero al que pueda llegarse más fácilmente por un camino menos costoso.

Acceso significa aquí, la facilidad con que el personal de mantenimiento pueda llegar a las instalaciones, de preferencia con un vehículo en todas las épocas del año y aún en fuertes inviernos.

Hay que tener muy en cuenta que las torres de microondas a ser instaladas en las repetidoras antes mencionadas, estarán ubicadas en terreno alto y libre de obstrucción, quedando así expuestas a descargas eléctricas, pero con un pararrayos y un sistema de puesta a tierra adecuados, es poco probable que las torres sufran daños.

En la planificación y estructuración de ésta red hemos tomado en cuenta de que no se produzcan interferencias de otros sistemas o equipos cuando la estación de microondas debe estar cerca de un transmisor de televisión u otra estación de otro sistema radioeléctrico, por lo que se hace necesario considerar su importancia eventual. Por lo general, las interferencias pueden reducirse al mínimo eligiendo cuidadosamente el emplazamiento y las frecuencias de funcionamiento y es por ello que al estar disponible la banda de 7 GHz, se ha escogido ésta para canalizar la red primaria, de acuerdo a la Recomendación 385-1 del CCIR, con una frecuencia central f_0 de 7575 MHz y con las frecuencias de cada radiocanal en MHz, mediante las siguientes relaciones:

$$\text{Mitad inferior de la banda: } f_n = f_0 - 154 + 7n$$

$$\text{Mitad superior de la banda: } f_n' = f_0 + 7 + 7n$$

donde:

f_0 : frecuencia central de la banda ocupada, en MHz

f_n : frecuencia central de un radiocanal de la mitada inferior de

esa banda, en MHz

f_n' : frecuencia central de un radiocanal de la mitad superior de esa banda, en MHz.

n : 1,2,320

La disposición de los radiocanales, lo exponemos en la Figura 6-2

En la Tabla VI.1-A, se muestra el resultado de las relaciones antes indicadas y esos valores son los necesarios para establecer el correspondiente plan de frecuencias.

Con éstas frecuencias y teniendo disponible 20 radiocanales en la mitad inferior y 20 en la superior, realizamos en la Figura 6.3 la asignación de los canales de radio para ésta red primaria.

TABLA VI.1 - A

MITAD INFERIOR		MITAD SUPERIOR	
$f_n = f_o - 154 + 7n$		$f_n = f_o + 7 + 7n$	
# de CANAL	FRECUENCIA (MHz)	# DE CANAL	FRECUENCIA (MHz)
1	7428	1'	7589
2	7435	2'	7596
3	7442	3'	7603
4	7449	4'	7610
5	7456	5'	7617
6	7463	6'	7624
7	7470	7'	7631
8	7477	8'	7638
9	7484	9'	7645
10	7491	10'	7652
11	7498	11'	7659
12	7505	12'	7666
13	7512	13'	7673
14	7519	14'	7680
15	7526	15'	7687
16	7533	16'	7694
17	7540	17'	7701
18	7547	18'	7708
19	7554	19'	7715
20	7561	20'	7722

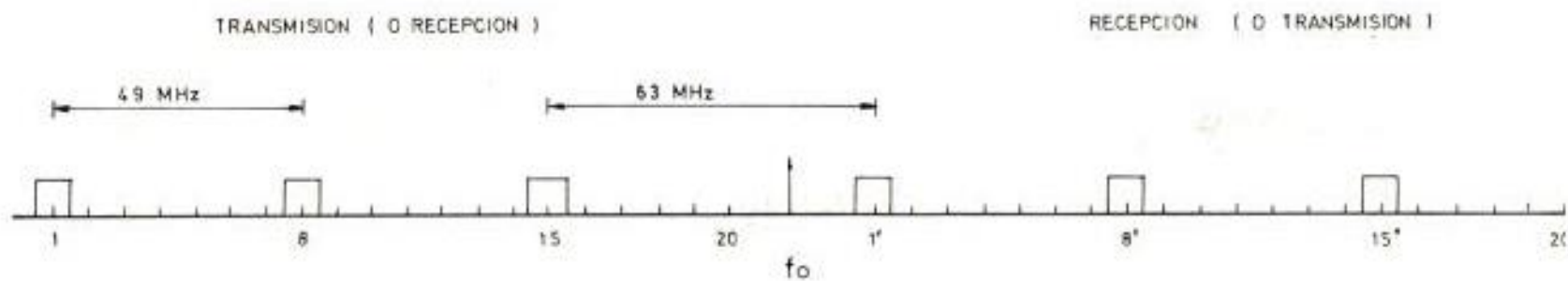


FIG. 6-2- DISPOSICION DE RADIOCANALES EN BANDA DE 7 GHz

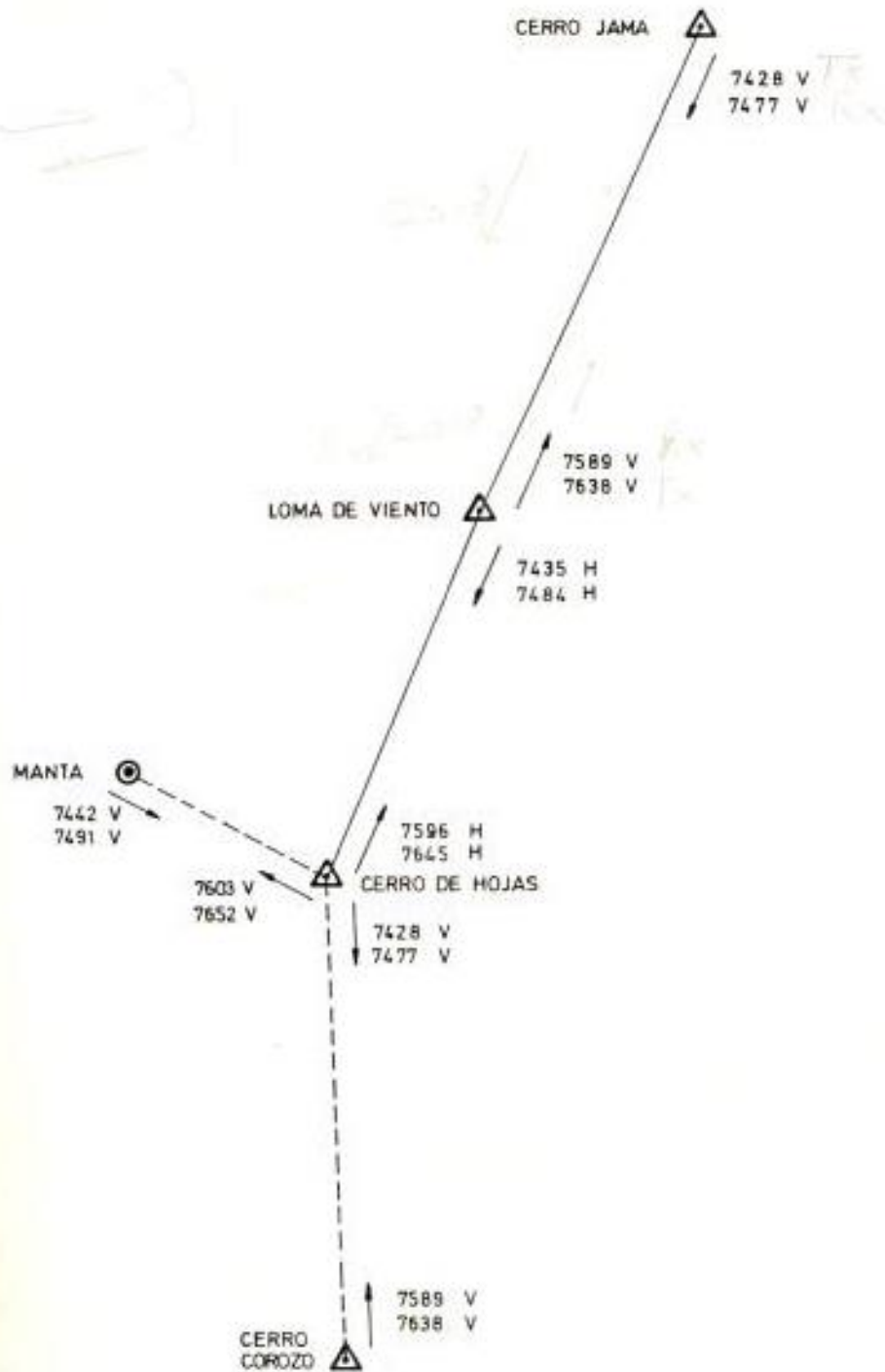


FIG. 6-3.- ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA RED PRIMARIA.

6.2.- UBICACION GEOGRAFICA DE LAS NUEVAS ESTACIONES REPETIDORAS

Para seleccionar la mejor ubicación ó situación de una estación repetidora de microondas deben considerarse los principales aspectos siguientes (3):

- 1) Mapas: Ante todo, se debe disponer de la mejor colección de mapas topográficos del territorio en estudio, que sea posible obtener. Es preciso conocer a fondo el relieve general de la zona y ser consciente de los factores relacionados con la construcción del sistema de transmisión.
- 2) Inestabilidad del Terreno: Esto puede influir en el emplazamiento de las torres de las estaciones de relevadores radioeléctricos, independientemente de sus efectos en los cimientos de los edificios. Todos los casos de éste tipo deben ser estudiados por un ingeniero de obras civiles.
- 3) Tierras cultivadas: En la medida de lo posible, se evitará desarrollar una estación en campos cultivados, porque ello implica ordinariamente el pago de indemnizaciones a los propietarios.
- 4) Fenómenos estacionales marcados: En época de mucho calor, seguida a menudo por intensas lluvias y que podrían dificultar el mantenimiento de los sistemas, es necesario mantener lo suficientemente frescas las salas de equipos, tanto en interés del material como del personal de mantenimiento.

Esto se logra con un sistema de aire acondicionado que ayuda a reducir la humedad de la sala, la que podría producir fugas en los aparatos y su deterioro total.

- 5) Accesos: En general se debe construir una nueva carretera o solamente emplear la ya existente si la hay, en todo caso la construcción está en relación con el tipo de vehículo que circulará por ella para el mantenimiento de la estación y se tendrá mucho cuidado de que no sea extremadamente costosa.
- 6) Alimentación de energía: Los servicios y sistemas de telecomunicaciones deben funcionar día y noche, razón por la cual la alimentación de energía debe ser continua y segura. En particular, si se producen cortes en la red pública de distribución de energía, el sistema de telecomunicación debe continuar funcionando gracias a una instalación auxiliar de alimentación. En general, por estar aisladas las estaciones repetidoras, no se dispone de energía pública y esto suscita diversos problemas, por lo que se debe recurrir a grupos electrógenos diesel que funcionen de manera continua, y prever un grupo auxiliar de tal modo que no se interrumpa la alimentación al pasar del grupo en servicio al grupo auxiliar.
- 7) Area disponible: Para levantar una torre en una estación, no se necesita de centenares de metros cuadrados, por no ser usualmente necesario, pero si es de mucha importancia asegurar la ausencia de obstrucciones en las cercanías porque ellas podrían causar

reflexiones no deseables de la onda electromagnética.

Ahora, en lo que respecta a las consideraciones en la propagación misma, una vez elegido el mejor lugar para la estación repetidora, es necesario tener muy en cuenta los puntos siguientes:

a) Longitud del tramo: La potencia que deba tener el transmisor de radio, depende principalmente de la distancia y también de la frecuencia en el sentido que, a mayores distancias y altas frecuencias, corresponden atenuaciones de tramo mayores y grandes dificultades en la propagación, no pudiéndose aumentar demasiado la potencia, tratando de compensar el aumento de atenuación, en cuanto a la frecuencia elevada, ya que ello está limitado a los pocos vatios que los tubos o diodos modernos son capaces de dar.

b) Interferencias: Cuando existen redes compuestas de algunos tramos, hay la posibilidad que una señal de radio de una estación, pueda ser recibida en vía excepcional y muy atenuada, por otra estación de la cadena situada sobre la prolongación de la distancia de las dos estaciones interesadas.

c) Zonas de Fresnel: En un tramo, cuando hay presencia de obstáculos, es importante estudiar el elipsoide de Fresnel inspeccionando cuidadosamente el recorrido, de modo que exista una visibilidad completa entre las estaciones en estudio y la zona de Fresnel no sea obstruída.

Teniendo en cuenta todas éstas consideraciones mencionadas en la elección del mejor sitio para las estaciones, podremos dar soluciones verdaderas cuando diseñemos rutas de microondas. Y es precisamente con éstos antecedentes que hicimos la selección de las nuevas estaciones que son parte de éste estudio como son Cerro Jama y Cerro Corozo, además de las estaciones Cerro de Hojas y Loma de Viento, ya existentes y desarrolladas.

Una vez que realizamos el análisis en las cartas topográficas de escala 1:50.000 y 1:25.000 preparadas por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), escogimos por conveniencia técnica, como punto de interconexión interurbano, a la ciudad de Manta en donde IETEL tiene constuída una central funcional.

En la Figura 6-4, se ilustra con precisión las estaciones que conforman ésta red, así como también los varios Azimuts Geográficos calculados por el método de la posición inversa que utiliza las coordenadas de los puntos y Tablas de Posiciones Geodésicas, cuyo procedimiento y cálculos constan en el Apéndice A.

A continuación damos breves detalles característicos de cada una de las estaciones que forman la red primaria:

CERRO JAMA: Estación repetidora no desarrollada a 638 m. de altura sobre el nivel del mar, en el sitio cuyas coordenadas geográficas son:

00° 15' 54" LATITUD SUR

80° 12' 22" LONGITUD OESTE

Está ubicada en el extremo norte de la red y será una estación con derivación para interconectar determinadas áreas de servicio. Habrá que desarrollar una vía de acceso, de manera que ello no signifique inversión extremadamente elevada.

No existe red de energía pública cercana, por lo que habrá que instalar dos motores-generadores con cambio automático.

LOMA DE VIENTO: Estación repetidora desarrollada a 385 m. de altura sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son:

00° 42' 16" LATITUD SUR

80° 24' 21" LONGITUD OESTE

Es una repetidora con derivación y cuya vía de acceso de aproximadamente 7½ Km, parte de la carretera estable muy cerca a Bahía de Caráquez.

✓ CERRO DE HOJAS: Estación repetidora con derivación desarrollada a 700 m. sobre el nivel del mar y tiene como coordenadas geográficas:

01° 02' 28" LATITUD SUR

80° 32' 29" LONGITUD OESTE

✓ CERRO COROZO: Estación repetidora con derivación no desarrollada, e

760 m. sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son:

01° 29' 10" LATITUD SUR

80° 31' 17" LONGITUD OESTE

La entrada al sitio mencionado, se inicia en la carretera estable Colimes de Paján- Jipijapa y recorrimos 1.5 Km. utilizando un camino de verano vehicular. De aquí, hasta llegar al lugar mismo donde realizamos las pruebas, lo hicimos a pie, por lo que habrá que desarrollar una pequeña vía de acceso para llegar al sitio indicado.

Las líneas de alta tensión que alimentan los pueblos del sur de Jipijapa, pasan al pie del carretero estable, lo que facilitaría la derivación de energía eléctrica al sitio Corozo.

MANTA: Estación terminal actualmente desarrollada a 3 m. sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son:

00° 56' 37" LATITUD SUR

80° 43' 15" LONGITUD OESTE

En el edificio de 3 plantas construido por IETEL, funcionan los equipos para transmisión analógica. Habrá que instalar en esta misma central todo el sistema de transmisión digital para el enlace con Cerro de Hojas.

En la Tabla VI.2-A se sumariza las estaciones de la red principal, alturas, distancia de cada uno de los trayectos y la longitud total.

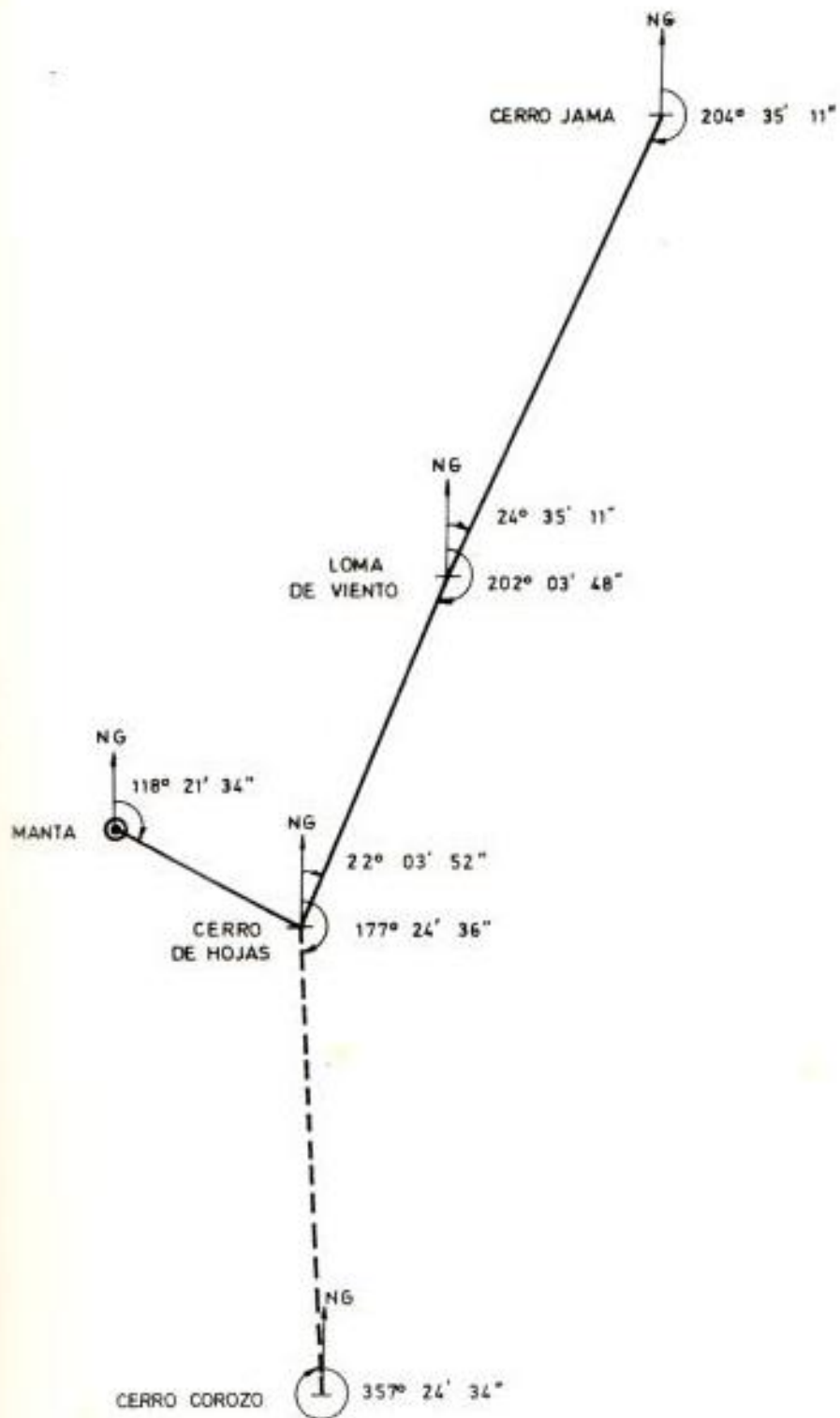
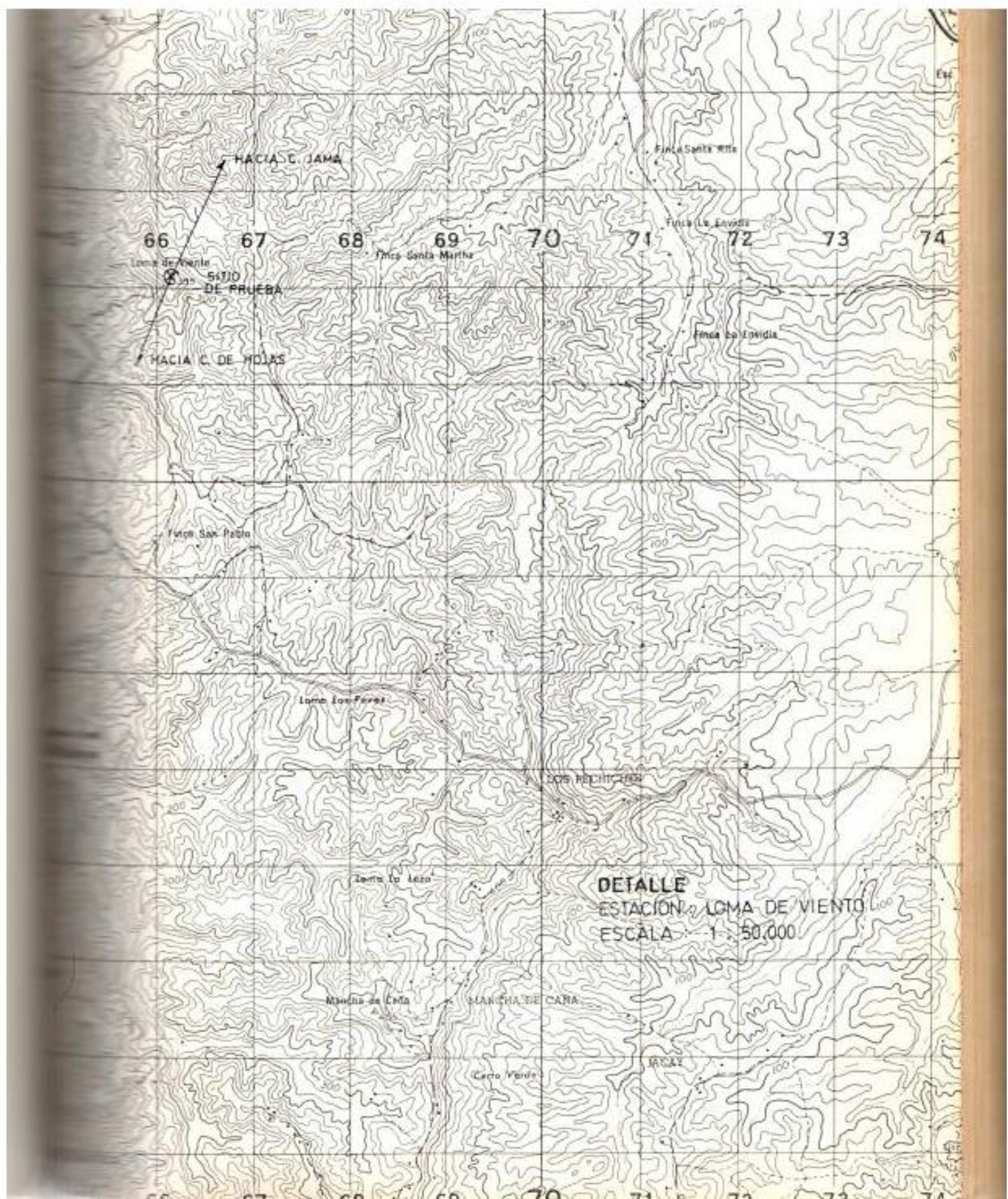


FIG. 6-4.- AZIMUTS Y DISTANCIAS DE LOS TRAYECTOS DE LA RED PRIMARIA.-

TABLA VI.2 - A

TRAMO	ESTACION	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA (MTS.)	DISTANCIA DEL TRAMO (KMTS.)
1	CERRO JAMA	00° 15' 54"	80° 12' 22"	638	53.28
	LOMA DE VIENTO	00° 42' 16"	80° 24' 21"	385	
2	CERRO DE HOJAS	01° 02' 28"	80° 32' 29"	700	40.17
3	CERRO COROZO	01° 29' 10"	80° 31' 17"	760	49.24
4	MANTA	00° 56' 37"	80° 43' 15"	3	22.70*
LONGITUD TOTAL DE LA RUTA					165.39

* Esta distancia es Cerro de Hojas - Manta



HACIA C. TAMA

66

67

68

69

70

71

72

73

74

Loma de Viento

FINCA DE PRUEBA

Finca Santa Rita

Finca La Escondida

Finca San Epifanio

Finca San Pablo

Loma Los Fuegos

Loma La Lanza

DOS RECHICHEROS

Mancha de Caba

MANCHA DE CARA

Cerro Verde

ARCAZ

DETALLE
ESTACION LOMA DE VIENTO
ESCALA 1:50,000

66

67

68

69

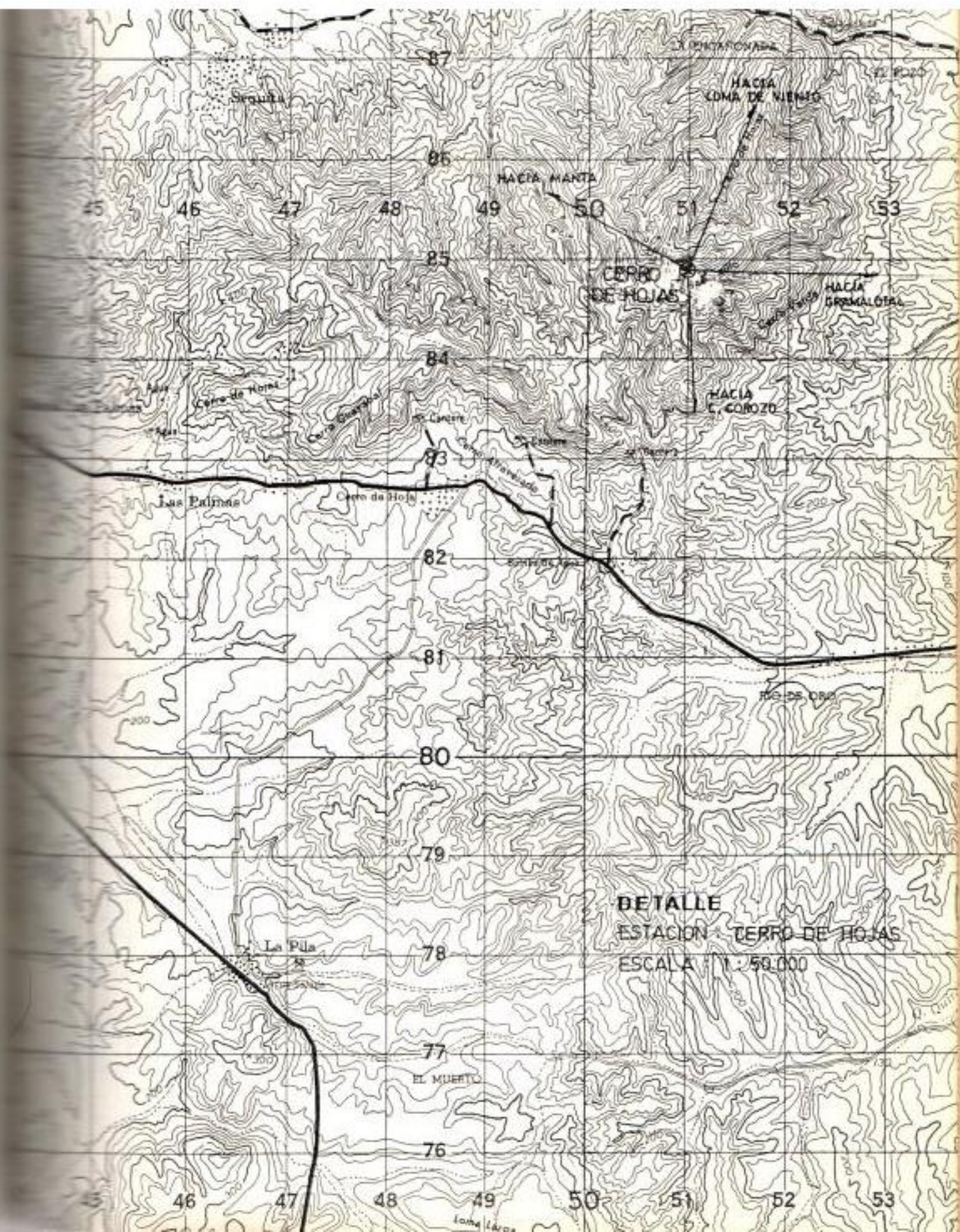
70

71

72

73

74



DETALLE
ESTACION CERRO DE HOJAS
ESCALA 1:50,000

DETALLE
ESTACION : CERRO GOROZO
ESCALA 1 : 50.000



6.3.- PERFILES DE LOS TRAYECTOS PARA $K = 4/3$

Habiendo seguido todos los pasos anteriormente mencionados para obtener el mejor sitio de las estaciones repetidoras, debemos ahora verificar las diferentes elevaciones del terreno comprendido entre cada salto, o entre dos estaciones, objetivo que se logra analizando las cartas topográficas del IGM para de ello trazar un diagrama de perfil en el que indicaremos todas las cotas con la mayor precisión posible.

La curvatura de la tierra y la propagación del haz de microondas son los factores importantes que consideraremos para la gráfica del perfil.

A pesar de que la superficie de la tierra es una curva, el haz de energía de microondas tiende a viajar en línea recta. Sin embargo, dicho haz normalmente se inclina hacia abajo una pequeña cantidad debido a la refracción atmosférica, y ésta cantidad de inclinación varía con las condiciones atmosféricas. El grado y la dirección de dicha inclinación puede ser convenientemente definido por un "factor del radio equivalente de la tierra". Este factor K , multiplicado por el radio real de la tierra R , es el radio de una curva ficticia de la tierra. Esta curva es equivalente a la curvatura relativa del haz de microondas con respecto a la curvatura de la tierra, o sea que es igual a la curvatura real de la tierra menos la curvatura del haz de microondas real.

Cualquier cambio en la curvatura del haz, causado por condiciones atmosféricas, puede ser expresado como un cambio en K . Esta curvatura relativa puede ser mostrada gráficamente ya sea como una tierra curvada con radio KR y un haz de microondas como una línea recta, o como una tierra plana con un haz de microondas que tenga una curva de KR .

Un perfil graficado en coordenadas rectangulares, sin curvatura de la tierra y con el haz dibujado como una línea recta entre las antenas, representa la condición cuando el haz tiene una curvatura igual a la de la tierra y el radio equivalente de la tierra K es igual a infinito. Esta es una condición extrema que debe ser investigada cuando se hace un estudio del efecto de condiciones atmosféricas anormales en la propagación sobre un trayecto particular.

Es de nuestro interés, estudiar el trayecto bajo condiciones atmosféricas normales cuando K es igual a $4/3$, y como los perfiles serán graficados en diagramas especiales en los que ya constan la curvatura de la tierra para el índice ya mencionado, no habrá necesidad entonces de hacer el cálculo de la curvatura de la tierra y por tanto ubicaremos directamente la cota leída en las cartas topográficas, en la distancia correspondiente a la longitud total del trayecto en análisis.

Analicemos un poco más este factor K llamado "Índice Troposférico". Este parámetro permite, con arreglo a la teoría del radio terrestre

ficticio, considerar como líneas rectas los trayectos de propagación de las ondas electromagnéticas que sufren refracciones en una atmósfera estratificada. Para ello es necesario que las condiciones de propagación sean estables o casi estables, y que se pueda aplicar la teoría simplificada de la refracción electromagnética, según la cual se supone que la estratificación del índice de refracción N es uniforme y que su variación en función de la altura es lineal.

El índice troposférico es la relación entre el radio ficticio de la tierra y su radio real, que se considera igual a 6375 Km. Este índice, que como ya fue anotado, depende de la temperatura, de la presión atmosférica y del grado higrométrico, y que está en relación inversa con la velocidad del viento, varía en el tiempo y en el espacio según leyes aleatorias que sólo se pueden estudiar experimentalmente con arreglo a criterios estadísticos.

En el informe 231-1 del CCIR se indican los valores del parámetro ΔN , incremento del índice N , para diversas partes del mundo y para los diferentes meses del año; dicho parámetro representa la diferencia, en millonésimas, entre el índice de refracción a 1.000 m. arriba de la tierra y el valor al nivel de la tierra.

Por transformaciones se llega a la relación siguiente entre éste parámetro y el índice K :

$$K = \frac{157}{157 + \Delta N}$$

De acuerdo con los datos del CCIR, ΔN es siempre negativo, con lo que el índice troposférico $K > 1$. Así con el valor medio proporcionado de $\Delta N = -40$ unidades por kilómetro (4), da un valor de:

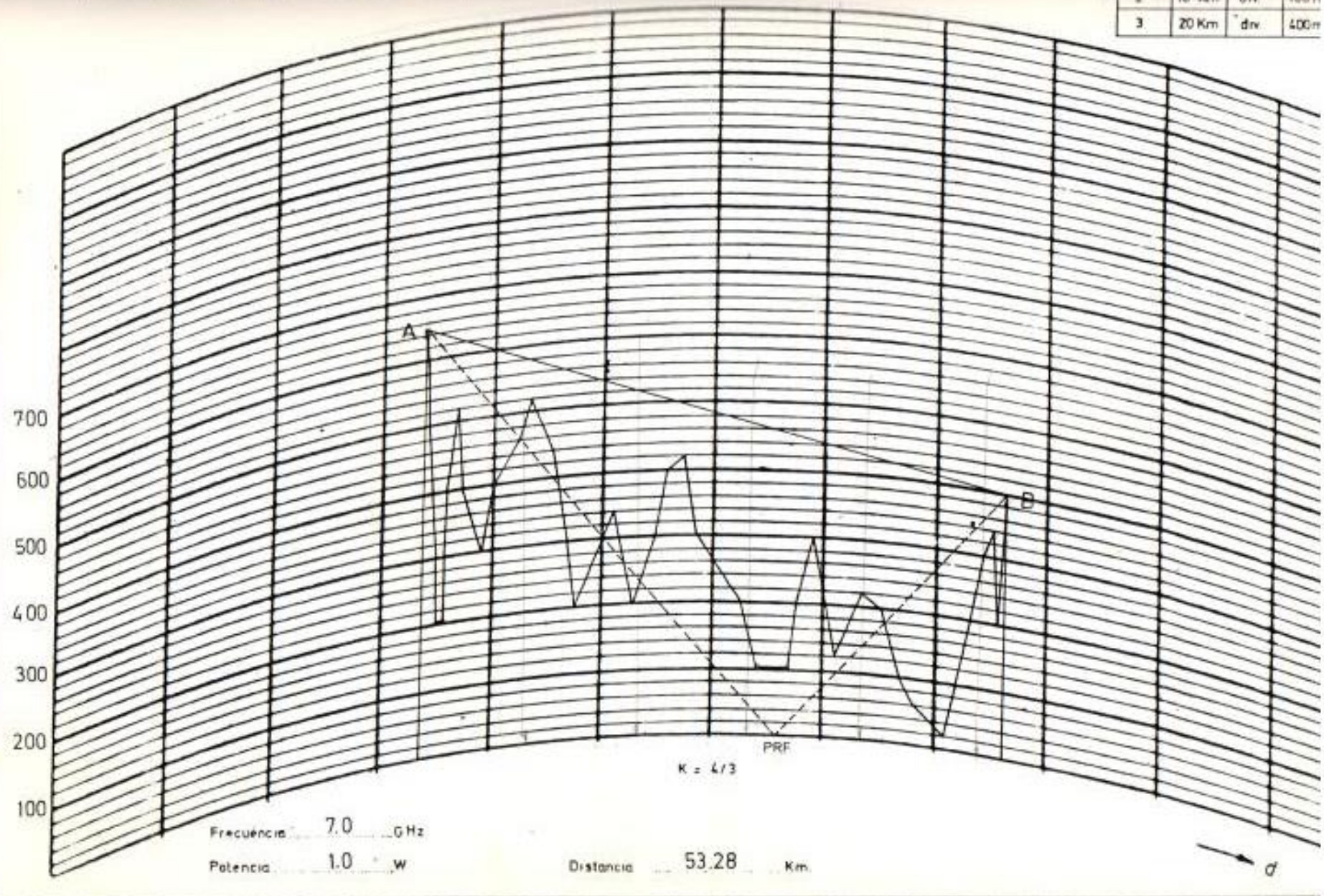
$$K = 1.34 \approx 4/3$$

Este valor corresponde a condiciones de atmósfera standard. Para un $\Delta N = -157$ unidades por kilómetro, dará un valor de K infinito lo que corresponde a condición de refracción super normal. Y con un $\Delta N = + 79$ unidades por kilómetro resulta un $K = 2/3$; refracción sub normal.

Los valores de K comprendidos entre 0 y 1 son peligrosos, corresponden a un régimen denominado de infrarrefracción, que se presenta en rarísimas ocasiones y es en cualquier caso de muy breve duración.

a. E. JANA 530 m 10 m
 b. LOMA DE VIENTO 385 m 15 m

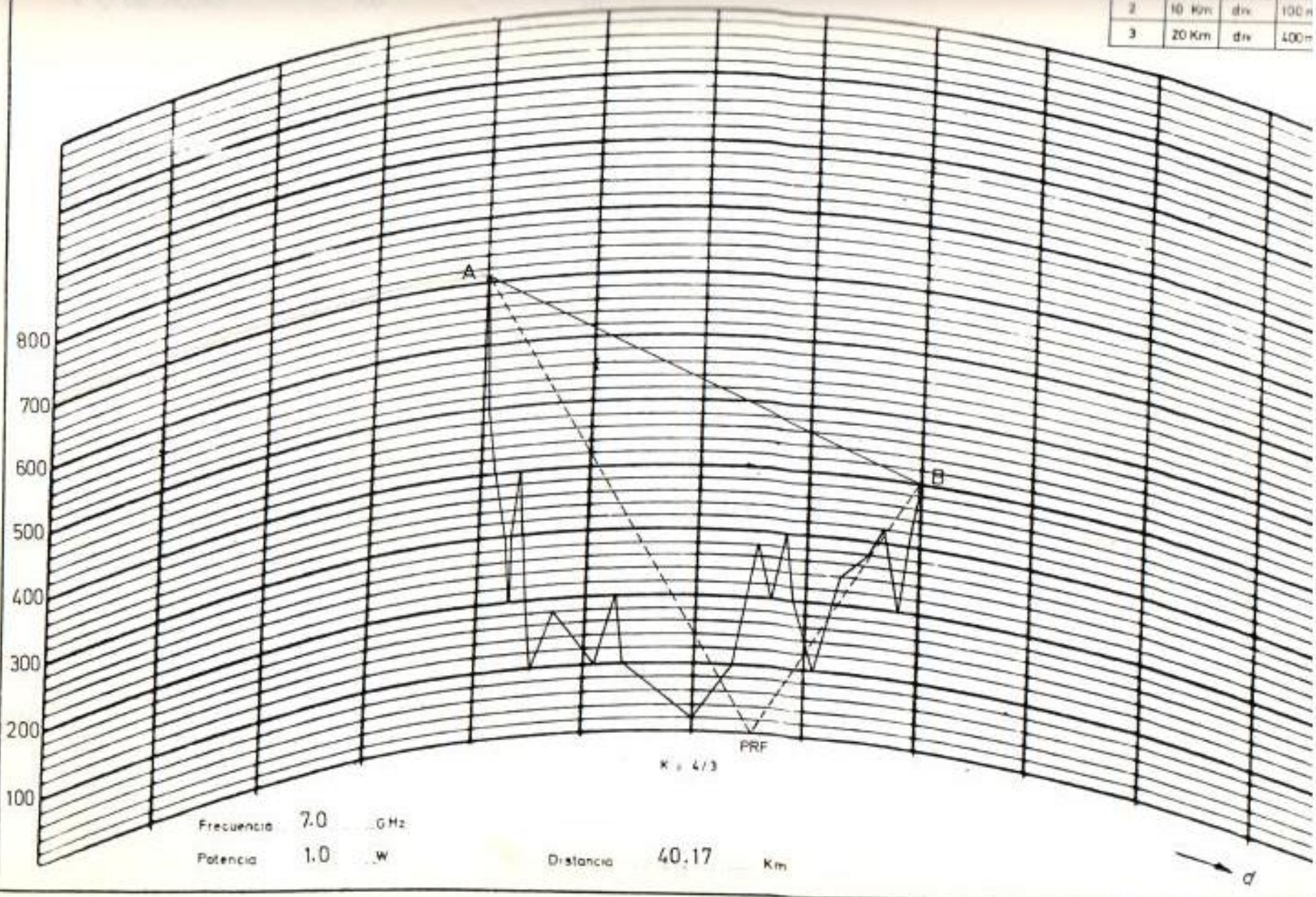
1	5 Km	div	25 n
2	10 Km	div	100 n
3	20 Km	div	400 n



a CERRO DE HOJAS
 b LOMA DE VIENTO

700 m 10 m
 365 m 15 m

1	5 Km	div	25 m
2	10 Km	div	100 m
3	20 Km	div	400 m



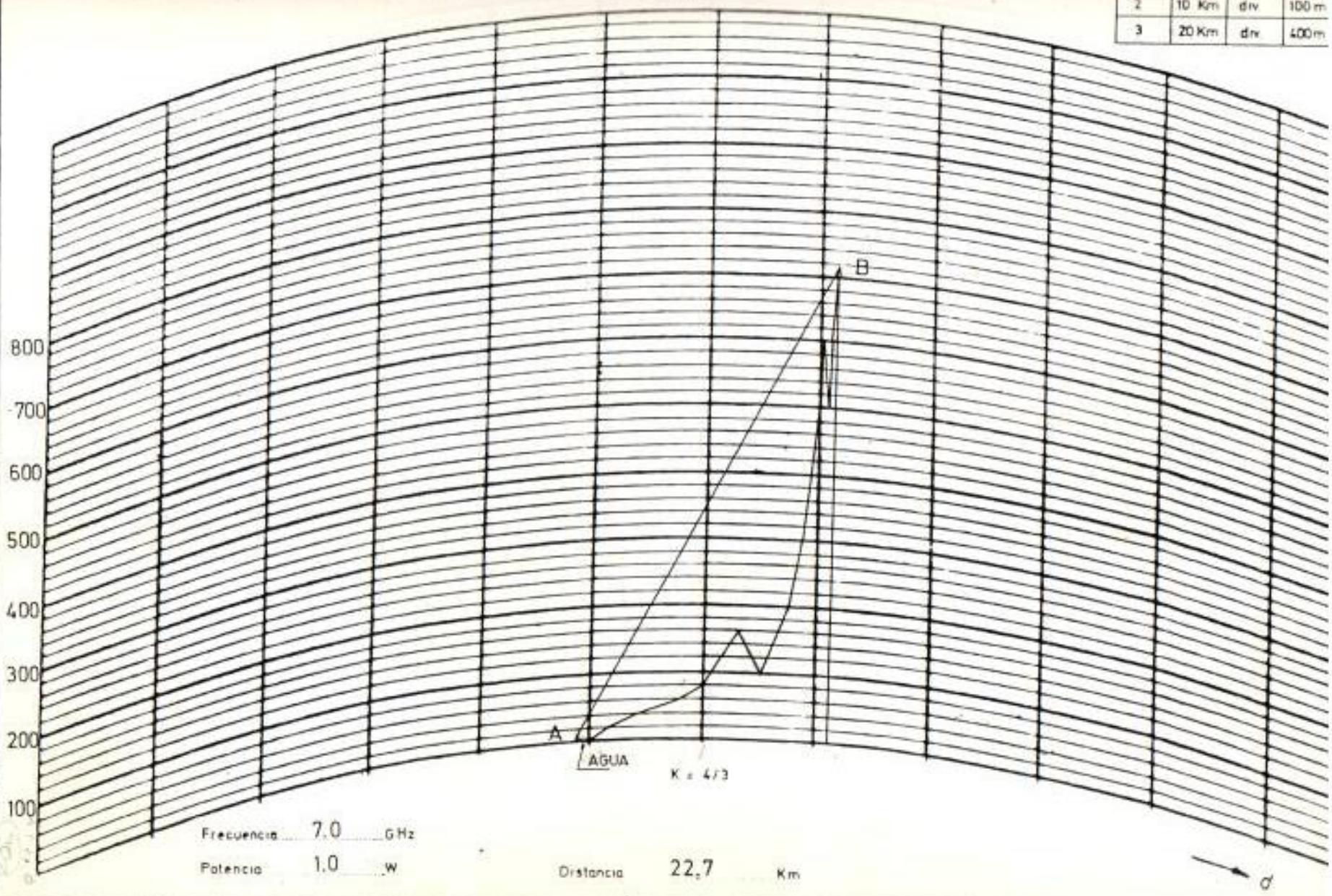
Frecuencia 7.0 GHz
 Potencia 1.0 W

Distancia 40.17 Km



NIVEL
 a. MANTA 0.0 m 15 m
 b. C. DE HOJAS 700 m 10 m

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



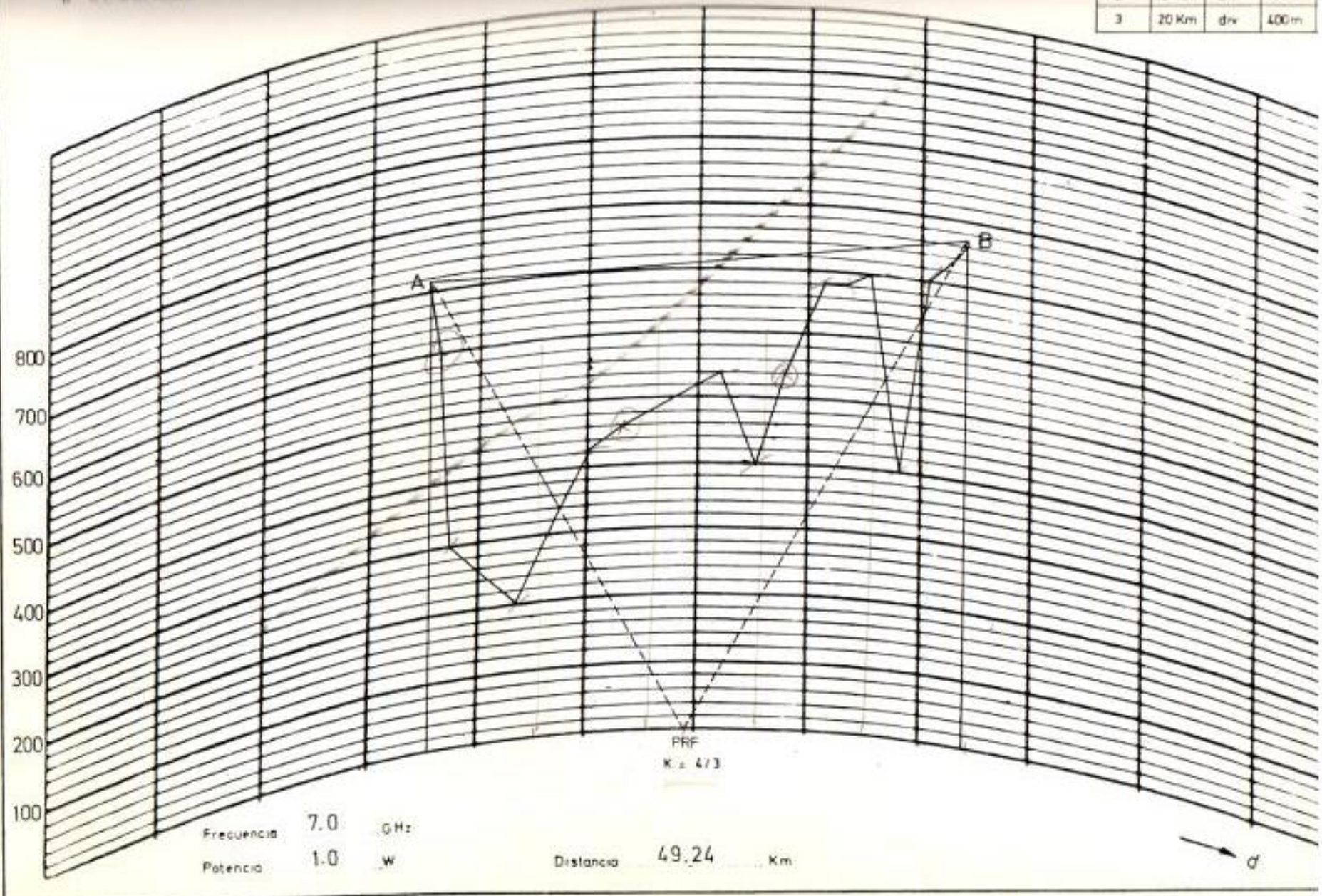
Frecuencia 7.0 GHz
 Potencia 1.0 W

Distancia 22.7 Km

a. G. DE HOLAN
 b. C. COROZO

700 m 10 m
 700 m 10 m

	r	d	R
1	5 Km	div	25 m
2	10 Km	div	100 m
3	20 Km	div	400 m



Frecuencia 7.0 GHz
 Potencia 1.0 W

Distancia 49.24 Km

→ d

6.4.- PERDIDAS TOTALES DE TRANSMISION

La atenuación total entre los terminales de salida del transmisor y los terminales de entrada del receptor, se denomina pérdidas de transmisión y se la expresa mediante la siguiente relación:

$$A_t = A_o + A_f + A_c - (G_t + G_r) \quad (6.1)$$

en donde: A_o = pérdidas en el espacio libre

A_f = pérdidas en guía onda o alimentadores de antena

A_c = pérdidas en filtros y circuladores de antena

G_t = ganancia de antena de transmisión

G_r = ganancia de antena de recepción

La atmósfera y la tierra sobre las que viaja la señal de radio, tienen un efecto modificador en las pérdidas en un trayecto de radio y existe una pérdida característica para una frecuencia y distancia dadas, la cual se incrementa con los parámetros mencionados. Las pérdidas de espacio libre es definida como las pérdidas que se obtendrían entre dos antenas isotrópicas en el espacio libre, donde no hay influencias de la tierra ni obstrucciones, en otras palabras donde no existen bloqueo, refracción, difracción y absorción. Una antena isotrópica es definida como una antena que irradia o recibe energía uniformemente en todas direcciones, sin embargo, esta antena es irreali

zable físicamente pero proporciona un punto de referencia conveniente para los cálculos.

La energía de radio se pierde en el espacio debido principalmente a la dispersión de la energía en el frente de onda a medida que ella viaja por el espacio, en relación con la ley del "cuadrado inverso". Solamente una pequeña cantidad de energía que se irradia desde la antena transmisora, alcanza a la antena receptora. La energía restante está dispersa sobre áreas del frente de ondas fuera del área de captura de la antena receptora.

Entonces, si consideramos dos antenas isotrópicas, separadas una distancia d en donde la una está transmitiendo cierta potencia P_t y la otra recibiendo una potencia P_r , la relación P_t/P_r se la define como "Pérdida de transmisión en el espacio libre A_o ": Por tanto para una frecuencia y una distancia dada, las pérdidas de espacio libre viene expresada en la siguiente fórmula:

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4 \pi d)^2}{G_t G_r \lambda^2} \quad (6.2)$$

que expresada en decibeles es:

$$A_o \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_t}{P_r}$$

Si asumimos ganancia unitaria de las dos antenas isotrópicas

($G_t = G_r = 1$) y utilizando la ecuación (6.2) tenemos:

$$A_p \text{ (dB)} = 92.5 + 20 \log d + 20 \log f \quad (6.3)$$

en donde d: distancia dada Km. y f en GHz.

Ganancia de Antena:

En sistema de microondas punto a punto, se usan antenas muy direccionales. Enfocando la energía en un haz estrecho, que puede ser dirigido hacia la antena receptora, la antena transmisora puede incrementar la potencia efectiva irradiada varias veces la magnitud de lo que incrementaría una antena no direccional. La antena receptora de una manera análoga, puede también incrementar la potencia efectiva recibida, en una cantidad similar.

La ganancia es una característica de importancia en las antenas y es por ello que debemos tener suficiente ganancia de modo que la pérdida neta deseada entre la salida del transmisor y la entrada del receptor, sea lograda dentro del valor razonable. Esta ganancia es expresada en decibelios (dB) relativa a la ganancia de una antena isotrópica, la cual es una antena teórica omnidireccional, con una ganancia la que por definición debe ser de 1, ó 0 dB.

A una frecuencia de operación dada, la ganancia de una antena (ya sea transmisora o receptora) es función del área efectiva y está dada por la siguiente fórmula:

$$G = 10 \log \left(\frac{4 \pi A_e}{\lambda^2} \right) \quad (6.4)$$

donde:

$$A = \text{área de apertura de la antena} \quad A = \frac{\pi D^2}{4}$$

c = eficiencia de la antena (0.5 para antenas parabólicas)

λ = longitud de onda

D = diámetro de antena

Las eficiencias de la mayoría de las antenas parabólicas comerciales, están en el orden del 55 al 65%.

Con una eficiencia del 55%, la ganancia de una antena parabólica está dada por:

$$G = 20 \log D + 20 \log f + 17.8 \quad (6.5)$$

donde D = diámetro en metros y f en GHz (considerando una eficiencia de 0.5)

A continuación, en la Tabla VI.4-A se dan valores calculados de ganancia para antenas parabólicas como una función del diámetro, de la frecuencia de operación y para eficiencia de 0.5.

Pérdidas en guía-onda ó alimentadores:

La guía de onda o alimentador de antena es el medio de transmisión que permite acoplar la antena con el equipo de radio. Este medio de transmisión es importante no sólo por sus características de pér-

TABLA VI.4 - A

FRECUENCIA (MHz)	DIAMETRO (m)	GANANCIA (dB)	λ (m)
7575	1.2	36.9	0.039
	2.4	42.9	
	3.3	45.7	
	4.0	47.4	
	5.0	49.3	

didás, las cuales intervienen en el cálculo de pérdidas del trayecto, sino por el grado de acoplamiento de impedancia que deba obtenerse, debido a los efectos de ruido por distorsión del eco.

En la banda de 2 GHz, usamos cable coaxial como alimentador y, excepto para muy cortas longitudes, generalmente es aire el tipo de dieléctrico. Tamaños típicos son los de 7/8 pulg. con una atenuación de aproximadamente 6.56 dB/100 m, y los de 1/8 a 5/8 pulg. con una atenuación de alrededor de 3.6 dB/100 m. (4).

En las otras bandas superiores a 2 GHz, se usan casi exclusivamente guías de onda de los tres tipos básicos y que son: rectangulares, circulares o elípticas. Para el caso de la red primaria en 7 GHz, usaremos guía de onda rectangular tipo FR-7L por su baja atenuación. Según las curvas de atenuación vs. frecuencia de la Figura 6-5 para guía de onda tipo FR-7L (ver Tabla VI.4-B) las pérdidas son de 4.75 dB/100 m. a la frecuencia de 7575 MHz.

Atenuación en filtros y circuladores:

Para sistemas que utilizan la misma antena hasta con tres radiocanales, usaremos 3.6 dB como atenuación en filtros y circuladores.

Una vez determinados y explicados los parámetros que intervienen en las pérdidas totales de transmisión, procederemos a los cálculos para los trayectos que conforman la red primaria.

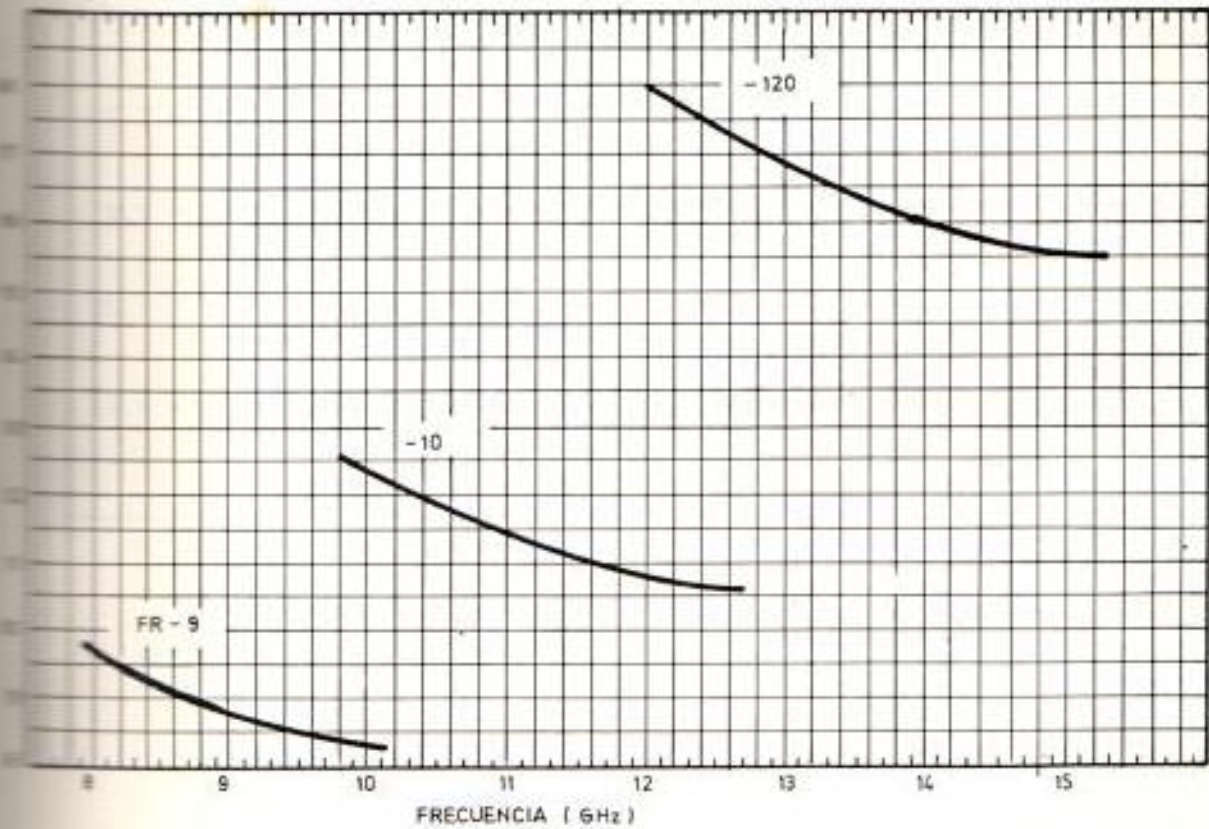
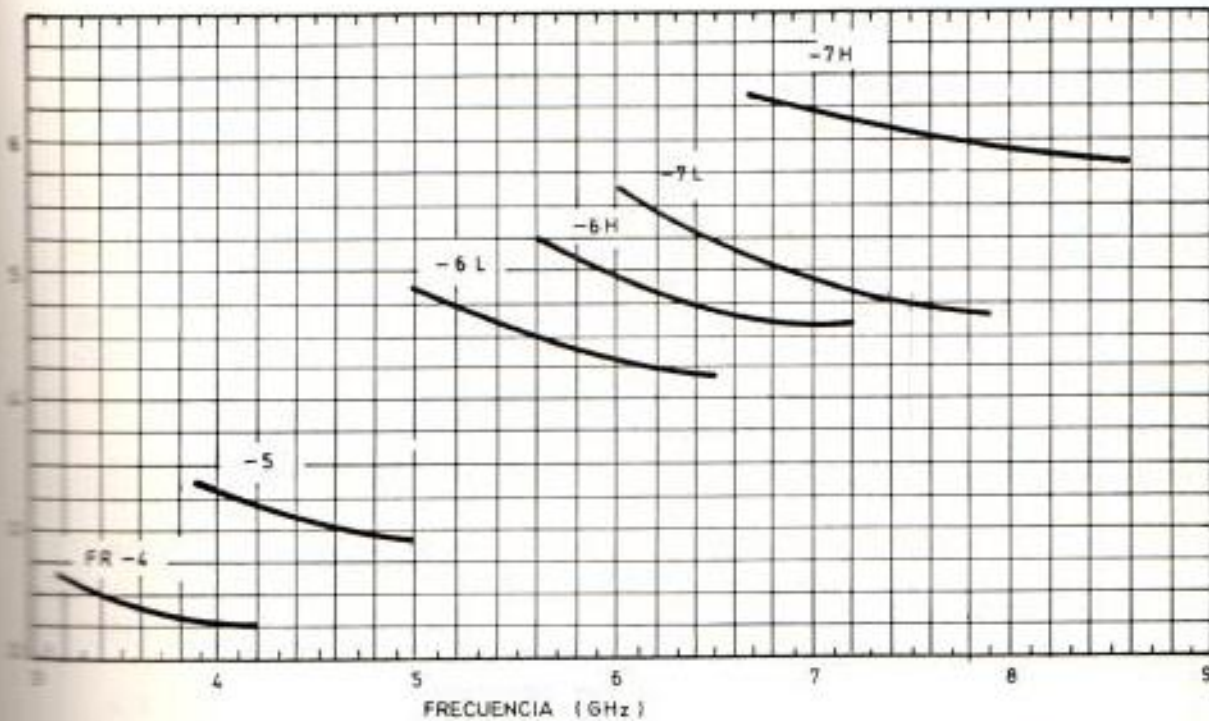


FIG. 6-5.- ATENUACION vs. FRECUENCIA PARA GUIA ONDA FR-7L

TABLA VI.4 - B

BANDA DE FRECUENCIA GHz	GUIA RECTANGULAR TIPO	TERMINAL		ROE
		CONECTOR	ADAPTADOR	
3.4 - 3.8	FR - 4	FRC - 4	FRA - 4A	1.08
4.4 - 5.0	FR - 5	FRC - 5	FRA - 5	1.08
5.0 - 6.0	FR - 6L	FRC - 6L	FRA - 6A	1.08
6.4 - 7.2	FR - 6H	FRC - 6H	FRA - 7A	1.07
7.1 - 7.8	FR - 7L	FRC - 7L	FRA - 7B	1.07
7.7 - 8.2	FR - 7H	FRC - 7H	FRA - 7C	1.06
8.5 - 10.0	FR - 9	FRC - 9	FRA - 9	1.08
10.7 - 11.7	FR - 10	FRC - 10	FRA - 10 A	1.08
14.4 - 15.4	FR -120	FRC -120	FRA -120	1.08

Conociendo el valor de la potencia de transmisión y con el valor obtenido de la atenuación total, podemos calcular la potencia de la señal en recepción P_r mediante la siguiente relación:

$$P_r = P_t - A_t \quad (6.6)$$

TRAYECTO: CERRO JAMA - LOMA DE VIENTO

TABLA VI.4 - C

ESTACION	CERRO JAMA	LOMA DE VIENTO
ALTURA DE ANTENA (m)	10	15
LONGITUD DE GUIA - ONDA (m)	20	25
DIAMETRO DE ANTENA (m)	2.4	2.4
GANANCIA DE ANTENA (dB)	42.9	42.9

Distancia: $d = 53.28$ Km.

Frecuencia $f_0 = 7575$ MHz

Haciendo uso de la ecuación (6.3) calculamos el valor de pérdidas en el espacio libre A_o .

$$A_o = 92.5 + 20 \log 53.28 + 20 \log 7.575 = 144.62 \text{ dB}$$

Según la Figura 6-5, la atenuación en guía de onda rectangular tipo FR-7L para 7575 MHz, es de 4.75 dB/100 m, entonces:

$$A_f = 45 \text{ m} \times 0.0475 \text{ dB/m} = 2.13 \text{ dB}$$

Habíamos anotado que la atenuación en filtros y circuladores la considerábamos como:

$$A_c = 3.6 \text{ dB}$$

Según la Tabla VI.4 - C, usaremos antenas de 2.4 m. de diámetro que tienen una ganancia de 42.9 dB, con lo que:

$$G_t + G_r = 42.9 + 42.9 = 85.8 \text{ dB}$$

y aplicando la ecuación (6.1), obtenemos la atenuación total:

$$A_t = 144.62 + 2.13 + 3.6 - 85.8 = 64.55 \text{ dB}$$

Con una potencia de transmisión de $P_t = 30 \text{ dBm}$ y usando la ecuación (6.6) resulta una potencia en recepción de:

$$P_r = 30 - 64.55 = -34.55 \text{ dBm}$$

TABLA VI.4 - D

ESTACION	LOMA DE VIENTO	CERRO DE HOJAS
ALTURA DE ANTENA (m)	15	10
LONGITUD DE GUIA - ONDA (m)	25	20
DIAMETRO DE ANTENA (m)	2.4	2.4
GANANCIA DE ANTENA (dB)	42.9	42.9

Distancia $d = 40.17$ Km.

Frecuencia $f_0 = 7575$ MHz

Haciendo uso de la ecuación (6.3) tenemos:

$$A_0 = 92.5 + 20 \log 40.17 + 20 \log 7.575 = 142.16 \text{ dB}$$

Según la Figura 6-5, la atenuación en guía de onda rectangular tipo

FR - 7L para 7575 MHz, es de 4.75 dB/100 m, entonces:

$$A_f = 45 \text{ m} \times 0.0475 \text{ dB/m} = 2.13 \text{ dB}$$

La atenuación en filtros y circuladores es de $A_c = 3.6 \text{ dB}$

Usando la Tabla VI.4 - D, con antenas de 2.4 m. de diámetro y con ganancias de 42.9 dB tenemos:

$$G_t + G_r = 42.9 + 42.9 = 85.8 \text{ dB}$$

y aplicando la ecuación (6.1), obtenemos la atenuación total del trayecto:

$$A_t = 142.16 + 2.13 + 3.6 - 85.8 = 62.09 \text{ dB}$$

Con una potencia de transmisión de $P_t = 30 \text{ dBm}$ y haciendo uso de la ecuación (6.6) resulta una potencia de recepción de:

$$P_r = 30 - 62.09 = -32.09 \text{ dBm}$$

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - MANTA

Distancia $d = 22.70 \text{ Km.}$

Frecuencia $f_o = 7575 \text{ MHz}$

Usando la ecuación (6.3) tenemos:

$$A_o = 92.5 + 20 \log 22.70 + 20 \log 7.575 = 137.21 \text{ dB}$$

Según la Figura 6-5 la atenuación en guía de onda es de 4.75 dB/100 m, luego:

TABLA VI.4 - E

ESTACION	CERRO DE HOJAS	MANTA
ALTURA DE ANTENA (m)	30	6
LONGITUD DE GUIA - ONDA (m)	40	25
DIAMETRO DE ANTENA (m)	2.4	2.4
GANANCIA DE ANTENA (dB)	42.9	42.9

$$A_f = 65 \text{ m} \times 0.0475 \text{ dB/m} = 3.08 \text{ dB}$$

La atenuación en filtros y circuladores es de $A_c = 3.6 \text{ dB}$.

Usando la Tabla VI.4 - E, con antena de 2.4 m. de diámetro en Manta y 1.2 m. de diámetro en Cerro de Hojas y con ganancias de 42.9 dB y 36.9 dB respectivamente, tenemos:

$$G_t + G_r = 42.9 + 36.9 = 79.8 \text{ dB}$$

Aplicando la ecuación (6.1) obtenemos la atenuación total del trayecto:

$$A_t = 137.21 + 3.08 + 3.6 - 79.8 = 64.09 \text{ dB}$$

Con una $P_t = 30$ dBm y usando la ecuación (6.6) obtenemos la potencia en recepción:

$$P_r = 30 - 64.09 = -34.09 \text{ dBm}$$

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - CERRO COROZO

TABLA VI.4 - F

ESTACION	CERRO DE HOJAS	CERRO COROZO
ALTURA DE ANTENA (m)	15	10
LONGITUD DE GUIA - ONDA (m)	25	20
DIAMETRO DE ANTENA (m)	2.4	2.4
GANANCIA DE ANTENA (dB)	42.9	42.9

Distancia $d = 49.24$ Km.

Frecuencia $f_0 = 7575$ MHz

Usando la ecuación (6.3) tenemos:

$$A_0 = 92.5 + 20 \log 49.24 + 20 \log 7.575 = 143.93 \text{ dB}$$

Según la Figura 6-5 la atenuación en guía de onda es de 4.75 dB/100 m., luego:

$$A_f = 45 \text{ m} \times 0.0475 \text{ dB/m} = 2.13 \text{ dB}$$

La atenuación en filtros y circuladores es $A_c = 3.6 \text{ dB}$

Usando la Tabla VI.4 - F, con antenas de 2.4 m. de diámetro y con ganancias de 42.9 dB, tenemos:

$$G_t + G_r = 42.9 + 42.9 = 85.8 \text{ dB}$$

Aplicando la ecuación (6.1) obtenemos la atenuación total de trayecto:

$$A_t = 143.93 + 2.13 + 3.6 - 85.8 = 63.86 \text{ dB}$$

Con una $P_t = 30 \text{ dBm}$ y usando la ecuación (6.6) obtenemos la potencia en recepción:

$$P_r = 30 - 63.86 = -33.86 \text{ dBm.}$$

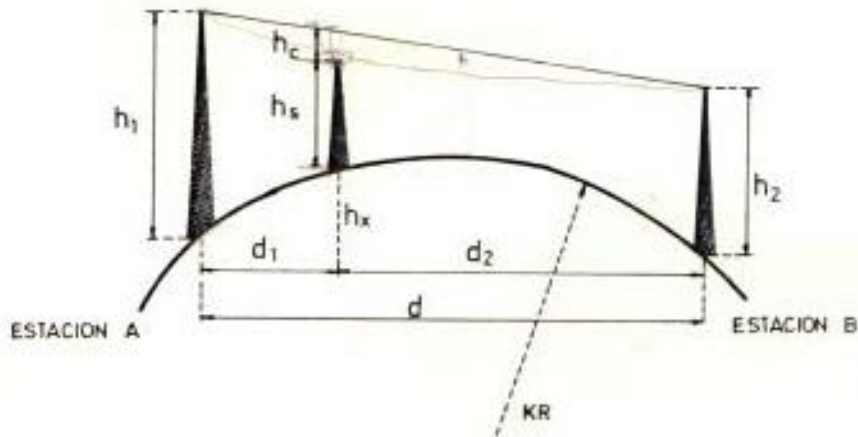
6.5.- CALCULO DE ALTURA DE ANTENAS. PUNTO DE REFLEXION

En el informe 338-1 del Volumen II del CCIR (Nueva Delhi), 1970) se indica que en los sistemas de radioenlaces que funcionan en frecuencias superiores a 1 GHz, la teoría de la difracción afirma que el trayecto directo entre el transmisor y el receptor debe estar libre de obstáculos a partir de una altura por encima del suelo igual como mínimo al 60 % del radio de la primera zona de Fresnel para que se cumplan las condiciones de propagación en el espacio libre. Conviene prever también un margen para tener en cuenta cualquier infrarefracción o situación de atmósfera subnormal eventual.

Según la Figura 6-6 y mediante un procedimiento geométrico de semejanzas de triángulos, se determina la ecuación que nos da el "margen sobre obstáculo" (hc) que sirve para determinar la altura de antenas en base a la condición de "trayecto libre". Esta condición debe ser que el margen sobre obstáculo sea mayor que el radio de la primera zona de Fresnel para $K = 4/3$, o sea debe cumplirse que: $hc > bx$, siendo bx el radio de la primera zona de Fresnel. En el apéndice B se explica la formación de las zonas de Fresnel y derivamos la ecuación que permite calcular dicha primera zona. La ecuación es:

$$bx = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{d \times f}} \quad (6'7)$$

La ecuación que nos da el margen sobre obstáculo es (5):



- h_x ELEVACION DE LA TIERRA EN UN PUNTO CUALQUERA DEL TRAYECTO
 h_s ALTURA DE LA ELEVACION DEL OBSTACULO
 h_c MARGEN SOBRE OBSTACULO
 h_1 EXTREMO DE MAYOR ALTURA
 h_2 EXTREMO DE MENOR ALTURA
 d_1 DISTANCIA DESDE h_1 a h_s
 d_2 DISTANCIA DESDE h_2 a h_s
 d DISTANCIA DEL TRAYECTO
 K 4/3
 R 6.37×10^6 m. (RADIO DE LA TIERRA)

FIG. 6-6.- MARGEN SOBRE EL OBSTACULO.

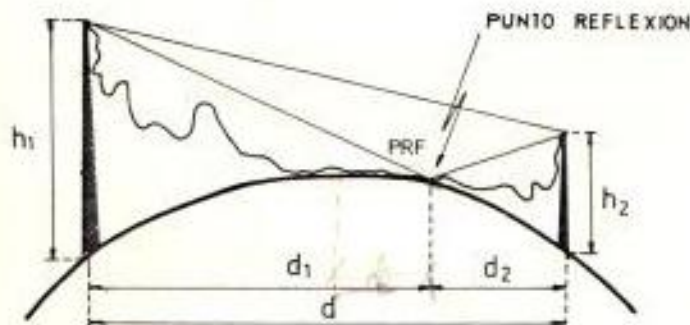


FIG. 6-7.- PUNTO DE REFLEXION.

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 KR} - h_s \quad (6.8)$$

en donde h_1 , h_2 , h_s , d_1 , d_2 , d están definidos en la Figura 6-6.

La altura de antena h_2 sobre el nivel del mar necesaria, está dada por la siguiente ecuación (5):

$$h_2 \quad (K = 4/3) \geq \frac{d}{d_1} (b_x + h_s) - \frac{d_2}{d_1} h_1 + \frac{d d_2}{2 KR} \quad (6.9)$$

en donde b_x es el radio de la primera zona de Fresnel en el punto de obstrucción.

Punto de Reflexión:

Determinadas las alturas de antenas, podemos determinar con bastante exactitud la ubicación del punto de reflexión.

La onda reflejada deberá ser debilitada tanto como sea posible para así evitar desvanecimientos o distorsiones de la señal de radiofrecuencia que entra al receptor. Por ésto se hace necesario encontrar la combinación de altura de antenas que haga posible bloquear con un obstáculo, las reflexiones, cuando la configuración del terreno lo permita o si está ubicado sobre agua, tratar de desplazar lo a tierra para así disminuir el efecto negativo de ésta señal en recepción.

Existen varios métodos para ubicar el punto de reflexión. Entre

ellos, uno es el que se calcula por el desarrollo de una ecuación cúbica (6) que es válida para cualquier valor de K. Se evalúan los parámetros r, t y φ por medio de las siguientes ecuaciones:

$$r = 6.37 \frac{K}{4} d (h_2 - h_1) \quad (6.10)$$

$$t = \frac{d^2}{12} + 8.5 \frac{K}{4} (h_1 + h_2) \quad (6.11)$$

$$\varphi = \cos^{-1} \left(\frac{r}{t \sqrt{t}} \right) \quad (6.12)$$

Según la Figura 6-7, la distancia d_3 entre el punto medio del trayecto y el punto de reflexión, depende de los parámetros t y φ en la siguiente forma:

$$d_3 = 2 \sqrt{t} \cos \left(\frac{\varphi}{3} + 240^\circ \right) \quad (6.13)$$

Entonces el punto de reflexión (PRF) estará ubicado en:

$$d_1 = \frac{d}{2} + d_3 \quad \text{y} \quad d_2 = d - d_1 \quad (6.14)$$

TRAYECTO: CERRO JAMA - LOMA DE VIENTO

a) Cálculo de Altura de Antenas

En el diagrama de perfil podemos notar que el trayecto está libre de obstáculos en todo su recorrido por lo que no se hace necesario calcular la altura a la que irán las antenas.

Se pondrán las antenas a una altura de 10 m. en Cerro Jama y a 15 m. en Loma de Viento sobre el suelo, con lo que aseguraremos una mejor condición de que $h_c > b_x$.

Estando Loma de Viento a 385 m. sobre el nivel del mar y con 15 m. de altura de antena, obtenemos $h_1 = 400$ m. y ya que Cerro Jama está a 638 m. sobre el nivel del mar y con 10 m. de altura de antena, obtenemos $h_2 = 648$ m.

b) Cálculo del punto de reflexión:

El punto de reflexión para este trayecto lo calculamos en base de los siguientes valores:

$$h_1 = 400 \text{ m}$$

$$h_2 = 648 \text{ m}$$

$$d = 53.28 \text{ Km}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

reemplazando en las ecuaciones (6.10), (6.11), (6.12) tenemos:

$$r = 28056.53$$

$$t = 3205.89$$

$$\varphi = 81.10^\circ$$

Luego, aplicando la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = - 5.86 \text{ Km}$$

con lo que aplicando la ecuación (6.14) se tiene

$$d_1 = 20.78 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 32.50 \text{ Km.}$$

o sea que el punto de reflexión está ubicado a 32.5 Km. de Cerro Ja ma y a 20.78 Km. de Loma de Viento, con lo que se bloquea la onda reflejada sin causar problemas.

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CERRO DE HOJAS

a) Cálculo de Altura de antenas:

Según el diagrama de perfil, este trayecto está libre de obstácu los, por lo que no se hace necesario calcular la altura a la que irán las antenas.

Pondremos las antenas a una altura de 15 m. en Loma de Viento y a 10 m. en Cerro de Hojas sobre el suelo con lo que aseguramos una mejor condición de que $h_c > h_x$.

Por estar Loma de Viento a 385 m. sobre el nivel del mar y con 15 m. de altura de antena, obtenemos $h_1 = 400$ m. y ya que Cerro de Hojas está a 700 m. sobre el nivel del mar y con 10 m. de al-

tura de antena, tenemos $h_2 = 710$ m.

b) Cálculo del punto de reflexión:

El punto de reflexión para éste trayecto lo calculamos en base de los siguientes valores:

$$h_1 = 400 \text{ m.}$$

$$h_2 = 710 \text{ m.}$$

$$d = 40.17 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

reemplazando en las ecuaciones (6.10), (6.11), (6.12) tenemos:

$$r = 26441.23$$

$$t = 3279.47$$

$$\psi = 81.91^\circ$$

Luego, aplicando la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = -5.39$$

con lo que aplicando la ecuación (6.14) se tiene:

$$d_1 = 14.70 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 25.47 \text{ Km.}$$

O sea que el punto de reflexión está ubicado a 25.47 Km de Cerro de Hojas y a 14.70 Km. de Loma de Viento, con lo que la onda reflejada no ofrece ningún problema.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - MANTA

a) Cálculo de altura de antenas:

Como se ve en el diagrama de perfil, éste trayecto está libre de obstrucciones, por lo que no calcularemos la altura de las antenas.

Pondremos las antenas a una altura de 15 m. en Manta y a 30 m. en Cerro de Hojas, sobre el suelo. Los 15 m. en Manta es considerando los 9 m. de altura por edificio y 6 m. sobre la torre autosoportada que se encuentra en la terraza.

Como Manta está a nivel del mar y con 15 m. de altura de antena, obtenemos $h_1 = 15$ m. y ya que Cerro de Hojas está a 700 m. sobre el nivel del mar y con 30 m. de altura de antena tenemos $h_2 = 730$ m.

b) Cálculo del punto de reflexión:

Lo calculamos en base de los siguientes valores:

$$h_1 = 15 \text{ m.}$$

$$h_2 = 730 \text{ m.}$$

$$d = 22.7 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

reemplazando en las ecuaciones (6.10), (6.11), (6.12) tenemos:

$$r = 34462.76$$

$$t = 2153.77$$

$$\varphi = 69.83^\circ$$

Luego, aplicando la ecuación (6.13) obtenemos:

$$d_3 = -10.86$$

Con lo que aplicando la ecuación (6.14) se tiene:

$$d_1 = 0.49 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 22.21 \text{ Km.}$$

Es decir que el punto de reflexión está ubicado a 22.21 Km. de Cerro de Hojas y a 0.49 Km. de Manta, y no ofrece problemas la onda reflejada que se bloquea.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - CERRO COROZO

a) Cálculo de altura de antenas:

En el diagrama de perfil de éste trayecto, cuya longitud es de 49.24 Km., podemos apreciar que a 8.54 Km. de Cerro Corozo,

existe una cota de 700 m. sobre el nivel del mar, lo que podría ser una obstrucción y por tanto tendremos que analizar si la primera zona de Fresnel penetra en ésta posible obstrucción.

Considerando que en Cerro de Hojas ubicaremos la antena a 15 m. sobre el nivel del suelo, calcularemos la altura a la que debe ir la antena en Cerro Corozo, con los siguientes datos del lugar de la posible obstrucción:

$h_1 = 715 \text{ m.}$	$d_1 = 40.7 \text{ Km.}$	$K = 4/3$
$h_2 = 760 \text{ m.}$	$d_2 = 8.54 \text{ Km.}$	$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$
$h_s = 700 \text{ m.}$	$d = 49.24 \text{ Km.}$	

El radio de la primera zona de Fresnel en el punto de obstrucción, lo calculamos mediante la ecuación (6.7)

$$b_x = 16.7 \text{ m.}$$

$17.3 \sqrt{\frac{40.7 \times 8.54}{49.24 \times 4}}$

y usando la ecuación (6.8), tenemos el margen sobre obstáculo:

$$h_c = 31.74 \text{ m.}$$

$415 - \frac{40.7(415 - 760)}{49.24} = 400$

Vemos que la cota de 700 m. cerca de Cerro Corozo, no es punto de obstrucción ya que $h_c > b_x$. Pondremos la antena a 10 m. de altura sobre el suelo en Cerro Corozo, con lo que aseguraremos aún más la condición de trayecto libre.

b) Cálculo del punto de reflexión

Lo calculamos en base de los siguientes valores:

$$h_1 = 715 \text{ m.}$$

$$h_2 = 770 \text{ m.}$$

$$d = 49.24 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

reemplazando en las ecuaciones (6.10), (6.11), (6.12) tenemos:

$$r = 5750.41$$

$$t = 4409.55$$

$$\varphi = 88.87^\circ$$

Luego , aplicando la ecuación (6.13) obtenemos:

$$d_3 = -0.87$$

Con lo que aplicando la ecuación (6.14) se tiene:

$$d_1 = 23.75 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 25.49 \text{ Km.}$$

Es decir, que el punto de reflexión está ubicado a 23.75 Km. de Cerro de Hojas y a 25.49 Km. de Cerro Corozo, y la onda reflejada no ofrece problemas en el receptor ya que se bloquea.

6.6.- CONSIDERACIONES DE RUIDO EN LOS NUEVOS TRAYECTOS

Una vez determinado, para cada trayecto, el nivel de la señal recibida a la entrada del receptor, procederemos con los cálculos con el fin de evaluar la calidad de la transmisión entre las diferentes estaciones de ésta red primaria.

En telefonía múltiplex FDM, la calidad viene expresada por el valor de la relación de la potencia de la señal de referencia (1 mw a 800 Hz) a la potencia de ruido ponderado sofométricamente.

La potencia de ruido presente a la salida del receptor, junto con la señal útil, es la debida a la suma de dos contribuciones distintas:

- La primera no depende de la propagación; el ruido correspondiente aparecería incluso si situáramos el receptor muy próximo al transmisor.

Recibe el nombre de ruidos fijos del sistema y consta de dos aportaciones distintas:

Ruido de intermodulación, que es debido a la no linealidad de algunos componentes del sistema de transmisión, y que produce distorsión en la señal de banda base. Los elementos que consideraremos dentro de éste apartado son:

Transceptor, alimentador, Modem, Conmutador.

La respuesta no lineal de éstos componentes hace que en los canales telefónicos de la banda base aparezcan frecuencias ininteligibles que afectan a la calidad de la transmisión. Esta distorsión de no linealidad, también llamada distorsión armónica, la podemos evaluar como potencia de ruido a considerar en el cálculo de la calidad de un radioenlace.

El ruido de intermodulación varía con la carga del sistema y es independiente del nivel de entrada al receptor.

Ruido Básico, es el ruido de los componentes del sistema, introducido por:

Transceptor, Modem, Conmutador

No varía prácticamente con la carga del sistema ni con el nivel de entrada al receptor.

Al conjunto de éstas dos aportaciones se le llama ruidos fijos del sistema. Constituye una característica de los equipos y es el suministrador quien da los valores de la potencia de ruido ya ponderada sofométricamente, correspondiente a cada componente.

- La segunda contribución depende linealmente del nivel de la potencia de recepción y, por consiguiente, de la atenuación que sufre la señal.

Estas dos contribuciones de ruido se suman en potencia, ya que las fuentes que lo originan no están correlacionadas.

Para efectos del análisis de los ruidos fijos del sistema, en la red principal (trayectos analógicos), a continuación se detallan los valores de ruido dados por el fabricante (Fujitsu) los cuales dependen del número de canales telefónicos y su desviación de frecuencia. Estas mediciones de ruido se realizan simulando la señal telefónica con ruido blanco, que es una señal con espectro uniforme continuo que tiene propiedades estadísticas similares a la de múltiplex, obteniéndose así, valores para las varias frecuencias normalizadas por el CCIR (ver Tabla VI.6 - A), siendo 1248 KHz la frecuencia del canal superior para sistema de 300 canales telefónicos.

Ruido básico de Modem	20 pw.
Ruido de Intermodulación del Modem	20 pw
Ruido básico de un transceptor	10 pw
Ruido de intermodulación de un transceptor	15 pw
Ruido en alimentadores	22 pw/trayecto
Ruido de conmutador	5 pw

Los trayectos en análisis serán los de Cerro Jama - Loma de Viento y Loma de Viento - Cerro de Hojas, que son analógicos. Más adelante se analizará el ruido en los tramos Cerro de Hojas - Manta y Cerro de Hojas - Cerro Corozo que son digitales

Dado que uno de los radiocanales de trabajo sufre demodulación, para obtener la banda base, en la estación de Loma de Viento, su pondremos que el canal telefónico más desfavorable pertenece a dicho radiocanal y que establece un enlace directo entre los dos extremos que son Cerro Jama y Cerro de Hojas.

Por consiguiente, el ruido básico total será:

Ruido básico debido a 2 transceptores	20 pw
Ruido básico debido a 2 modem	40 pw
Ruido básico debido a 2 conmutadores	10 pw
	<hr/>
Ruido plano total	70 pw

TABLA VI.6 - A

No. CANALES	BANDA DE CANALES TELEFONICOS (KHz)	FRECUENCIA DE CANALES DE MEDICION (KHz)
60	60 - 300	70 - 270
120	60 - 552	70 - 270 - 534
300	60 - 1300 64 - 1296	70 - 270 - 534 - 1248
960	60 - 4028 64 - 4024	70-270-534-1248-2438-3886

El ruido total de intermodulación valdrá:

Ruido de intermodulación debido a 2 transceptores	30 pw
Ruido de intermodulación debido a 2 modem	40 pw
Ruido de intermodulación debido a alimentadores	<u>44 pw</u>
Ruido total de intermodulación	114 pw

Relación señal/ruido en el espacio libre, a la salida del receptor para cada trayecto.-

Si nosotros consideramos como señal útil 1 mw. de potencia, la relación señal/ruido medida en el canal más elevado de la banda base y en condiciones de propagación en espacio libre será:

$$P_s/P_n = \frac{P_s}{K_1^2 K T n b} \cdot \frac{R_s P_r}{f_{BB}^2} \quad (\text{ver apendice C})$$

en donde:

P_s = potencia de la señal

P_n = potencia de ruido

K = constante de Boltzman = 1.38×10^{-23} julios/ $^{\circ}K$

T = temperatura absoluta en $^{\circ}K$

n = factor de ruido del receptor

b = ancho de banda de un canal telefónico en KHz

K_1 = constante de proporcionalidad del discriminador, al que suponemos en funcionamiento lineal.

R_s = resistencia de salida del receptor en ohmios

P_r = potencia a la entrada del receptor en dB.

Si denominamos Δf_e el valor eficaz de la desviación de frecuencia, en KHz, por canal y para una señal de 800 Hz. y 1 mw., en un punto de nivel relativo cero, la potencia de la señal útil a la salida del receptor, vendrá dada por:

$$P_s = K_1^2 \frac{1}{2} \frac{\Delta f_e^2}{R_s}$$

Por consiguiente, la relación señal/ruido en espacio libre y medida en el canal más elevado de la banda base, para una señal útil de 1 mw. en un punto de nivel relativo cero, valdrá:

$$\frac{P_s}{P_n} = \frac{P_r}{2 KT nb} \left(\frac{\Delta f_e}{f_{BB}} \right)^2$$

Expresando ésta relación en decibelios y considerando la ganancia de preénfasis y el factor de corrección sofométrica, tenemos:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 10 \log P_r - 10 \log KTb - 10 \log n - 10 \log 2 + \\ + 20 \log \Delta f_e - 20 \log f_{BB} + f_p + f_s \quad (6.15)$$

siendo:

K = constante de Boltzman = 1.38×10^{-23} julios/°K

T = temperatura absoluta de la antena de recepción en °K

b = ancho de banda de un canal telefónico: 3.1×10^3 Hz

$10 \log n$ = figura de ruido del receptor

Δf_e = valor eficaz de la desviación de frecuencia en KHz

f_{BB} = frecuencia más elevada en la banda base

f_p = ganancia de preénfasis

f_s = factor de ponderación sofométrico

Tomaremos el valor de 5.5 dB como factor de ruido del receptor, dado por el fabricante.

En el volumen IV - 1 del CCIR Recomendación 404-1, se indica que la desviación eficaz de frecuencia por canal, para una señal de 800 Hz y 1 mw., en un punto de nivel relativo cero ha de ser el indicado en la Tabla VI.6 - B (200 KHz para 300 canales).

Preénfasis: El espectro de la señal telefónica múltiplex, o banda base, es sensiblemente uniforme. Por el contrario, el espectro de la tensión y potencia de ruido, no lo es.

Es interesante, con el fin de que la calidad de la transmisión sea más o menos la misma en cada canal telefónico, afectar a los distintos canales de desviaciones de frecuencia diferentes, según sea la posición que ocupe el canal correspondiente en la señal múltiplex o banda base.

TABLA VI.6 - B

No. MAXIMO DE CANALES	DESVIACION POR CANAL (KHz)
12	35
24	35
60	50, 100, 200
120	50, 100, 200
300	200
600	200
960	200
1260	140, 200
1800	140

Teniendo en cuenta que la característica de preénfasis o preacentuación debe ser tal que la excursión eficaz de frecuencia debida a la señal de telefonía múltiple con distribución de frecuencia sea la misma con preacentuación que sin ella (volumen IV-1 del CCIR Recomendación 404-2), se aumentará la desviación de frecuencia para los canales más elevados de la banda base, disminuyéndola para los que ocupen los lugares inferiores. En el volumen IV-1 del CCIR, Recomendación 275-2 (Nueva Delhi, 1970) se indica la variación de la excursión en función de la frecuencia reducida (f/f_{MAX}). Esta curva se utilizará para todos los sistemas con capacidad inferior o igual a 1800 canales.

La frecuencia para la cual la excursión con preacentuación corresponde a la excursión sin preacentuación es igual a $0.608 f_{MAX}$.

Para $f = f_{MAX}$, la variación de la excursión de frecuencia relativa es de 4 dB y éste es el valor que usaremos como ganancia de preénfasis.

En recepción se realizará el proceso inverso, deénfasis o desacentuación, con lo que se disminuye la importancia relativa del ruido en las frecuencias elevadas.

Factor de ponderación sofométrico: Con el fin de tener en cuenta la sensibilidad del oído humano medio, la potencia de ruido medida en un canal telefónico, con un aparato de respuesta uniforme, ha de su-

frir una corrección que dependerá del ancho de banda del canal telefónico en el que se realiza la medida.

En el volumen IV-1 del CCIR en notas pie de página de las Recomendaciones 393-1 y 395-1 se indica que el nivel de potencia de un ruido de espectro uniforme en una banda de 3.1 KHz debe disminuirse 2.5 dB para obtener el nivel de potencia sofométrica, por lo que tomaremos éste valor como factor de ponderación sofométrico.

Para otra anchura de banda B, el factor de ponderación o corrección será igual a:

$$2.5 + 10 \log \frac{B}{3.1} \text{ dB} \quad \left(\text{Tomo III CCITT Rec. G223, libro Blanco, Mar del Plata} \right)$$

Obtengamos el valor de $10 \log KTB$:

$$\begin{aligned} 10 \log KTB &= 10 \log (1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 3.1 \times 10^3 \times 10^3) \\ &= -139 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Con éstos conocimientos podemos entonces calcular el valor de la relación Señal/Ruido para cada trayecto, aplicando la ecuación (6.15) y con el valor de la potencia de recepción ya calculado, para cada trayecto, en el punto 6.4

$$\begin{aligned} 10 \log \frac{P_s}{P_n} &= 10 \log P_r + 139 - 5.5 - 3 + 20 \log 200 - 20 \log 1248 \\ &\quad + 4 + 2.5 \end{aligned}$$

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 10 \log P_r + 121.1 \quad (6.15)$$

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 10 \log P_r + 121.1 \quad (6.16)$$

TRAYECTO: CERRO JAMA - LOMA DE VIENTO

$$10 \log P_r = -34.55 \text{ dBm}$$

luego, aplicando la ecuación (6.16), tenemos:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = -34.55 + 121.1 = 86.55 \text{ dB}$$

Para obtener la equivalencia entre la relación señal/ruido y la potencia de ruido térmico sofométrico en un punto de nivel relativo cero, procedemos de la siguiente manera:

Sea A la relación, en decibelios, de la potencia de la señal útil (1 mw.) a la potencia de ruido térmico sofométrico, en un punto de nivel relativo cero.

$$P_s = 1 \text{ mw} = 10^9 \text{ pw}$$

Por tanto:

$$10 \log \frac{10^9}{P_n} = A$$

donde: P_n viene expresada en picovatios

$$P_n = \text{antilog} \frac{90 - A}{10} \quad (6.17)$$

y aplicando ésta última ecuación para éste trayecto se tiene:

$$P_n = \text{antilog} \frac{90 - 86.55}{10} = 2.21 \text{ pw'}$$

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CERRO DE HOJAS

En éste caso:

$$10 \log P_r = -32.09 \text{ dBm}$$

y aplicando la ecuación (6.16), se tiene:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = -32.09 + 121.1 = 89.01 \text{ dB}$$

Con lo que aplicando la ecuación (6.17), obtenemos:

$$P_n = \text{antilog} \frac{90 - 89.01}{10} = 1.26 \text{ pw.}$$

En cuanto se refiere a la potencia de ruido permisible en el circuito hipotético de referencia, el CCIR sugiere la aplicación de las Recomendaciones 393 y 395-2 del volumen IX. La primera sirve como una guía a los proyectistas de equipos, especificando en forma general un sólo circuito telefónico de 2500 Km., y la segunda que sugiere el ruido en una parte del circuito constituido sobre enlaces reales y que recomienda:

- 1.- Que en los circuitos establecidos en enlaces reales que no difieren en modo apreciable del circuito ficticio de referencia, la potencia sofométrica del ruido en un punto de nivel relativo cero de los canales telefónicos de sistemas de relevadores radioeléctricos para telefonía con multiplaje por distribución de

frecuencia de longitud L , cuando L está entre 280 y 2500 Km., sea tal que:

1.1. Su valor medio durante un minuto no sea superior a $3L$ pw. durante más del 20 % de cualquier mes.

1.2. Su valor medio durante un minuto no exceda de 47500 pw., durante más de $(L/2500) \times 0.1$ % de un mes cualquiera.

2.- Que los circuitos establecidos en enlaces reales cuya constitución difiere notablemente, por exigencias de la planificación, de la del circuito ficticio de referencia, se proyecten de manera que la potencia sofométrica del ruido en un punto de nivel relativo cero de un canal telefónico de longitud L , comprendida entre 50 y 2500 Km., constituido por una o más secciones en las frecuencias de la banda base de un sistema de relevadores radio eléctricos para telefonía multicanal con distribución de frecuencia, sea tal que:

2.1. Para $50 \text{ Km} \leq L \leq 840 \text{ Km}$.

2.1.1. Su valor medio durante cualquier hora no sea superior a $3L \text{ pw} + 200 \text{ pw}$.

2.1.2. Su valor medio durante un minuto no sea superior a $3L \text{ pw} + 200 \text{ pw}$. durante más del 20 % de cualquier mes.

2.1.3. Su valor medio durante un minuto no sea superior a

47500 pw. durante más de $(280/2500) \times 0.1 \%$ de cualquier mes, cuando L sea inferior a 280 Km., ni a más de $(L/2500) \times 0.1 \%$ de cualquier mes, cuando L sea superior a 280 Km.

Este es el caso de nuestro interés, de manera que, el valor $3L \text{ pw} + 200 \text{ pw}$ puede ser superado durante el 20 % de cualquier mes (140 horas), pero durante el 80% de tiempo restante, el valor medio durante un minuto, de la potencia sofométrica de ruido, no puede exceder a dicho valor. Y en cuanto al valor de 47500 pw. puede ser superado durante el 0.0112 % (40 minutos) o durante el $(L/2500) \times 0.1 \%$ de cualquier mes, pero durante el porcentaje de tiempo restante, el valor medio durante un minuto, de la potencia sofométrica de ruido, no puede exceder a dicho valor.

Por tanto, al ser la potencia de ruido de agitación térmica dependiente del nivel de la potencia de la señal que llega al receptor, es necesario disponer de un método que prevea la distribución del desvanecimiento en un radioenlace.

Los valores que vamos a considerar son:

- 1) Valor medio de desvanecimiento en la hora peor
- 2) Valor medio durante un minuto del desvanecimiento para más del 20 % del peor mes.
- 3) Valor medio durante un minuto del desvanecimiento, para más del

0.0112 % del peor mes para radioenlaces de longitud menor de 280 K., o para más del $(1/2500) \times 0.1$ % del peor mes, para longitudes mayores de 280 Km.

Primera Recomendación:

En un trayecto cualquiera, la peor hora de desvanecimiento se caracteriza porque sufre una distribución de la potencia de ruido de tipo Rayleigh.

En general, es poco probable que todos los trayectos de una ruta sufran desvanecimiento tipo Rayleigh al mismo tiempo durante un hora cualquiera; algunos presentarán desvanecimiento de éste tipo, mientras que los otros tienen un desvanecimiento menos severo. A medida que aumente el número de trayectos, la proporción de los que experimentan desvanecimiento de tipo Rayleigh disminuirá. Consideraremos que 6 dB es una corrección adecuada para trayectos cortos, pero es probablemente pesimista para trayectos largos en los cuales el desvanecimiento puede ser experimentado durante la mayor parte del día.

Por tanto, desvanecimiento en la hora peor = 6 dB, y a la relación Señal/Ruido obtenida para cada trayecto y en el espacio libre, se le resta ésta profundidad de desvanecimiento. Para los nuevos valores de la relación señal/ruido y para una señal útil de 1 mw en un punto de nivel relativo cero, se obtiene la potencia de ruido térmi

co sofométrico correspondiente para cada trayecto. La suma de éstos valores y la de la potencia de los ruidos fijos, ha de ser inferior o igual al recomendado por el CCIR: $3 L \text{ pw} + 200 \text{ pw}$.

Segunda Recomendación:

Para efectos del cálculo de la potencia de ruido sofométrica total del radioenlace, que puede ser superada para el 20 % del peor mes, afectaremos a los trayectos de un desvanecimiento de 2 dB, y a la relación señal/ruido obtenida para cada trayecto y en el espacio libre, se le resta éste valor de profundidad de desvanecimiento. Para los nuevos valores de la relación señal/ruido y para una señal útil de 1 mw en un punto de nivel relativo cero, se obtiene la potencia de ruido térmico sofométrico correspondiente para cada trayecto. La suma de éstos valores y la de la potencia de los ruidos fijos, no ha de superar el valor fijado por el CCIR: $3L \text{ pw} + 200 \text{ pw}$.

Tercera Recomendación:

Esta recomendación indica que para un radioenlace de L Kilómetros, el valor de 47500 pw de potencia sofométrica de ruido, media en un minuto, en un punto de nivel cero de cualquier canal telefónico, equivalente a una relación señal/ruido de 43.2 dB en dicho punto, sólo puede ser superado durante el 0.0112 % de tiempo del peor mes si

$L \leq 280$ Km. o durante el $(L/2500) \times 0.1$ % de tiempo si $L > 280$ Km.

Calculada la relación señal a ruido, para cada trayecto, en un punto de nivel relativo cero del canal más elevado de la banda base, en condiciones de propagación en espacio libre, se obtiene por simple diferencia, el margen que existe para dicho trayecto entre dicho valor y el de 43.2 dB correspondientes a 47500 pw. La suma de los porcentajes obtenidos para todos los trayectos deberá ser inferior o igual a 0.0112 % ó al $(L/2500) \times 0.1$ %.

Actualmente, se han recopilado informes sobre desvanecimientos y características de propagación, unos reportados por estudios de algunos países, y otros autorizados por el CCIR, los cuales hacen posible predecir el comportamiento de un radioenlace sin mediciones de campo.

Generalmente la probabilidad de tener desvanecimientos profundos conforme a la distribución de Rayleigh, está dada por la siguiente ecuación:

$$P_d = (K \times Q) \times \left(\frac{f}{4}\right)^{1.2} \times d^{3.5} \quad (6.18)$$

en donde:

P_d = probabilidad de desvanecimientos

K = constante = 5.1×10^{-9}

Q = coeficiente que depende de la condición del tramo

= 0.4 sobre zonas montañosas

= 1.0 sobre llanuras o terrenos planos

= $\frac{72}{\sqrt{h}}$ sobre el mar

$$h = \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \text{ en m.}$$

f = frecuencia en GHz

d = distancia del tramo en Km.

Esta fórmula fue introducida en base a estudios teóricos y algunos datos experimentales. Ha sido comprobada en muchos países incluso aquellos ubicados en áreas tropicales.

Dado que la potencia de ruido térmico a la salida del receptor es inversamente proporcional a la potencia de la señal a la entrada, el nivel de la potencia de ruido en un tramo sencillo, seguirá una distribución de Rayleigh inversa.

Por lo tanto, la probabilidad de que la potencia de ruido exceda a un valor N se obtiene mediante la fórmula

$$P = 1 - e^{-N_0/N}$$

$$P = \frac{N_0}{N} \quad N \gg N_0$$

donde:

N_o = potencia de ruido en pw. bajo condiciones normales, a la entrada del receptor.

N = ruido pico en pw.

El valor medio de ésta distribución es infinito. Sin embargo, en la práctica, cuando el nivel de la señal recibida es inferior al nivel umbral del equipo, se produce la conmutación al radiocanal de reserva quedando el radiocanal afectado fuera de servicio no aumentando el ruido en banda base, debido a la acción de dispositivos especiales. Por éste motivo es permisible limitar la distribución en éste valor máximo y de ésta forma el valor medio ya es finito.

Por consiguiente, la probabilidad de tiempo de interrupción excediendo N pw. en cada instante, se expresa como:

$$\begin{aligned} P_i &= \alpha P_d \times P \\ &= \alpha P_d \times \frac{N_o}{N} \end{aligned} \quad (6.19)$$

donde: α = margen de seguridad

= 1 cuando las pérdidas por reflexión son
< 10 dB

= 2 cuando las pérdidas por reflexión son
> 10 dB

En la Tabla VI.6 - C se contempla las pérdidas por reflexión, dependiendo de la superficie de reflexión. Por tanto, con las ecuaciones (6.18) y (6.19) y con $N = 47500 \text{ pw}$ ($= 43.2 \text{ dB}$), se calcula la probabilidad de desvanecimientos (%) y la probabilidad de tiempo de interrupción, que deberá ser comparada con 0.0112% si $L \leq 280 \text{ Km}$.

TABLA VI.6 - C

SISTEMA	2 GHz	6 GHz	7 GHz	8 GHz
SUPERFICIE AGUA	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
CAMPO DE ARROZ	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB
CAMPO	4 dB	6 dB	6 dB	7 dB
CIUDAD - BOSQUES MONTAÑAS	10 dB	14 dB	14 dB	15 dB

Potencia de ruido total del radionlace para los periodos de tiempo indicados por el CCIR

Primera Recomendación: (Hora PEOR)

TRAYECTO: CERRO JAMA - LOMA DE VIENTO

La relación señal/ruido será:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 86.55 - 6 = 80.55 \text{ dB}$$

por tanto:

$$P_n = 8.81 \text{ pw.}$$

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CERO DE HOJAS

La relación señal/ruido será:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 89.01 - 6 = 83.01 \text{ dB}$$

por tanto:

$$P_n = 5.0 \text{ pw.}$$

Para hallar la potencia de ruido total de radioenlace en el canal telefónico más desfavorable de la banda base, habrá que sumar a estos últimos valores, el valor de los ruidos fijos del sistema.

El tramo Cerro de Hojas - Manta no interviene, para los cálculos de ruido, en la red primaria ya que éste proyecto analógico está ya en funcionamiento con un sistema de 960 canales a plena satisfacción, como ya se mencionó anteriormente y por tanto si cumple con todos los objetivos que para el efecto recomienda el CCITT y el CCIR. por éste motivo es que para la red primaria FDM estamos

considerando solamente los dos tramos ya anotados.

Potencia de ruido básico + intermodulación = 184 pw.

Potencia de ruido total = 184 + 8.81 + 5.0 = 197.81 pw. correspondiente a 67.04 dB de relación señal/ruido para una señal útil de 1 mw. en un punto de nivel relativo cero.

Límite del CCIR = $3L + 200$ pw = 480.35 pw., correspondiente a 63.18 dB. de relación señal/ruido para una señal útil de 1 mw en un punto de nivel relativo cero.

Por tanto, se cumple la primera Recomendación.

Segunda Recomendación: (20 % del tiempo)

TRAYECTO: CERRO JAMA - LOMA DE VIENTO

La relación señal/ruido será:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 86.55 - 2 = 84.55 \text{ dB}$$

por tanto:

$$P_n = 3.51 \text{ pw.}$$

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CERRO DE HOJAS

La relación señal/ruido será:

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 89.01 - 2 = 87.01 \text{ dB}$$

por tanto:

$$P_n = 1.99 \text{ pw.}$$

Potencia de ruido básico + intermodulación = 184 pw.

Potencia de ruido total = $184 + 3.51 + 1.99 = 189.5 \text{ pw.}$ correspondiente a 67.22 dB.

El límite del CCIR = $3 L + 200 \text{ pw} = 480.35 \text{ pw.}$, correspondiente a 63.18 dB.

Por tanto, se cumple ésta recomendación.

Tercera Recomendación:

Límite del CCIR = 47500 pw. equivalentes a 43.2 dB de relación señal/ruido en un punto de nivel relativo cero y para una señal útil de 1 mw.

TRAYECTO: CERRO JAMÁ - LOMA DE VIENTO

Margen entre la relación señal/ruido en espacio libre y la correspondiente al límite del CCIR = $86.55 - 43.2 = 43.35 \text{ dB.}$

Utilizando la ecuación (6.18), tenemos:

$$P_d = 0.00485 = 0.485 \%$$

Para calcular la probabilidad del tiempo de interrupción, utiliza-

mos la ecuación (6.19).

$$P_i = 2.266 \times 10^{-7} = 2.266 \times 10^{-5} \%$$

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CERRO DE HOJAS

Margen entre la relación señal/ruido en espacio libre y la correspondiente al límite del CCIR = $89.01 - 43.2 = 45.81$ dB.

Con la ecuación (6.18) tenemos:

$$P_d = 0.00180 = 0.180 \%$$

Para la probabilidad del tiempo de interrupción:

$$P_i = 4.783 \times 10^{-8} = 0.478 \times 10^{-5} \%$$

Por tanto, la probabilidad total de interrupción para éstos dos trayectos de la red primaria es:

$$2.266 \times 10^{-5} + 0.478 \times 10^{-5} = 2.744 \times 10^{-5}$$

Este valor, comparado con el indicado por el CCIR, resulta:

$$0.00002744 < 0.0112 \%$$

Luego, cumple con ésta recomendación.

Además, ésta red primaria la hemos diseñado con dos trayectos más digitales, que son: Cerro de Hojas - Cerro Corozo y Cerro de Hojas - Manta a los cuales vamos a analizar enseguida su comportamiento en

cuanto al ruido.

No es lo más propio hablar de ruido en enlaces digitales aún si el ruido juega un papel importante. Lo más correcto, como es conocido, es hablar de proporción de bitios erróneos que no es nada más que la relación entre los impulsos equivocados y la totalidad de los impulsos.

Si la amplitud de los impulsos es 0 ó V (voltaje de pico), el error se puede generar cada vez que el ruido tenga un valor de pico mayor que $V/2$.

$V/2$ es el punto de de decisión de los regeneradores y el ruido puede ya sea sumarse a un 0 , ó subtraerse a un V generando un error. La protección contra la interferencia (señal reflejada ó enlace interferente) es mayor siempre y cuando en el regenerador la señal principal sea suficientemente fuerte para comandar el reloj del regenerador.

Los regeneradores están ubicados en cada sitio de repetición así que la cadena de enlaces PCM es exenta de ruido siempre y cuando los tramos trabajen por encima del umbral de campo recibido que se fije por una determinada proporción de bitios erróneos (el ruido de cuantificación es naturalmente fijo pero existe solo entre una palabra y otra o sea no molesta la inteligibilidad de la información). Podemos en resumida cuenta afirmar que la ventaja más grande en las

características de una señal PCM es una constante calidad de transmisión independiente de la propagación (siempre que respetemos los umbrales de campo recibido pre-establecidos y cuyo valor es aproximadamente igual al que fija los 47500 pw. del CCIR).

La proporción de bitios erróneos que el CCIR fija para un enlace de 2500 Km., en su recomendación AA/9 del libro de "Conclusiones de la Reunión Intermedia de la comisión de estudio 9" de noviembre de 1980 es:

1.- Que la proporción de bitios erróneos para el trayecto digital ficticio de referencia a 64 Kbit/s descrita en la Recomendación 556 no deberá ser superior a los siguientes valores provisionales que se dan a continuación en los que se tiene en cuenta el desvanecimiento, las interferencias, y todas las demás fuentes de degradación de la calidad de funcionamiento:

1.1.- 10^{-7} durante más del 1 % de cualquier mes

1.2.- 10^{-3} durante más del 0.05 % de cualquier mes

Nota 1.- Los límites propuestos están basados en los mejores conocimientos actualmente disponibles, pero pueden ser objeto de revisión en el futuro como resultado de ulteriores estudios. De momento, estos límites han de considerarse como provisionales.

Considerando que el circuito de referencia de 2500 Km. está compuesto de 9 secciones, el límite de cada sección de 280 Km.

será (hay que dividir el tiempo permitido):

$$1 \times \frac{280}{2500} = 0.112 \% \text{ para una proporción de bitios erróneos de } 10^{-7}$$

$$0.05 \times \frac{280}{2500} = 0.0056 \% \text{ para una proporción de bitios erróneos de } 10^{-3}$$

Hemos entrado en el concepto de proporción de bitios erróneos que es la acepción más próxima al concepto de disponibilidad de enlace

El margen de desvanecimiento respecto al umbral es entonces el concepto que define la disponibilidad de un tramo, entendido como margen entre el campo recibido normalmente y el umbral correspondiente a una determinada proporción de bitios erróneos. Este último umbral de potencia recibido lo llamaremos P_u , siendo la expresión:

$$P_u = W_u + 10 \log F + 10 \log B_r + 10 \log K_T$$

donde:

W_u = relación señal/ruido en el umbral a la entrada del receptor medida en una banda equivalente B_r y correspondiente a un determinado error (ver Figura 6-8)

$10 \log F$ = factor de ruido del receptor en dB.

B_r = Velocidad de transmisión de los impulsos en Mbit/s

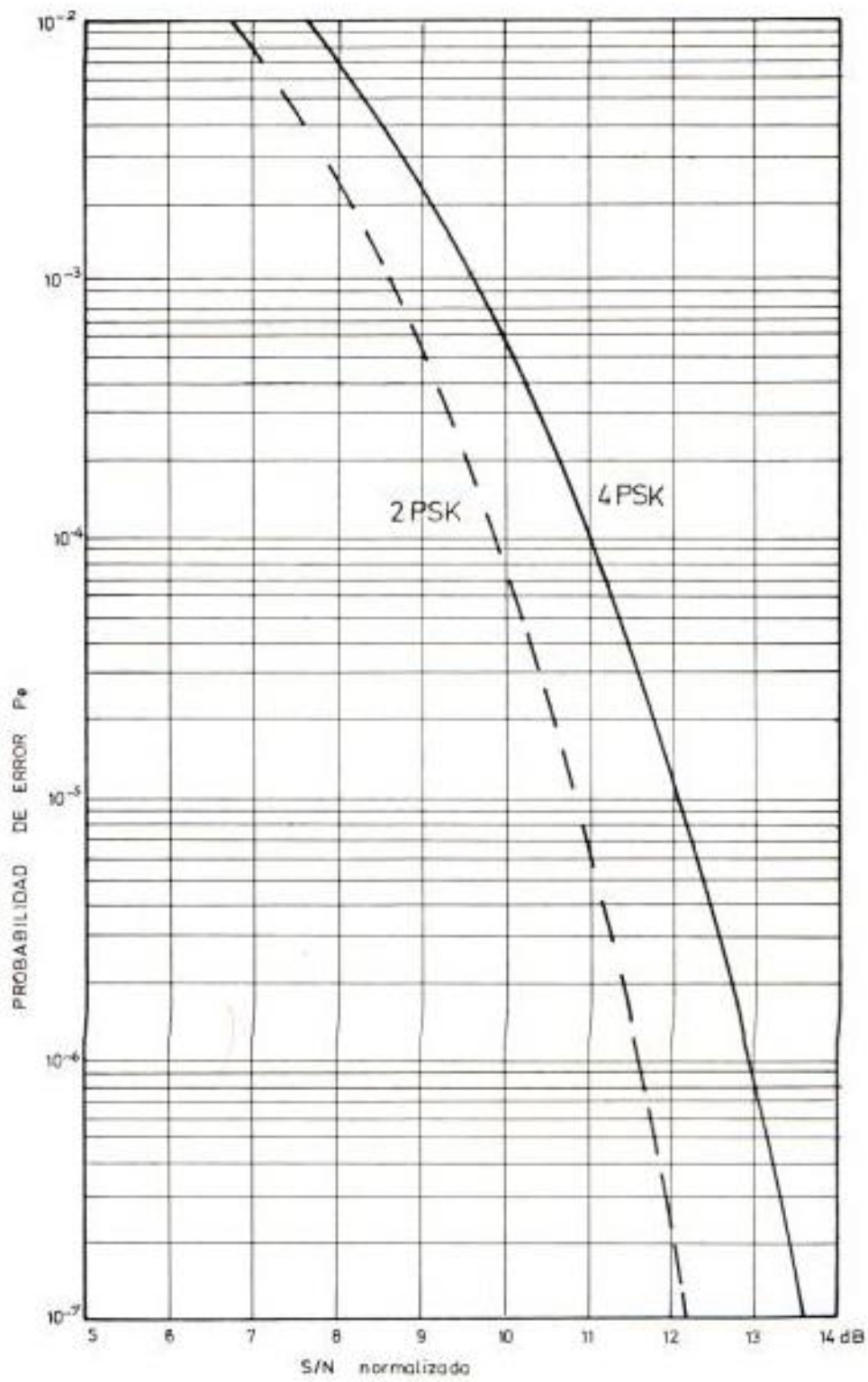


FIG. 6-8.- RELACION SEÑAL/RUIDO EN EL UMBRAL

KT = ruido térmico en dBm/MHz en una banda de 1 MHz

Encontremos el valor de $10 \log KT$:

$$\begin{aligned} 10 \log KT &= 10 \log (1.38 \times 10^{-23} \times 10^3 \times 300 \times 10^6) \\ &= -113.83 \simeq -114 \text{ dBm/MHz} \end{aligned}$$

Por tanto:

$$P_u = W_u + 10 \log F + 10 \log B_r - 114 \text{ dBm} \quad (6.20)$$

De la figura 6-8 podemos obtener el valor de la relación señal/ruido W_u para las dos probabilidades de error de 10^{-3} y 10^{-7} establecidas por el CCIR, dependiendo del tipo de modulación 2 PSK ó 4 PSK. De éste modo obtenemos los umbrales tanto para una proporción de bitios erróneos de 10^{-3} como para 10^{-7} .

Podemos luego calcular el margen de desvanecimiento respecto al umbral, mediante la siguiente ecuación:

$$M = P_r - P_u \quad (6.21)$$

donde:

P_r = nivel de potencia recibida

P_u = potencia de umbral recibida

La probabilidad de que dicho desvanecimiento ocurra, la expresamos mediante la siguiente fórmula que sigue el método desarrollado por VIGANTS:

$$P_m = 0.3 c \frac{f}{4} \left(\frac{d}{50}\right)^3 10^{-M/10} \quad (6.22)$$

donde:

$$c = a \times b$$

$$a = \left(\frac{W}{15}\right)^{-1.3}$$

w = rugosidad del terreno

para W = 5,	a = 4
" W = 10,	a = 2
" W = 15,	a = 1
" W = 25,	a = 1/2
" W = 50,	a = 1/4
" W = 100,	a = 1/12

- a. tiene en cuenta el terreno
- b. tiene en cuenta el clima

$$b = \begin{cases} 2 & \text{para zonas costeras} \\ 1 & \text{clima templado o norte, áreas no costeras} \\ 1/2 & \text{clima seco} \end{cases}$$

f = frecuencia en GHz

d = distancia del tramo en Km.

M = margen de umbral

A la atenuación de espacio libre, se agregan siempre pérdidas diversas, a veces en forma de desvanecimientos grandes y un tipo de ellos es el desvanecimiento selectivo que teniendo en

cuenta la estructura de la tropósfera, ellos, provocados por la diferencia de tiempo de propagación entre varios trayectos limitan el ancho de banda utilizable.

Estos desvanecimientos se producen especialmente cuando el gradiente vertical de refracción es grande.

En modulación digital eso provoca una proporción de bitios erróneos más grande que la que podríamos deducir de la profundidad del desvanecimiento medido en la portadora.

Además, la frecuencia de funcionamiento aumenta, así como también aumentan la profundidad y velocidad de variación del desvanecimiento. Este desvanecimiento es más frecuente.

Los riesgos de desvanecimientos y la profundidad aumentan al mismo tiempo que la longitud del enlace.

El desvanecimiento por interferencia debido a reflexiones se presenta en forma selectiva en frecuencia y afecta una parte estrecha y variable del espectro. Esta selectividad puede ser bastante molesta para las capacidades grandes pues habrá que tener en cuenta la proporción de bitios erróneos por un margen neto muy inferior al margen bruto calculado.

Por tanto, debemos tener en cuenta y calcular la degradación del margen debido a éstos desvanecimientos selectivos, a través

de la siguiente ecuación:

$$P_s = 6.295 \times 10^{-4} P_o^{0.7} \quad (6.23)$$

donde:

$$P_o = 0.3 c \frac{f}{4} \left(\frac{d}{50} \right)^3 \quad (6.24)$$

De lo que deducimos el margen neto P:

$$P = P_m + P_s \quad (6.25)$$

Con éste conocimiento podemos realizar el análisis de ruido para los trayectos digitales de ésta red primaria.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - MANTA

Lo calcularemos en 480 canales digitales, para 34 Mbit/s y con una modulación en 4 PSK, con los siguientes parámetros:

Distancia del trayecto	22.70	Km.
Banda de frecuencia	7	GHz
Potencia de salida	30	dBm
Factor de ruido	5.5	dB
Velocidad de transmisión de los impulsos	34	Mbit/s
Potencia de recepción (ya calculada)	-34.09	dBm

De la Figura 6-8, se desprende que W_u es igual a:

9.5 dB para una proporción de bitios erróneos de 10^{-3}
13.5 dB para una proporción de bitios erróneos de 10^{-7}

Con lo que aplicando la ecuación (6.20) se tiene:

$$P_u = W_u + 5.5 + 15.31 - 114 \\ = W_u - 93.19$$

$$P_u = -83.69 \text{ dBm para } 10^{-3}$$

$$P_u = -79.69 \text{ dBm para } 10^{-7}$$

El margen de desvanecimiento respecto al umbral será:

$$M = -34.09 + 83.69 = 49.60 \text{ dB para } 10^{-3}$$

$$M = -34.09 + 79.69 = 45.60 \text{ dB para } 10^{-7}$$

La probabilidad de que dicho desvanecimiento ocurra, según la ecuación (6.22), será con rugosidad de 100:

$$P_m = 0.3 \times \frac{2}{12} \times \frac{7.575}{4} \left(\frac{22.70}{50} \right)^3 \times 10^{-49.60/10} \\ = 9.71 \times 10^{-8} = 9.71 \times 10^{-6} \% \text{ para } 10^{-3}$$

$$P_m = 2.44 \times 10^{-7} = 2.44 \times 10^{-5} \% \text{ para } 10^{-7}$$

Entonces, para calcular el margen neto el CCIR recomienda que la proporción de bitios erróneos de 10^{-3} no deberá ser superior durante más del 0.0056 % y para una proporción de bitios erróneos de 10^{-7} no deberá ser superior durante más del 0.112 % de cualquier mes.

Por tanto, para la Primera Recomendación:

$$P_0 = 0.3 \times \frac{2}{12} \times \frac{7.575}{4} \left(\frac{22.70}{50}\right)^3$$
$$= 0.00886$$

Con lo que aplicando la ecuación (6.23), resulta:

$$P_s = 6.295 \times 10^{-4} \times 0.00886^{0.7}$$
$$= 0.2302 \times 10^{-4} = 0.002302 \%$$

Y el margen neto será entonces:

$$P = 0.002311 \%$$

Y en consecuencia cumple con el CCIR ya que:

$$0.002311 \% < 0.0056 \%$$

Para la Segunda Recomendación:

$$P = 0.002326 \%$$

De manera que también cumple con el CCIR ya que

$$0.002326 \% < 0.112 \%$$

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - CERRO COROZO

Lo calcularemos en 120 canales digitales para 8 Mbit/s y con una modulación en 2 PSK, con los siguientes parámetros:

Distancia del trayecto

49.24 Km.

Banda de frecuencia	7 GHz
Potencia de salida	30 dBm
Factor de ruido	5.5 dB
Velocidad de transmisión de los impulsos	8 Mbit/s
Potencia de recepción (ya calculada)	- 33.86 dBm

De la Figura 6-8, se tiene:

$$W_u = 8.6 \text{ dB para una rata de error de } 10^{-3}$$

$$W_u = 12.2 \text{ dB para una rata de error de } 10^{-7}$$

Aplicando la ecuación (6.20), tenemos:

$$P_u = - 90.86 \text{ dBm para } 10^{-3}$$

$$P_u = - 87.26 \text{ dBm para } 10^{-7}$$

Calculamos luego, el margen de desvanecimiento respecto al umbral:

$$M = - 33.86 + 90.86 = 57.00 \text{ dB para } 10^{-3}$$

$$M = - 33.86 + 87.26 = 53.40 \text{ dB para } 10^{-7}$$

La probabilidad que dicho desvanecimiento ocurra, será con una rugosidad de 100:

$$P_M = 1.804 \times 10^{-7} = 1.804 \times 10^{-5} \text{ para } 10^{-3}$$

$$P_M = 4.133 \times 10^{-7} = 4.133 \times 10^{-5} \text{ para } 10^{-7}$$

Para la Primera Recomendación:

$$P_0 = 0.0904$$

Con lo que aplicando la ecuación (6.23), se tiene:

$$P_S = 1.1707 \times 10^{-4} = 0.011707 \%$$

Y el margen neto será entonces:

$$P = 0.01172 \%$$

Vemos que éste último valor 0.01172 % es mayor que el recomendado por el CCIR para 10^{-3} que es de 0.0056 % por lo que el valor calculado no cumple con la recomendación, por lo que aplicaremos una mejora por diversidad en éste trayecto, y lo expondremos más adelante.

Para la Segunda Recomendación tenemos:

$$P = 0.01174 \%$$

Este valor si cumple con la recomendación ya que

$$0.01174 \% < 0.112 \%$$

Dijimos que introduciríamos una mejora para que el trayecto cumpla con la Primera Recomendación y es así como existe una técnica muy buena para reducir los efectos de interferencia producido por desvanecimientos selectivos y éstos son los métodos en diversidad de

frecuencia y diversidad de espacio.

Al analizar las fluctuaciones de la señal recibida, se observa una cierta selectividad en frecuencia y espacio, es decir, que las amplitudes de señales captadas por diferentes receptores presentan fluctuaciones independientes.

El principio de la recepción por diversidad consiste en considerar varias señales no correlacionadas y escoger en cada instante la mejor (sistema de diversidad por conmutación), o considerar en todo momento una combinación de las distintas señales (sistema de diversidad por combinación).

En un sistema de diversidad por conmutación no se tiene en cuenta la información contenida en las señales débiles, mientras que si se efectúan combinaciones apropiadas entre todas las señales recibidas, obtenemos una mejor relación señal/ruido y se evitan los tiempos de conmutación y los picos de ruido introducidos por el equipo correspondiente.

La justificación matemática de la recepción por diversidad surge fácilmente: Sean a_1, a_2, \dots, a_n las amplitudes de las señales recibidas por los diferentes receptores utilizados. Desde un punto de vista estadístico estas amplitudes pueden ser consideradas como variables aleatorias de acuerdo con una cierta ley de probabilidad. En general éstas variables no serán estocásticamente independientes: Los desvanecimientos de larga duración y de pequeño valor

irán siempre en los diferentes receptores; por el contrario, la corelación entre los valores profundos de desvanecimiento de corta duración que afecten a las señales recibidas, pueden considerarse como prácticamente nula en la mayoría de los casos. Admitiendo que los sistemas de diversidad procuran evitar sobre todo los desvanecimientos profundos, se puede afirmar, en primera aproximación, que las variables $a_1, a_2 \dots a_n$ son independientes.

Representemos por $p(a)$ la probabilidad de que una cualquiera de las a_i sea inferior al valor a . Con la hipótesis anterior, la probabilidad para que todas lo sean al mismo tiempo será: $p^n(a)$. La probabilidad de que al menos una de las a_i sea superior al valor a , será: $1 - p^n(a)$.

En el caso de dos variables tendremos:

$$P(a) = \text{prob. } (a, \text{ ó } a_2 > a) = 1 - p^2(a)$$

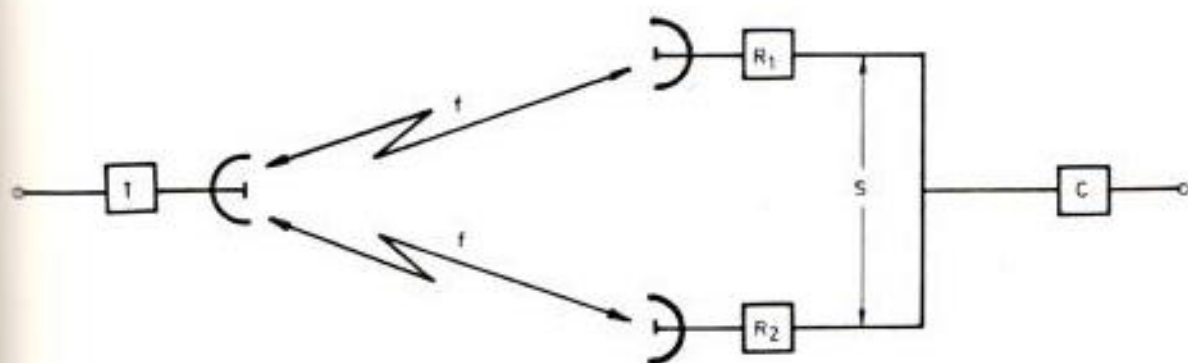
En ausencia del sistema de diversidad, se tendría: $1 - p(a)$. Por consiguiente, si la probabilidad $p(a)$ es igual al 10 % (0.1) para un cierto valor de a , en el caso de un sistema de recepción por diversidad con dos señales, la probabilidad para que la señal seleccionada sea inferior al valor a , será solamente de $(10/100)^2 = 0.01$ (1 %), con lo cual notamos la mejora que produce un Sistema en diversidad.

Si las variables aleatorias no son independientes, es preciso in-

troducir la noción de correlación. El coeficiente de correlación es un parámetro cuyos valores se encuentran comprendidos entre cero y uno, y que indica el mayor o menor grado con que están relacionados entre sí las fluctuaciones de las señales diferentes.

Anotamos que el cálculo de las ventajas que tiene la diversidad, se basa en distribuciones de amplitud sin correlación alguna (coeficiente de correlación nulo). Sin embargo, en la práctica es a menudo imposible obtener correlaciones de un orden muy reducido, y no es indispensable que los coeficientes de correlación sean pequeños para obtener importantes ventajas de la recepción por diversidad.

En este trayecto, utilizaremos diversidad de espacio, en el que dos sistemas de recepción recuperan la misma señal de radio, por medio de antenas físicamente separadas a por lo menos una distancia entre ellas de 30λ para que el mejoramiento por éste sistema de diversidad, tenga efecto (ver Figura 6-9).



T = TRANSMISOR
 R = RECEPTOR
 C = COMBINADOR
 f = FRECUENCIA
 S = SEPARACION ENTRE ANTENAS

FIG. 6-9.- SISTEMA EN DIVERSIDAD DE ESPACIO

6.7.- COMPORTAMIENTO FINAL DE LA RED PRIMARIA

En el Capítulo 5 apartado 3, efectuamos la división de la red total, en base a capacidades del sistema y a la ubicación de las diferentes estaciones terminales, dejando bien definida la red primaria del sistema, en éste Capítulo 6.

Estructurando de éste modo la red, podemos ver que la Provincia de Manabí será servida en su totalidad, de manera especial en su parte norte, que hasta el momento el IETEL no presta un servicio eficiente y de calidad a los pueblos de ésta zona que bien lo necesitan.

Hemos dado, al inicio del capítulo, una justificación para haber contemplado trayectos analógicos al norte y digitales al centro y al sur, en base a los estudios de propagación que hemos efectuado, a la disponibilidad de obras de infraestructura y a la facilidad de vías de acceso. Continuamos dando la ubicación geográfica de las estaciones repetidoras, haciendo un análisis de la manera de seleccionar la mejor posición de una estación y de las consideraciones que se hicieron en la propagación misma, a más de la conveniencia técnica de haber escogido a la ciudad de Manta como punto de interconexión interurbano.

Luego trazamos los perfiles de cada uno de los trayectos de ésta red primaria, en base de las cartas topográficas del IGM, para darnos cuenta de una posible obstrucción en el tramo y de la libertad

que debe tener la primera zona de Fresnel.

Posteriormente, realizamos el cálculo a la que deben ir situadas las antenas en cada estación, y el sitio exacto donde cae el punto de reflexión para así asegurarnos que el haz reflejado está bloqueado y no afecte a la señal que debamos obtener en el receptor.

Una vez hechos todos éstos análisis, procedimos a verificar si cada uno de los saltos, tanto analógicos como digitales, cumplen con lo recomendado por el CCIR en cuanto al ruido que le debamos permitir al sistema, y hemos realizado un análisis exhaustivo de las recomendaciones dadas por éste organismo internacional, para asegurarnos que nuestro sistema no falle ni aún en condiciones extremas de propagación, y es así como en el trayecto Cerro de Hojas - Cerro Cozo, que es digital y con 49.24 Km. de longitud, al hacer las consideraciones de la degradación del margen medido en la portadora, debido al desvanecimiento por trayectos múltiples, nos dimos cuenta que los valores calculados se salen de los estipulados por el CCIR, por lo que hubo la necesidad de introducir un mejoramiento por diversidad que es lo más recomendado en éstos casos, para asegurar buena calidad de transmisión.

En conclusión, todas éstas consideraciones que hemos tenido en cuenta, nos han servido para proyectar de la forma más óptima ésta red y tener una idea concreta de la necesidad de equipos y de las especificaciones con las que deben de cumplir los mismos para una efi-

ciente transmisión, que es en definitiva el objetivo primordial de toda red.

7.- DESCRIPCION DE LA RED SECUNDARIA DEL SISTEMA

7.1.- GENERALIDADES

Con el objeto de diferenciar los trayectos de menor capacidad de canales telefónicos, con los de mayor capacidad, designamos a la red que vamos a analizar como una red secundaria por medio de la cual serviremos a las poblaciones de la Provincia de Manabí, a partir de las diferentes estaciones repetidoras que conforman la ruta primaria o principal y que fue analizada en el Capítulo 6.

Constará también de enlaces analógicos y digitales, siendo el sector norte los que contemplen el primer tipo, aprovechando la infraestructura desarrollada por IETEL en la estación Loma de Viento para luego continuar hacia más el norte para las poblaciones de Jama, Pedernales, Cojimíes, San Isidro, a través de Cerro Jama. En el resto de la Provincia, los trayectos serán enteramente digitales, por ser saltos cortos y por no existir ningún sistema confiable en funcionamiento y que bien entonces podríamos desarrollar sistemas digitales que darán comunicaciones de buena calidad.

7.2.- ZONIFICACION

Para que ésta red secundaria quede bien definida, vamos a dividirla en zonas, dependiendo de la posición geográfica de cada una de las poblaciones rurales, lo que además nos facilitará para efectuar un mejor análisis del comportamiento de cada trayecto.

Dada las ubicaciones, ya seleccionadas, de las estaciones repetidoras, da lugar a que se presenten tres zonas bastante diferenciadas:

- a) Zona Norte: Esta zona norte está compuesta por las poblaciones de Pedernales, Cojimíes, Jama y San Isidro, que se incorporarán a la red nacional de larga distancia, a través de la estación repetidora de Cerro Jama, tal como podemos ver en la Figura 5-1.

Estas cuatro poblaciones quedarán servidas por enlaces analógicos de baja capacidad, por cuanto éstos lugares están aún en vías de desarrollo, por lo que no se justifica todavía implementarlas con capacidades medias ó altas hasta cuando las necesidades así lo requieran. Lo que si debiera quedar bien ejecutado son las obras de infraestructura, tales como vías de acceso, casetas para equipos, centrales, etc, que deben de ser estructuradas previniendo el desarrollo que las telecomunicaciones llevará a éstos pueblos del norte de Manabí.

- b) Zona Central: Tendrá enlaces analógicos y digitales, a partir de las estaciones repetidoras de Loma de Viento y Cerro de Hojas

(ver Figura 5-1)

Las poblaciones de Bahía, Chone y Tosaqua tendrían enlaces analógicos y las de Charapotó, Rocafuerte, Calceta y Portoviejo, serán enlaces digitales.

Habrán sistemas de media capacidad por cuanto el desarrollo adquirido por Portoviejo, Chone, Bahía, Calceta, por ejemplo, así lo requieren, no así el resto de poblaciones que son parte de ésta zona y que tendrán solamente sistemas de 30 canales.

En la actualidad, todos éstos pueblos a excepción de Charapotó, poseen ya alguna obra de infraestructura, por lo que entonces el presente estudio hará que las telecomunicaciones sea llevada a ellos a través de un sistema confiable, de nueva tecnología y establecidos todos los parámetros que el mismo debe cumplir, garantizando así, alta calidad de transmisión.

c) Zona Sur:

Todos los enlaces serán digitales, por ser tramos cortos y por no estar aún desarrollada la repetidora Cerro Corozo que también se presta para estructurarla con sistemas de nueva tecnología.

Las poblaciones de ésta zona sur son: Santa Ana, Sucre, Jipijapa, Paján y Puerto Cayo (a través de Cerro Puerto Cayo).

Jipijapa es la más desarrollada y la de mayor movimiento comercial y es por ello que pondremos un sistema de 120 canales, no así el resto, que por no alcanzar todavía las proporciones de ciudades, tendrán sistemas de 30 canales telefónicos, suficientes y acordes con sus desarrollos.

Son éstas las tres zonas en las que está dividida la red secundaria, y las que serán analizadas y estudiadas en los capítulos posteriores.

7.3.- BANDA DE FRECUENCIA UTILIZABLE. GRAFICO

La planificación de frecuencias en la red de radioenlaces presenta los siguientes objetivos básicos:

- a) Obtener el mejor rendimiento posible del espectro de frecuencia asignados a los servicios fijos y de las disposiciones de radiocanales definidos por el CCIR en los márgenes respectivos.
- b) Permitir el tránsito del volumen de tráfico previsto en el futuro, dado que cada una de las disposiciones definidas por el CCIR establece una cierta capacidad máxima de canales telefónicos.
- c) Reducir la interferencia entre los diversos sistemas.
- f) Facilitar los proyectos de rutas alternativas dentro del territorio nacional.
- e) Facilitar los proyectos de conexión internacional.

Teniendo en cuenta éstos objetivos, vamos a asignar la banda de 400 MHz para los enlaces de la zona norte ya que son sistemas de baja capacidad (24 canales) y porque en éste sector no tendríamos problemas de interferencia de otros sistemas porque en la actualidad no existen tales en la misma banda.

De todos modos, al momento de utilizar las disposiciones de radiocanales recomendadas por el CCIR, debemos de tener en cuenta que, en

la mayoría de los casos, el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en el Artículo 5, establece la atribución, con la misma categoría, de una misma banda de frecuencia para servicios radioeléctricos diferentes. Así, establece los siguientes márgenes de frecuencias en las bandas de UHF para el servicio fijo y los otros servicios que pueden compartirlos:

BANDA (MHz)	ASIGNACION (R.R. Artículo 5)
235 - 272	FIJO MOVIL
272 - 273	OPERACIONES ESPACIALES FIJO MOVIL
273 - 328,6	FIJO MOVIL
335,4- 399,9	FIJO MOVIL
406,1- 410	FIJO MOVIL (salvo móvil aeronáutico) RADIOASTRONOMIA
410 - 430	FIJO MOVIL (salvo móvil aeronáutico)
440 - 450	FIJO MOVIL (salvo móvil aeronáutico)
450 - 470	FIJO MOVIL

Como podemos observar, en todos éstos márgenes, la asignación al servicio fijo no es exclusiva, permitiéndose la compartición, con la misma categoría, de algún otro tipo de servicios. Por ello antes de efectuar una asignación, conviene consultar previamente el Reglamento y analizar, si es preciso, la compatibilidad electromagnética, pero en el caso nuestro, no hay ningún inconveniente en cuanto a éste último punto.

Por su parte, el CCIR no establece ninguna disposición de radiocanales en ésta región del espectro, por lo que, aplicaremos un estudio realizado por la firma Japonesa Fujitsu, para la banda designada de 400 MHz y que se contempla en el Gráfico 7.1.

A partir de 1 GHz, hasta 11 GHz, el CCIR si establece recomendaciones para las diferentes bandas, que a continuación enumeramos:

	BANDA (GHz)	# DE RADIO CANALES	SEPARACION EN- TRE RADIOCANAL- LES (MHz)	CAPACIDAD MA- XIMA DE CADA RADIOCANAL
Rec. 283-2	1.7 - 1.9	6	14	60/120/300
"	1.9 - 2.1	6	14	60/120/300
"	2.1 - 2.3	6	14	60/120/300
"	2.5 - 2.7	6	14	60/120/300
Rec. 382-2	1.7 - 2.1	6	29	600/1800
"	1.9 - 2.3	6	29	600/1800
"	3.8 - 4.2	6	29	600/1800
Rec. 383-1	5.9 - 6.4	8	29,65	600/1800
"	5.9 - 6.4	16	14,825	600
Rec. 384-1	6.4 - 7.1	8	40	960/2700
"	6.4 - 7.1	16	20	960
Rec. 385	7.1 - 7.4	20	7	60/120/300
"	7.4 - 7.7	20	7	60/120/300
Rec. 386-1	7.7 - 8.3	8	29,65	1800
"	8.2 - 8.5	6	23,324	960
"	8.2 - 8.5	12	11,662	300
Rec. 387-1	10.7 - 11.7	12	40	600/1800

Para los enlaces de la zona central y sur de ésta red secundaria, asignamos la banda de 2 GHz y la de 7 GHz para los enlaces de la zona sur que parten de Cerro de Hojas, para en base a ellas y a las recomendaciones del CCIR realizar la canalización de frecuencias.

En éstas bandas no existe ningún equipo que el IETEL tenga en funcionamiento, ni ningún otro sistema que esté operando en la Provincia de Manabí, por lo que no tendremos problemas de interferencias de otros sistemas, sobre los nuestros. En los Gráficos 7-1 y 7-2 constan las disposiciones de radiocanales.

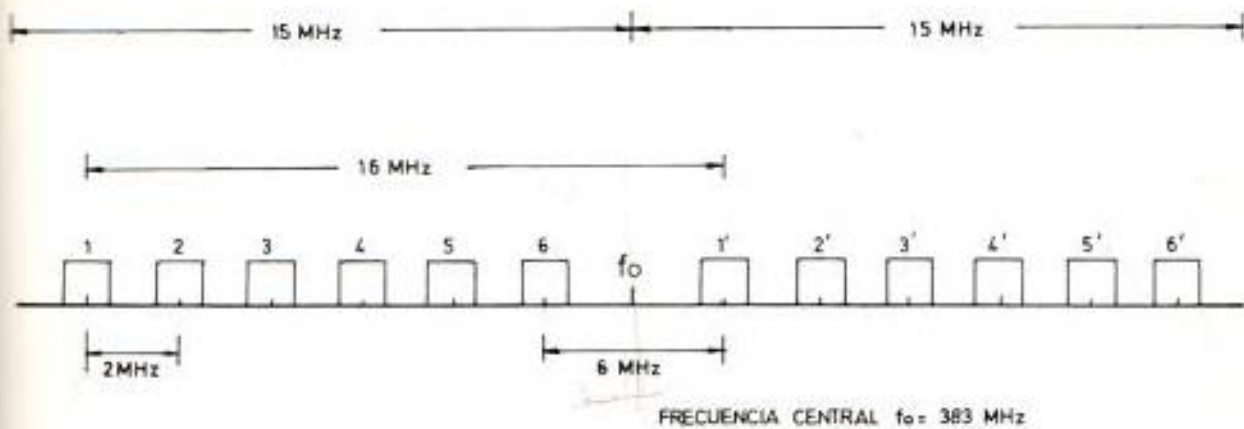


GRAFICO 7 1.- DISPOSICION DE RADIOCANALES EN BANDA 400 MHz

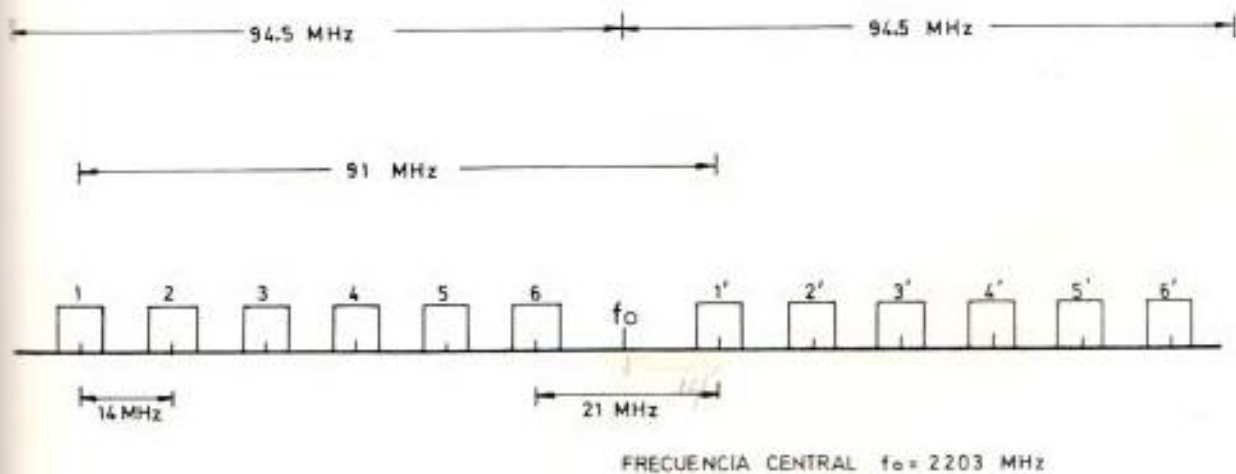


GRAFICO 7-2.- DISPOSICION DE RADIOCANALES EN BANDA 2 GHz.

8.- ZONA NORTE

8.1.- UBICACION GEOGRAFICA DE LAS POBLACIONES RURALES. DETALLES

Las poblaciones que conforman ésta zona norte de la Provincia, tienen la siguiente ubicación geográfica, en base del análisis que efectuamos en las cartas topográficas de escala 1:50.000 y 1:25.000 preparadas por el Instituto Geográfico Militar:

Pedernales: Población que, dentro de nuestro estudio, está ubicado en el sitio cuyas coordenadas geográficas son:

1476 ~ 00° 04' 04" LATITUD NORTE

1077 80° 02' 58" LONGITUD OESTE

En la actualidad, el IETEL no tiene en funcionamiento ningún sistema de radioenlace para Pedernales, lo cual se hace imperioso. Habrá la necesidad de instalar también un grupo motor-generator ya que la energía pública no da servicio las 24 horas del día y es inestable.

Cojimíes: Se encuentra en condiciones similares que Pedernales en cuanto a la falta de un buen sistema de radioenlace y habrá que tomar en cuenta también el inconveniente de la energía pública. Su ubicación geográfica es:

00° 21' 54" LATITUD NORTE

80° 01' 37" LONGITUD OESTE

Jama: Al igual que las dos anteriores, ésta población tampoco cuenta al momento con una buena infraestructura de telecomunicaciones. Sus coordenadas geográficas son:

00° 11' 58" LATITUD SUR

80° 15' 39" LONGITUD OESTE

San Isidro: Habrá también que dotarle de un buen sistema de transmisión que no lo posee en la actualidad, en base de los estudios efectuados y los cálculos que más adelante expondremos. Está ubicado al sur este de Cerro Jama, con las siguientes coordenadas geográficas.

00° 22' 33" LATITUD SUR

80° 10' 52" LONGITUD OESTE

Desde Cerro Jama efectuamos pruebas visuales solamente hacia las poblaciones. No adjuntaremos detalles ya que no realizamos pruebas con equipos.

8.2.- PERFILES DE LOS TRAYECTOS PARA $K = 4/3$

Los trayectos a analizarse, parten todos de la estación repetidora de Cerro Jama y son los siguientes:

Cerro Jama - Pedernales

Cerro Jama - Cojimíes

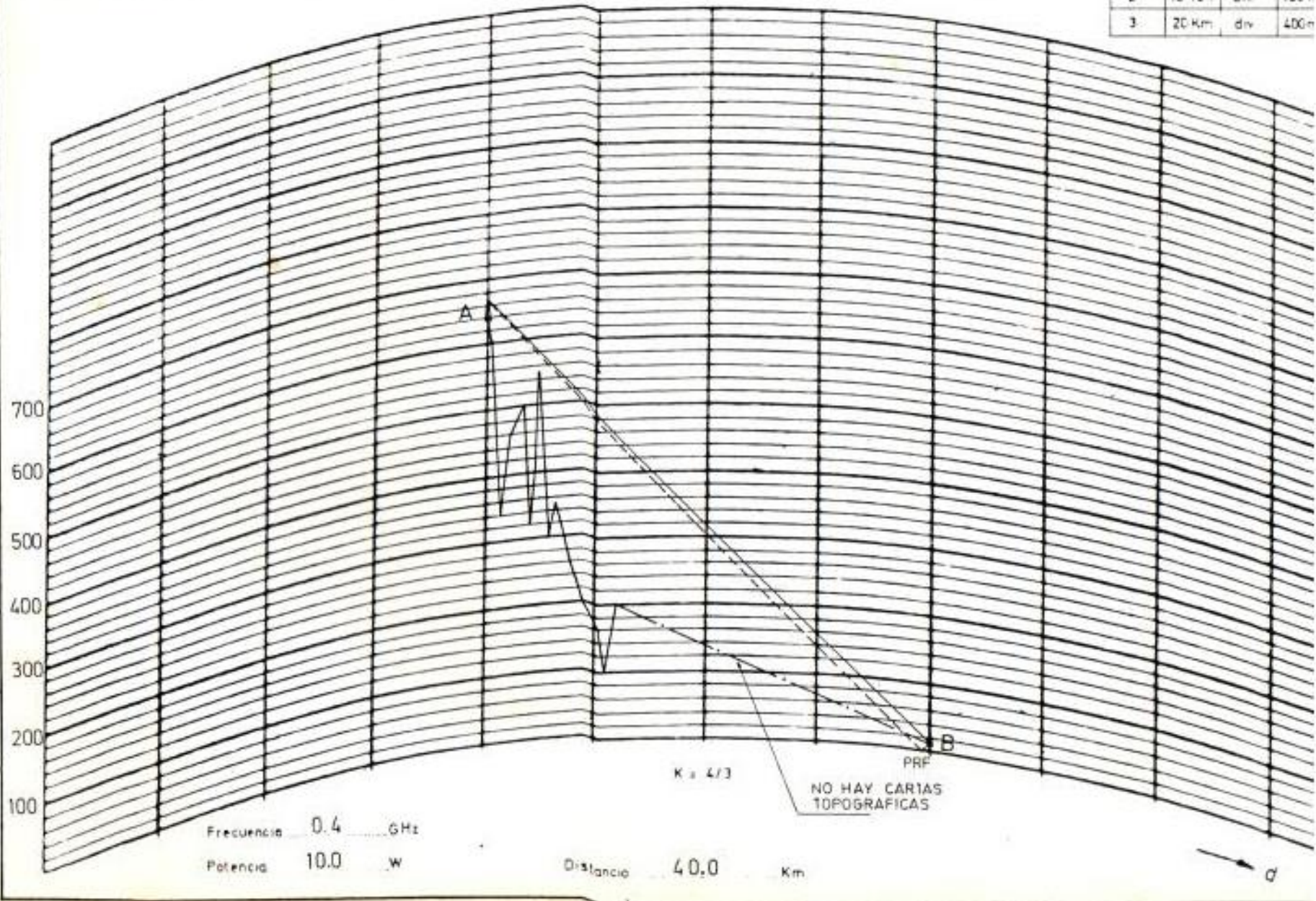
Cerro Jama - Jama

Cerro Jama - San Isidro

Los perfiles de cada tramo, los graficaremos en diagramas en los que ya consta la curvatura de la tierra para el índice $K = 4/3$ que es el que se da en condiciones atmosféricas normales. Por tanto no necesitaremos calcular la curvatura de la tierra y la cota leída en la carta topográfica, la ubicaremos directamente en el diagrama, en la distancia correspondiente a la logitud total del trayecto en análisis.

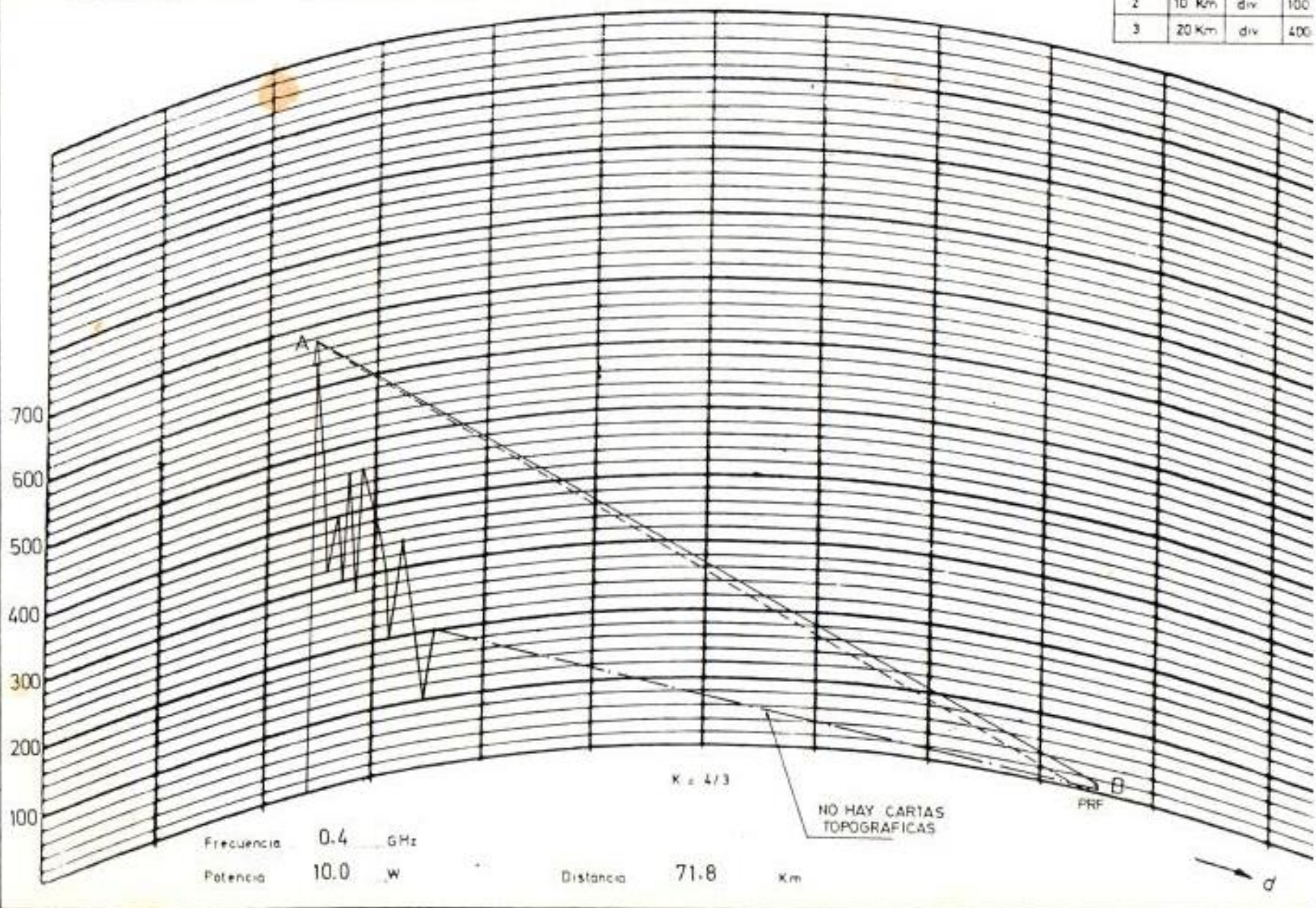
ESTACION	ALTURA		ALTURA DE ANTENA	
A CERRO JAMA	638	m	30	m
B PEDERNALES	5	m	5	m

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



ESTACION A CERRO JAMA 638 m 40 m
 ESTACION B COJIMIES 0 m 5 m

	d	div	n
1	5 Km	div	25
2	10 Km	div	100
3	20 Km	div	400



Frecuencia 0.4 GHz
 Potencia 10.0 W

Distancia 71.8 Km

$K = 4/3$

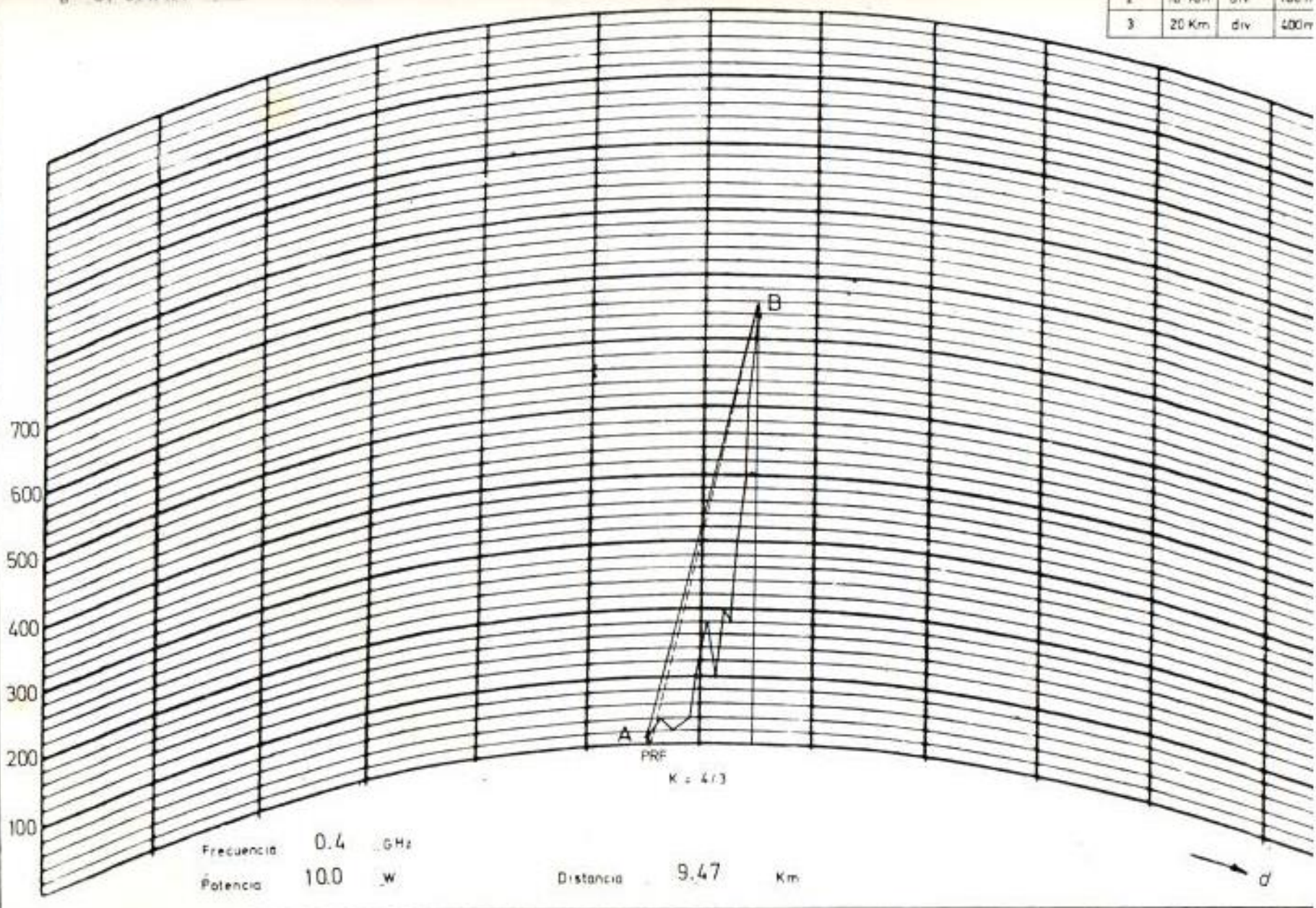
NO HAY CARTAS TOPOGRAFICAS

PRF



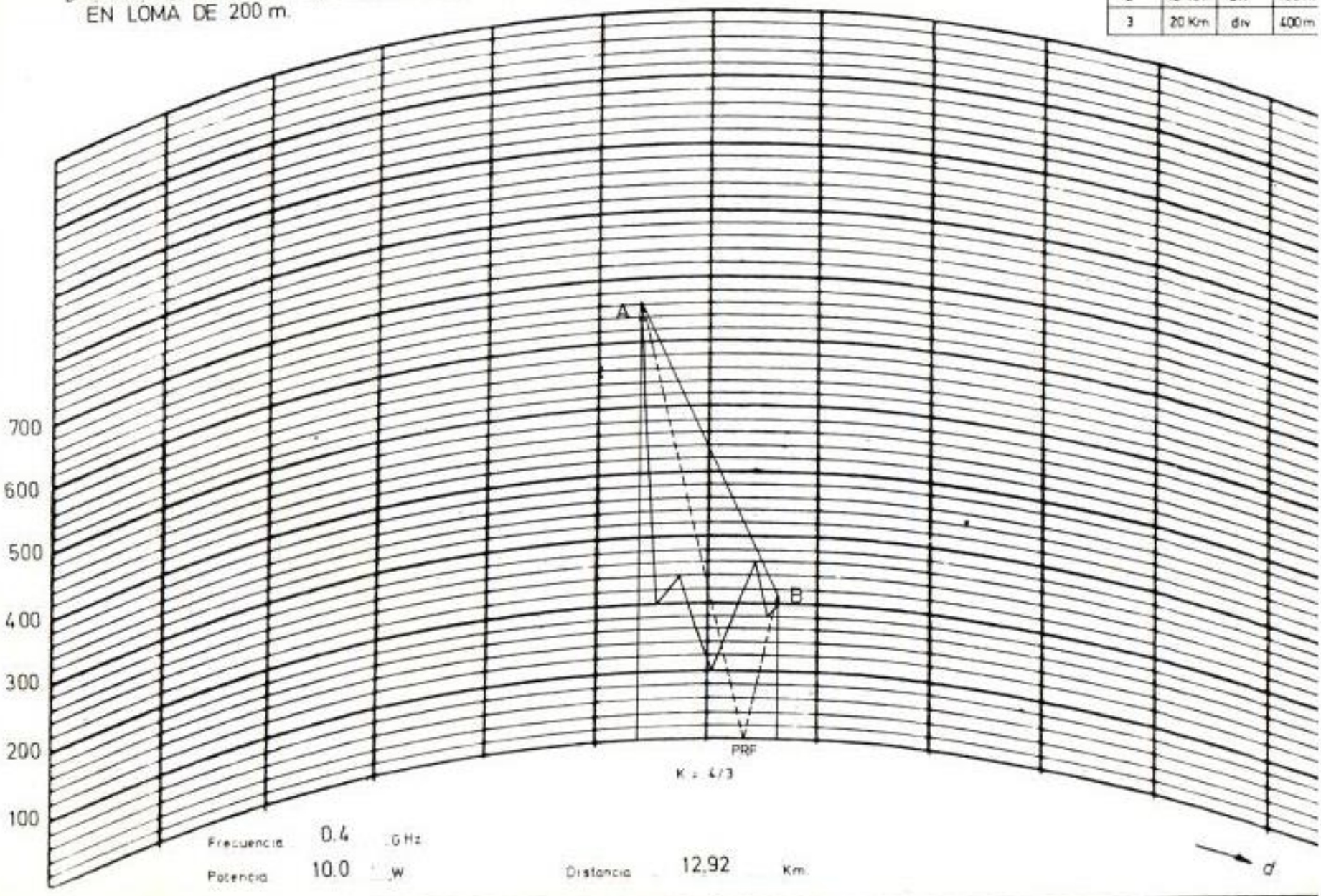
JAMA
C, JAMA 638 m 15 m

1	5 Km	div	25 n
2	10 Km	div	100 n
3	20 Km	div	400 n



ESTACION	ALTURA		ALTURA DE OBSTACULO	
A. C. JAMA	638	m	25	m
B. SAN ISIDRO EN LOMA DE 200 m.	200	m	10	m

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



8.3.- PERDIDAS TOTALES DE TRANSMISION

Los sistemas de radio para los pueblos del norte de Manabí, escogimos ya la banda de 400 MHz, para su operación. Es por ésto, que usaremos antenas YAGUI de 12 elementos, con una ganancia de 14 dB en unos casos, y en otros, antenas parabólicas con el fin de que las pérdidas no sean altas.

Escogemos el alimentador de antena tipo AF (ZE) 50 - 7 que tiene una atenuación de 3.85 dB/100 m.

La atenuación que se produce en filtros y circuladores la consideramos en 8.8 dB. Los valores aquí mencionados, los hemos tomado de las especificaciones standards de equipos de la firma Fujitsu de fabricación Japonesa.

Con éstos datos, procedemos a obtener las pérdidas totales en la transmisión.

TRAYECTO: CERRO JAMA - PEDERNALES

Distancia $d = 40.0$ Km Frecuencia $f_0 = 0.383$ GHz

Usando la ecuación (6.3) tenemos:

$$A_0 = 92.5 + 20 \log 40 + 20 \log 0.383 = 116.20 \text{ dB}$$

La atenuación en el alimentador de antena es:

$$A_f = 55 \text{ m} \times 0.0385 \text{ dB/m} = 2.11 \text{ dB}$$

TABLA VIII.3 - A

ESTACION	CERRO JAMA	PEDERNALES
ALTURA DE ANTENA (m)	30	5
LONGITUD DE ALIMENTADOR (m)	40	15
DIAMETRO DE ANTENA (m)	2	3
GANANCIA DE ANTENA (dB)	15.5	19.0

La atenuación en filtros y circuladores es $A_c = 8.8$ dB

Usando la Tabla VIII. 3 - A con antenas de 2 y 3 m. de diámetro y con ganancias de 15.5 dB y 19.0 dB, tenemos:

$$G_t + G_r = 15.5 + 19 = 34.5 \text{ dB}$$

Con la ecuación (6.1), obtenemos la atenuación total del trayecto

$$A_t = 116.20 + 2.11 + 8.8 - 34.5 = 92.61 \text{ dB}$$

Con una potencia de transmisión de $P_t = 40$ dBm y usando la ecuación (6.6) obtenemos la potencia en recepción:

$$P_r = 40 - 92.61 = -52.61 \text{ dBm}$$

TRAYECTO: CERRO JAMA - COJIMIES

TABLA VIII.3 - B

ESTACION	CERRO JAMA	COJIMIES
ALTURA DE ANTENA (m)	40	5
LONGITUD DE ALIMENTADOR (m)	50	15
DIAMETRO DE ANTENA (m)	2	3
GANANCIA DE ANTENA (dB)	15.5	19.0

Distancia $d = 71.8$ Km

Frecuencia $f_o = 0.383$ GHz

Con la ecuación (6.3) tenemos:

$$A_o = 92.5 + 20 \log 71.8 + 20 \log 0.383 = 121.28 \text{ dB}$$

La atenuación en los alimentadores de antenas es:

$$A_f = 65 \text{ m} \times 0.0385 \text{ dB/m} = 2.5 \text{ dB}$$

$$A_c = 8.8 \text{ dB}$$

De acuerdo a la Tabla VIII.3 - B con antenas de 2 y 3 m. de diámetro y con ganancias de 15.5 dB y 19.0 dB, tenemos:

$$G_t + G_r = 15.5 + 19.0 = 34.5 \text{ dB}$$

La atenuación total del trayecto la obtenemos a partir de la ecuación (6.1)

$$A_t = 121.28 + 2.5 + 8.8 - 34.5 = 98.08 \text{ dB}$$

Con $P_t = 40 \text{ dBm}$ y haciendo uso de la ecuación (6.6) obtenemos:

$$P_r = 40 - 98.08 = -58.08 \text{ dBm}$$

TRAYECTO: CERRO JAMA - JAMA

Distancia $d = 9.47 \text{ Km.}$

Frecuencia $f_o = 0.383 \text{ GHz}$

A partir de las ecuaciones ya descritas en el Capítulo 6, obtenemos los siguientes valores:

$$A_o = 92.5 + 20 \log 9.47 + 20 \log 0.383 = 103.69 \text{ dB}$$

$$A_f = 45 \text{ m} \times 0.0385 \text{ dB/m} = 1.73 \text{ dB}$$

$$A_c = 8.8 \text{ dB}$$

$$G_t + G_r = 28 \text{ dB}$$

TABLA VIII.3 - C

ESTACION	CERRO JAMA	JAMA
ALTURA DE ANTENA (m)	15	10
LONGITUD DE ALIMENTADOR (m)	25	20
TIPO DE ANTENA	12 ELEMENTOS YAGUI	12 ELEMENTOS YAGUI
GANANCIA DE ANTENA (dB)	14	14

$$A_t = 103.69 + 1.73 + 8.8 - 28 = 86.22 \text{ dB}$$

Con $P_t = 40 \text{ dBm}$ obtenemos:

$$P_r = 40 - 86.22 = -46.22 \text{ dBm}$$

TRAYECTO: CERRO JAMA - SAN ISIDRO

Distancia $d = 12.92 \text{ Km}$

Frecuencia $f_c = 0.383 \text{ GHz}$

Partiendo de las ecuaciones del Capítulo 6 tenemos:

$$A_o = 92.5 + 20 \log 12.29 + 20 \log 0.383 = 106.38 \text{ dB}$$

TABLA VIII.3 - D

ESTACION	CERRO JAMA	SAN ISIDRO
ALTURA DE ANTENA (m)	25	10
LONGITUD DE ALIMENTADOR (m)	35	20
TIPO DE ANTENA	12 ELEMENTOS YAGUI	12 ELEMENTOS YAGUI
GANANCIA DE ANTENA (dB)	14	14

$$A_f = 55m \times 0.0385 \text{ dB/m} = 2.11 \text{ dB}$$

$$A_c = 8.8 \text{ dB}$$

$$G_t + G_r = 28 \text{ dB}$$

$$A_t = 106.38 + 2.11 + 8.8 - 28 = 89.29 \text{ dB}$$

Con $P_t = 40 \text{ dBm}$ obtenemos:

$$P_r = 40 - 89.29 = -49.29 \text{ dBm}$$

8.4.- CALCULO DE ALTURA DE ANTENAS. PUNTO DE REFLEXION

En la banda de 400 GHz, las consideraciones que deben tomarse en cuenta en lo que respecta a la libertad del primer lóbulo de Fresnel no son de tanta importancia como cuando la frecuencia de operación es el orden de las microondas. En UHF debe de cumplirse solamente que la señal en todo su recorrido esté libre de obstáculos, y analizando los diagramas de perfiles de los 4 trayectos en consideración, nos damos cuenta que todos ellos cumplen con ésta condición, a más de que, de todos modos elevamos las antenas a cierta altura del nivel del suelo, como consta en las Tablas VIII.3 - A - B - C - D, con lo que aseguramos aún más que la señal no esté obstruída. En consecuencia no calcularemos las alturas a las que deben ir las antenas sino que procederemos a calcular el sitio donde cae el punto de reflexión en cada trayecto.

TRAYECTO: CERRO JAMA - PEDERNALES

Cálculo del punto de reflexión

Lo calculamos en base de los siguientes valores:

$$h_1 = 10 \text{ m.}$$

$$h_2 = 668 \text{ m.}$$

$$d = 40.0 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

Reemplazando en las ecuaciones (6.10); (6.11) y (6.12) tenemos:

$$r = 55886.13$$

$$t = 2054.33$$

$$\psi = 53.12^\circ$$

Con la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = -19.3$$

Y con la ecuación (6.14) se tiene:

$$d_1 = 0.7 \text{ Km}$$

$$d_2 = 39.3 \text{ Km.}$$

O sea que el punto de reflexión está ubicado a 0.7 Km. de Pedernales y a 39.3 Km. de Cerro Jama, con lo que la onda reflejada se bloquea y no ofrece problemas.

TRAYECTO: CERRO JAMA - COJIMIES

Cálculo del punto de reflexión

Lo calculamos en base de los siguientes valores:

$$h_1 = 5 \text{ m}$$

$$h_2 = 678 \text{ m}$$

$$d = 71.8 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

Reemplazando en las ecuaciones (6.10); (6.11) y (6.12) tenemos:

$$r = 102602.44$$

$$t = 2364.77$$

$$\psi = 26.85^\circ$$

Con la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = -34.94$$

Y con la ecuación (6.14) obtenemos:

$$d_1 = 0.96 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 70.84 \text{ Km}$$

Por lo que el punto de reflexión estará ubicado a 0.96 Km. de Cojimes y a 70.84 Km. de Cerro Jama, por lo tanto vemos que la onda reflejada está bloqueada y no ofrece problemas.

TRAYECTO: CERRO JAMA - JAMA

Cálculo del punto de reflexión

Con los siguientes valores lo calculamos:

$$h_1 = 17 \text{ m.}$$

$$h_2 = 653 \text{ m.}$$

$$d = 9.47 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

Reemplazando en las ecuaciones (6.10); (6.11) y (6.12) tenemos:

$$r = 12788.67$$

$$t = 1905.81$$

$$\psi = 81.16^\circ$$

Con la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = -4.49$$

Y aplicando la ecuación (6.14) resulta:

$$d_1 = 0.25 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 9.22 \text{ Km.}$$

O sea que el punto de reflexión estará ubicado a 0.25 Km. de Jama y a 9.22 Km. de Cerro Jama por lo que analizando en la carta topográfica correspondiente, la onda reflejada se bloquea y no ofrece así ningún problema.

TRAYECTO: CERRO JAMA - SAN ISIDRO

Cálculo del punto de reflexión

Lo calculamos con los siguientes valores:

$$h_1 = 210 \text{ m.}$$

$$h_2 = 663 \text{ m.}$$

$$d = 12,92 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

Reemplazando en las ecuaciones (6.10); (6.11) y (6.12) tenemos:

$$r = 12427.36$$

$$t = 2487.41$$

$$\phi = 84.25^\circ$$

Con la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = -3.34$$

Y con la ecuación (6.14) obtenemos:

$$d_1 = 3.12 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 9.8 \text{ Km.}$$

Por lo que el punto de reflexión estará ubicado a 3.12 Km. de San Isidro y a 9.8 Km. de Cerro Jama, por lo que la onda reflejada no ofrece ningún problema ya que está bloqueada.

8.5.- CONSIDERACIONES DE RUIDO DE CADA TRAYECTO

Efectuaremos los cálculos para obtener la relación señal/ruido en condiciones de espacio libre, ponderado y con preénfasis, para cada trayecto, usando la fórmula 6.15 y cuyos parámetros fueron ya definidos en el Capítulo 6.

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 10 \log P_r - 10 \log KTB - 10 \log n - 10 \log 2 + \\ + 20 \log f_e - 20 \log f_{BB} + f_p + f_s$$

En la Tabla VI.6 - A que está contemplada en la Recomendación 399-2 del CCIR, el Comité no especifica la frecuencia de medición de canales para un sistema de 24 canales, pero en los datos técnicos del equipo de radio de 24 canales de la firma Ericsson, especifican la frecuencia de 100 KHz como la frecuencia de medición cuando realizan mediciones de ruido producto de desvanecimientos para un trayecto. Para efectos de nuestros cálculos tomaremos éste valor como la frecuencia de medición más elevada en la banda base (f_{BB}).

Los demás parámetros de la fórmula, serán los mismos que fueron especificados en el Capítulo antes mencionado.

Luego calcularemos el nivel de umbral de ruido y posteriormente el margen a éste nivel de umbral.

Si se producen desvanecimientos muy profundos, un sistema de radio-comunicación falla, durante los que, el ruido térmico suprime la señal útil en recepción y es precisamente el nivel de umbral, el parámetro que limita hasta ese punto *determinada calidad de señal*, siendo el margen al nivel de umbral la relación entre el nivel de entrada al receptor y el nivel de umbral.

Cuando la potencia de la señal en recepción es alrededor de 10 dB más que la potencia de ruido, referida a la entrada del receptor, en la región del ancho de banda de FI, llegamos a la definición más exacta de nivel de umbral de ruido del sistema. Esta diferencia de 10 dB es porque los picos de la señal de ruido tienden a ser mayores que el nivel de la portadora útil.

El nivel de umbral viene dado por la siguiente ecuación:

$$N_u = 10 \log KTB_{FI}F + 10 \text{ dB} \quad (8.1)$$

donde:

K = constante de Boltzmann = 1.38×10^{-23} W/HZ°K

T = temperatura absoluta 300°K

B_{FI} = ancho de banda de frecuencia intermedia en MHz

F = figura de ruido del receptor en dB

El margen al nivel de umbral será:

$$M_u = P_r - N_u \quad (8.2)$$

donde:

P_r = nivel de entrada al receptor

N_u = nivel de umbral

Consideraremos un $B_{FI} = 1.3$ MHz y una $F = 5.5$ dB, para cada trayecto

TRAYECTO: CERRO JAMA - PEDERNALES

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = -52.61 + 139 - 5.5 + 20 \log 35 - 20 \log 100 + \\ + 4 + 2.5 - 3$$

$$10 \log \frac{P_s}{P_n} = 75.27 \text{ dB}$$

Aplicando la ecuación (6.17) obtenemos la potencia de ruido térmico
sofométrico:

$$P_n = \text{antilog} \frac{90 - 75.27}{10} = 29.72 \text{ pw.}$$

Para el cálculo del nivel de umbral de ruido, aplicamos la fórmula
(8.1), con lo que tenemos:

$$N_u = 10 \log 1.38 \times 10^{-20} \text{ mw/H}_2^{\circ}\text{K} \times 300^{\circ} \text{K} \times 1.3 \times 10^6 \text{ Hz} + \\ + 5.5 \text{ dB} + 10 \text{ dB}$$

$$N_u = -112.69 + 5.5 + 10 = -97.19 \text{ dBm}$$

Y aplicando la ecuación (8.2) obtenemos el margen al nivel de umbral:

$$M_u = - 52.61 + 97.19 = 44.58 \text{ dB}$$

En la Tabla VIII.5 - A constan los datos utilizados y los resultados obtenidos de pérdidas totales de transmisión, nivel de entrada al receptor, ruido y confiabilidad, para los 4 enlaces de ésta zona norte.

TABLA VIII 5-A

ESTACION		C. JAMA - PEDER- NALES	C. JAMA - COJIMIES	C. JAMA - JAMA	C. JAMA - S. ISIDRO						
ALTURA	m	638	5	638	0	638	7	638	200		
DISTANCIA DEL ENLACE	Km	40.0		71.8		9.47		12.92			
TIPO DE ANTENA	p-m	2	3	2	3	12 ELE	12 ELE	12 ELE	12 ELE		
ALTURA DE ANTENA	m	30	5	40	5	15	10	25	10		
LARGO DE ALIMENTADOR	m	40	15	50	15	25	20	35	20		
ESPACIO LIBRE	PERDIDA	dB		116.20		121.28		103.69		106.38	
ALIMENTADOR AF(ZE) 50-7 385dB/100-		dB		1.54		0.57		1.92		0.58	
FILTROS Y CIRCULADORES		dB		8.8		8.8		8.8		8.8	
GANANCIA DE ANTENA	dB	15.5	19.0	15.5	19.0	14.0	14.0	14.0	14.0		
PERDIDA TOTAL DE ENLACE	dB	92.61		98.08		86.22		89.29			
POTENCIA DE SALIDA DEL TRANSMISOR	dBm	40		40		40		40			
NIVEL DE ENTRADA DEL RECEPTOR	dBm	- 52.61		- 58.08		- 46.22		- 49.29			
S/N EN CONDICIONES DE ESPACIO LIBRE	dB	75.27		69.80		81.66		78.59			
POTENCIA DE RUIDO PONDERADO	pW	29.72		104.71		6.82		13.84			
MARGEN AL NIVEL DE UMBRAL	dB	44.58		39.11		50.97		47.90			
NUMERO DE CANALES TELEFONICOS	CH	24		24		24		24			

NIVEL DE UMBRAL= - 97.19 dBm.

8.6.- PLANEAMIENTO DE FRECUENCIAS

En el Capítulo 7 sección 3, expusimos la disposición de radiocanales para ésta banda de 400 MHz, habiendo una separación entre un ra dio canal de ida y el retorno, una separación de 16 MHz y una separación de 2 MHz entre radiocanales adyacentes.

Esta disposición establece una frecuencia central de 383 MHz y las frecuencias de cada radiocanal están determinadas por las siguientes relaciones:

$$f_n = f_o + 2n - 15$$

$$f'_n = f_o + 2n' + 1$$

donde:

f_o : frecuencia central de toda la banda

f_n : es la frecuencia central de un canal radioeléctrico de la mitad inferior de la banda en MHz.

f'_n : es la frecuencia central de un canal radioeléctrico de la mitad superior de la banda en MHz.

n : número del canal de radio en la mitad inferior

n' : número del canal de radio en la mitad superior

En la Tabla VIII.6 - A se muestra el resultado de las relaciones antes indicadas, y esos valores son los necesarios para establecer

el correspondiente plan de frecuencias.

TABLA VIII.6 - A

MITAD INFERIOR		MITAD SUPERIOR	
$f_n = f_o + 2n - 15$		$f_n' = f_o + 2n' + 1$	
# DE CANAL	FRECUENCIA (MHz)	# DE CANAL	FRECUENCIA (MHz)
1	370	1'	386
2	372	2'	388
3	374	3'	390
4	376	4'	392
5	378	5'	394
6	380	6'	396

Con éstos valores de frecuencias y teniendo disponible 6 radiocanales en la mitad inferior y 6 en la superior, realizamos en la Figura 8-1 la asignación de los canales de radio para los 4 enlaces.

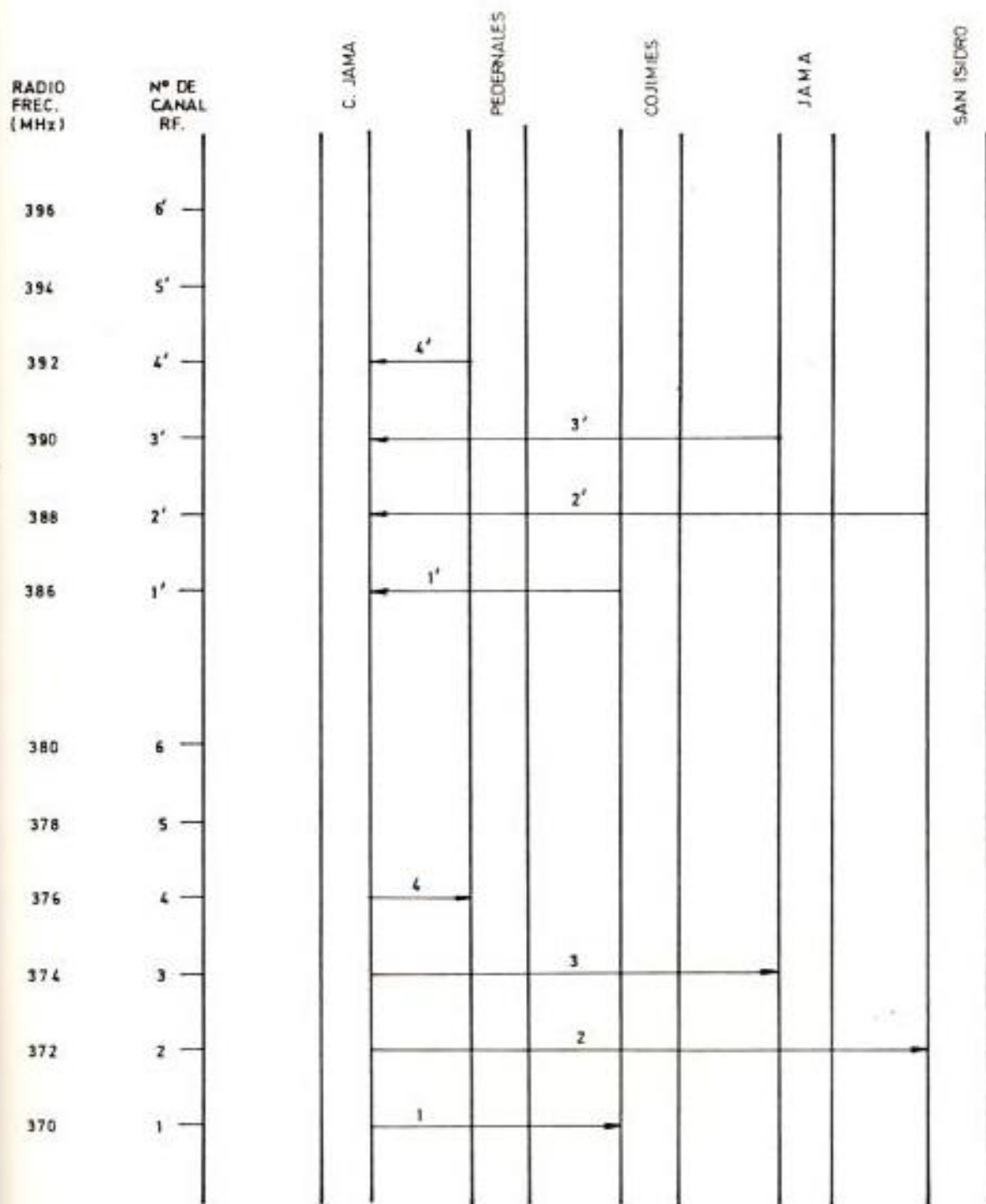


FIG. 8-1.- ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES EN LA BANDA DE 400 MHz.

8.7.- DIAGRAMAS DE INTERCONEXION CON LA RED PRIMARIA

El diagrama de interconexión nos indica, en bloques, la manera como los canales telefónicos asignados a cada ciudad o población, van conectándose a través de las estaciones repetidoras hasta llegar a su destino, por medio de los equipos de radio, equipos de múltiplex (a nivel de canal o grupos de 12, 24, 30, 60, 120, etc., dependiendo de la necesidad), filtros.

De los bloques de canales asignados, hay casos en que no ocuparemos todos ellos y lo indicaremos con una X, quedando éstos canales disponibles para futuras ampliaciones.

El bloque que indicamos, por ejemplo, 12/60, denota que se pueden ir empleando grupos de 12 canales (1,2,3,4,5), hasta completar 60 canales en 5 grupos. 60/300, por ejemplo, indica que se emplea un supergrupo de 60 canales, y se puede ampliar hasta 300 canales en 5 supergrupos. Con esto aclaramos como debe interpretarse ésta nomenclatura usada.

En el diagrama 8-2 indicamos la interconexión de la zona norte con la red primaria, hasta llegar a Manta que es la ciudad del tránsito interurbano.

9.- ZONA CENTRAL

9.1.- UBICACION GEOGRAFICA DE LAS POBLACIONES RURALES. DETALLES

Las coordenadas geográficas de las poblaciones de ésta zona central las obtuvimos mediante el análisis de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar en la escala de 1:50.000.

Bahía de Caráquez: Ciudad con la siguiente ubicación geográfica:

00° 35' 38" LATITUD SUR

80° 25' 13" LONGITUD OESTE

Posee un edificio funcional construido por IETEL, donde se encuentra la central y los equipos de radio.

Choné:

00° 41' 44" LATITUD SUR

80° 04' 48" LONGITUD OESTE

El IETEL también tiene construido un edificio para la central y equipos de radio.

Tosagua:

00° 46' 58" LATITUD SUR

80° 13' 47" LONGITUD OESTE

Esta proyectado la construcción de un edificio por parte de IETEL.

Charapotó:

00° 50' 00" LATITUD SUR

80° 29' 09" LONGITUD OESTE

Habrá la necesidad de acondicionar un local para ubicar all  los equipos, hasta que IETEL decida alguna construcción civil.

Rocafuerte:

00° 55' 18" LATITUD SUR

80° 26' 47" LONGITUD OESTE

En igualdad de condiciones que Charapotó

Calceta:

00° 50' 38" LATITUD SUR

80° 09' 41" LONGITUD OESTE

Al igual que las dos anteriores.

Portoviejo:

01° 03' 16" LATITUD SUR

80° 27' 06" LONGITUD OESTE

Ciudad capital de provincia y en la que IETEL tiene construido hace algunos años un edificio funcional y existe un sistema de 960 canales en funcionamiento.

No es una población rural, pero por su ubicación geográfica la ubicamos dentro de ésta zona central.

Se adjuntan los detalles en los que constan los sitios donde realizamos pruebas de propagación en las diferentes poblaciones. Las que no tienen detalles es porque actualmente existe ya en funcionamiento algún sistema de radio enlace a satisfacción puesto por IETEL y por tanto no efectuamos las pruebas de propagación.

Hacia loma de Viento

sitio de prueba
⊕

Sucre

Pedro Carbo

mercado

Juan Montalvo

9 de Octubre

Bolívar

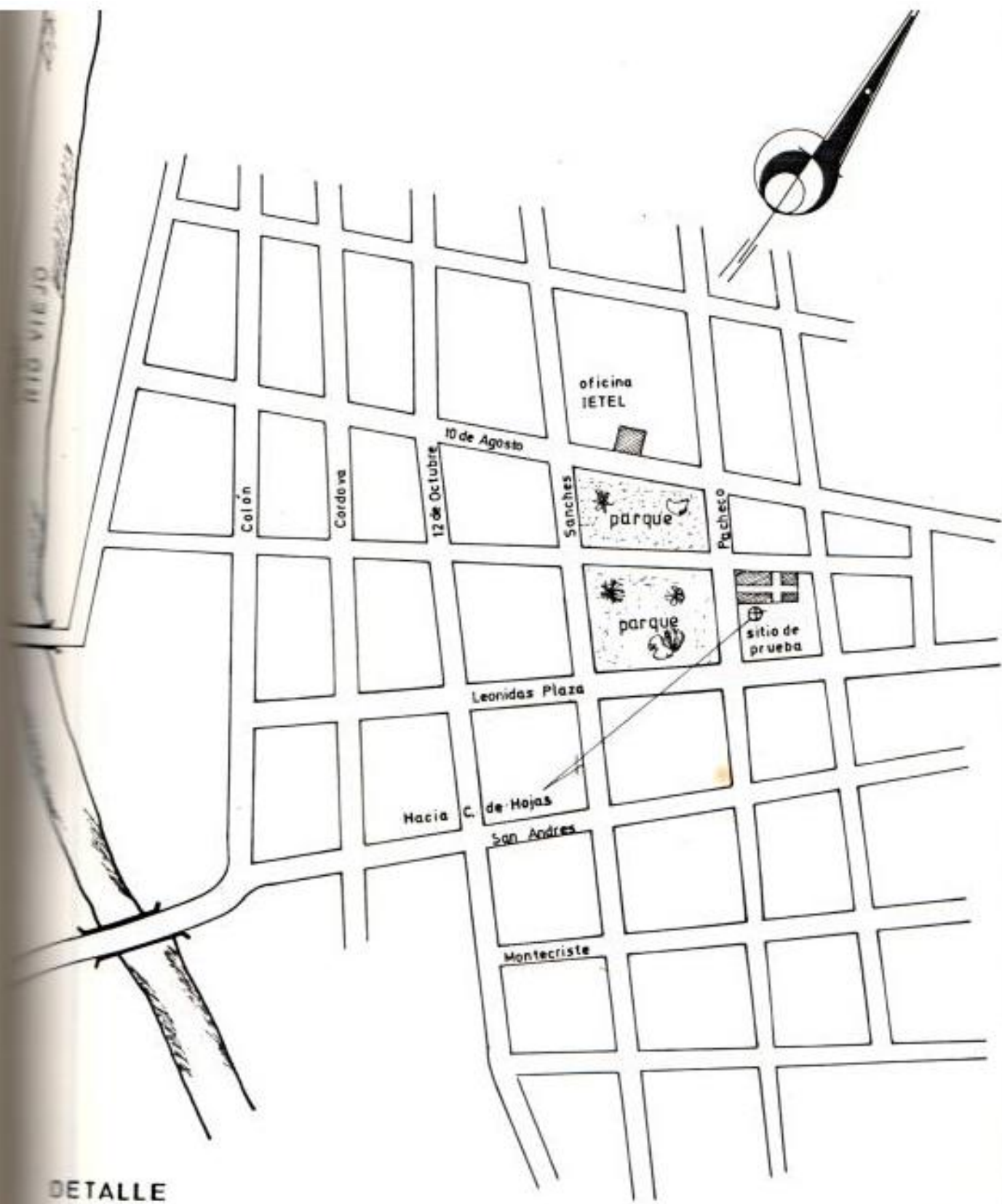
Tenencia
Política

DETALLE

PARROQUIA TOSAGUA

ESCALA 1: 2000

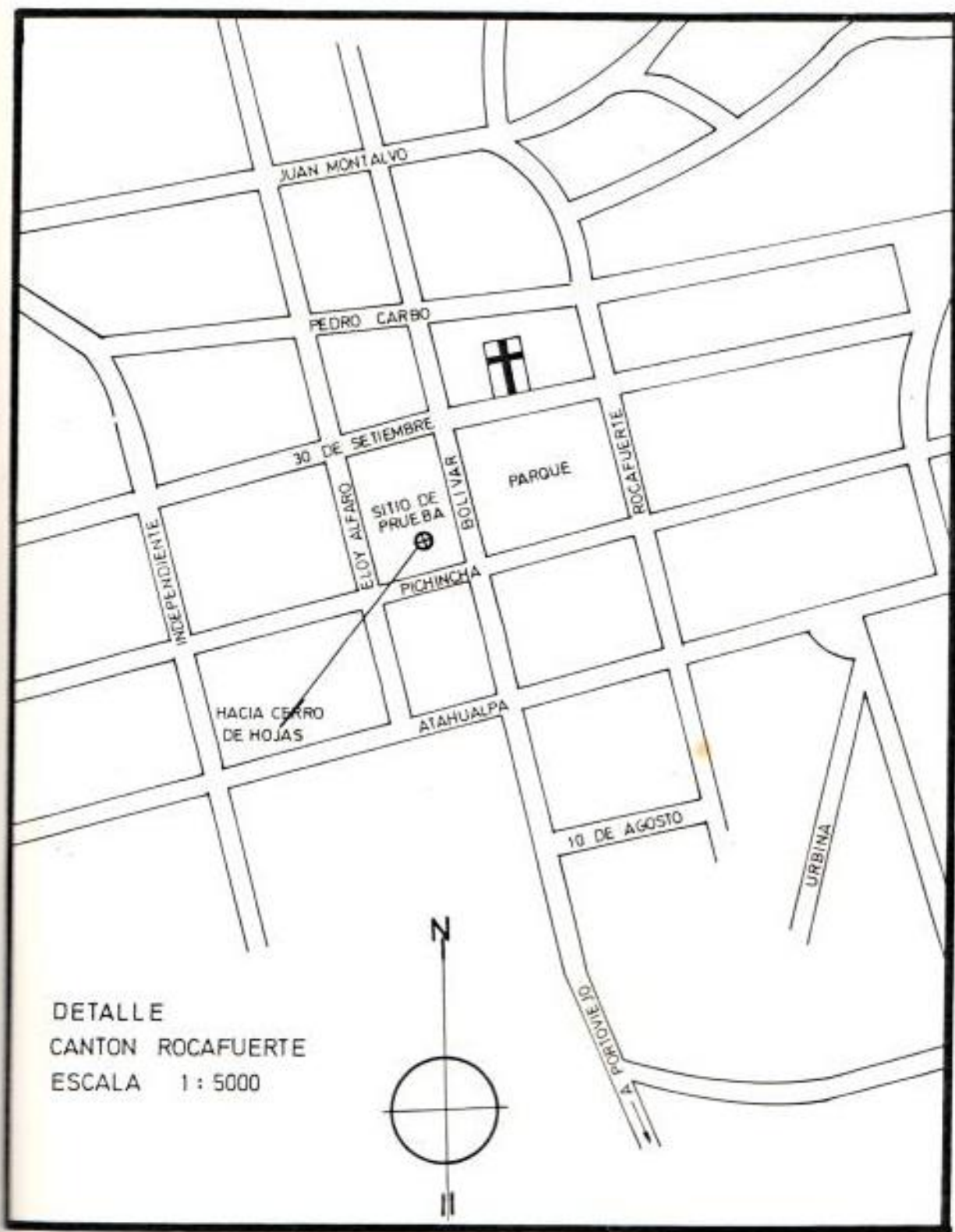




DETALLE

PARROQUIA CHARAPOTO

ESCALA 1:5000



DETALLE
CANTON ROCAFUERTE
ESCALA 1 : 5000

9.2.- PERFILES DE LOS TRAYECTOS PARA $K = 4/3$

Los trayectos que parten de la estación repetidora Loma de Viento son:

Loma de Viento - Bahía de Caráquez

Loma de Viento - Chone

Loma de Viento - Tosagua

Y los que parten de la estación repetidora Cerro de Hojas son:

Cerro de Hojas - Charapotó

Cerro de Hojas - Rocafuerte

Cerro de Hojas - Calceta

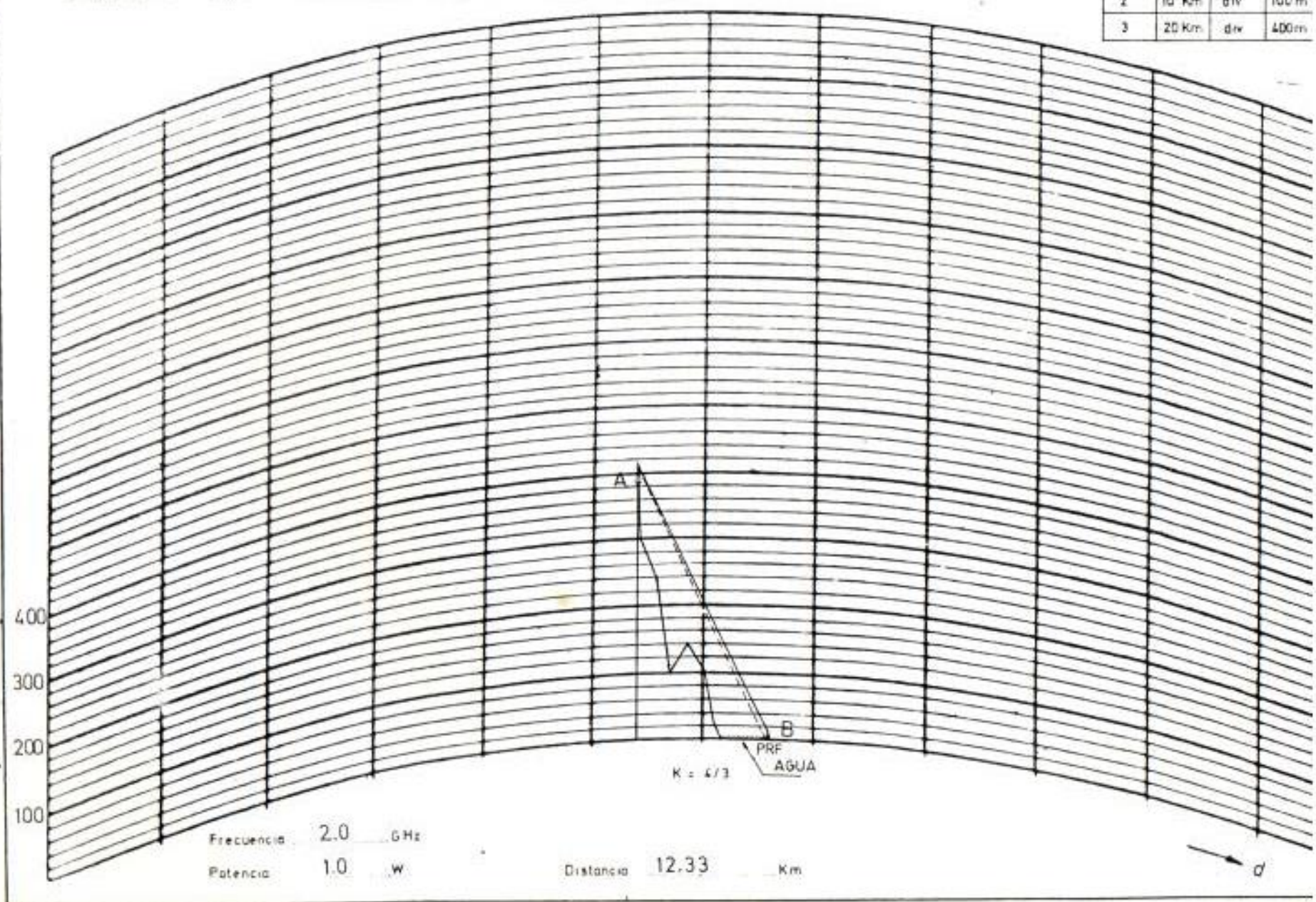
Cerro de Hojas - Portoviejo

Los perfiles los graficamos en diagramas en los que ya consta la curvatura de la tierra para el índice de $K = 4/3$. Por tanto, la cota leída en las cartas la ubicamos directamente en el diagrama sin necesidad de calcular la curvatura de la tierra.

No haremos el perfil Cerro de Hojas - Portoviejo, por cuanto en un tramo tan corto (10 Km), desde la estación repetidora se domina toda la ciudad y no hay ningún obstáculo en el trayecto, de modo que es ciento por ciento confiable la no obstrucción.

ESTACION	ALTEZA		ALTEZA DE ANTENA	
A LOMA DE VIENTO	385	m	30	m
B BAHIA	0.0	m	12	m

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



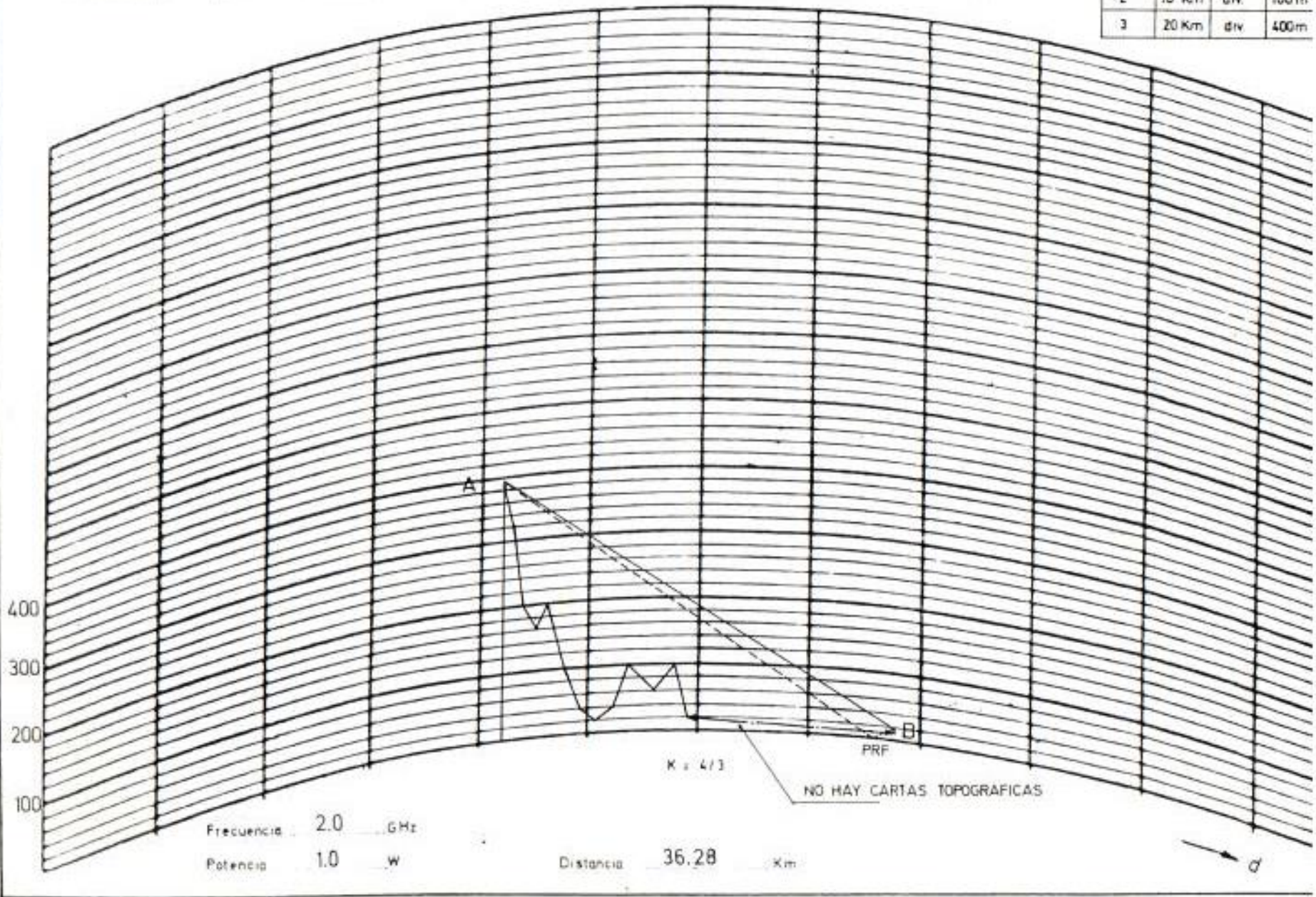
Frecuencia 2.0 GHz
 Potencia 1.0 W

Distancia 12.33 Km



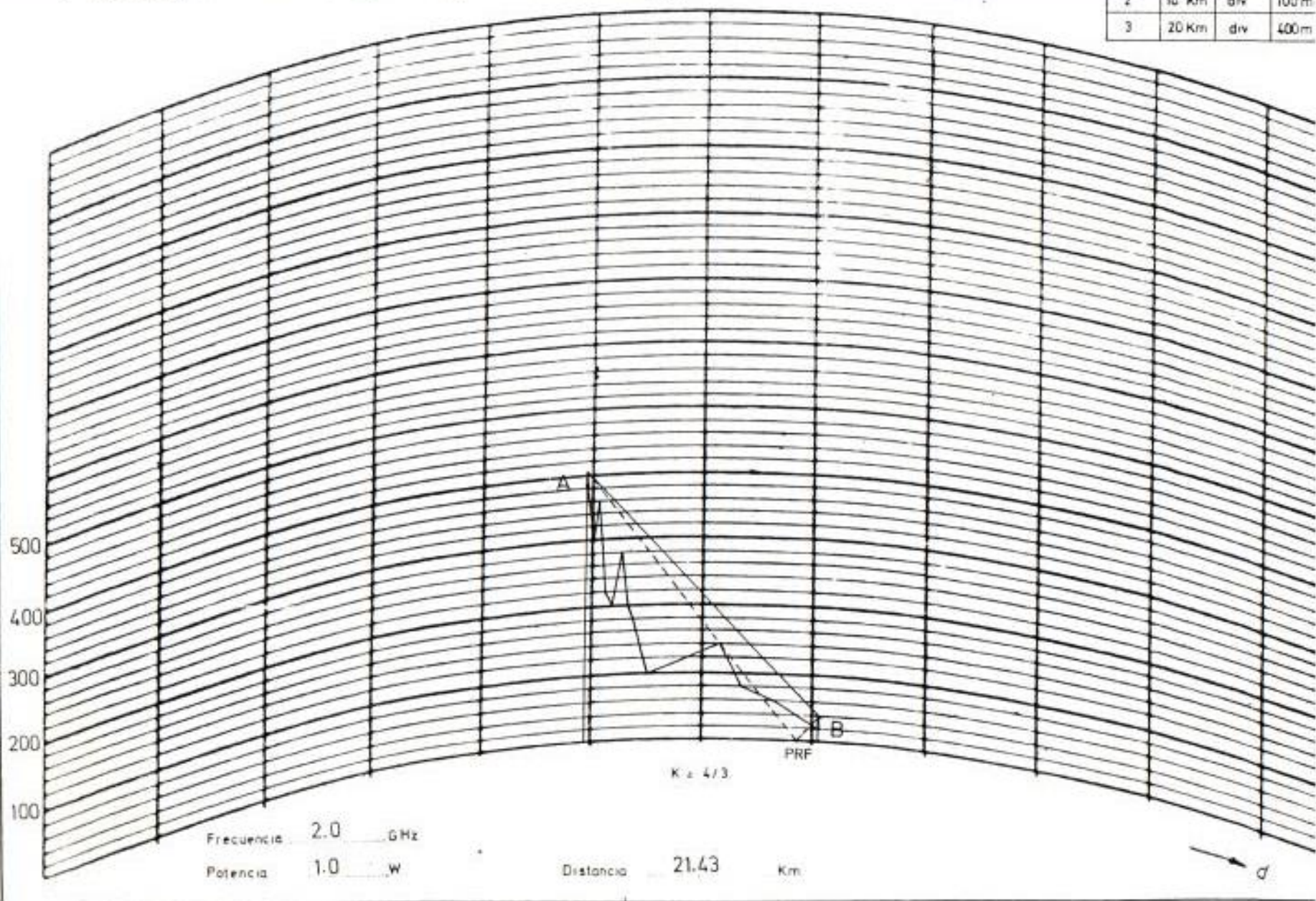
Estacion	altura	altura de antena
A LOMA DE VIENTO	385 m	10 m
B CHONE	10 m	10 m

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



ESTACION	ALTURA	ANCHO DE BASE	ANCHO DE VERTICE
A LOMA DE VIENTO	385 m	20 m	m
E TOSAGUA	20 m	m	20 m

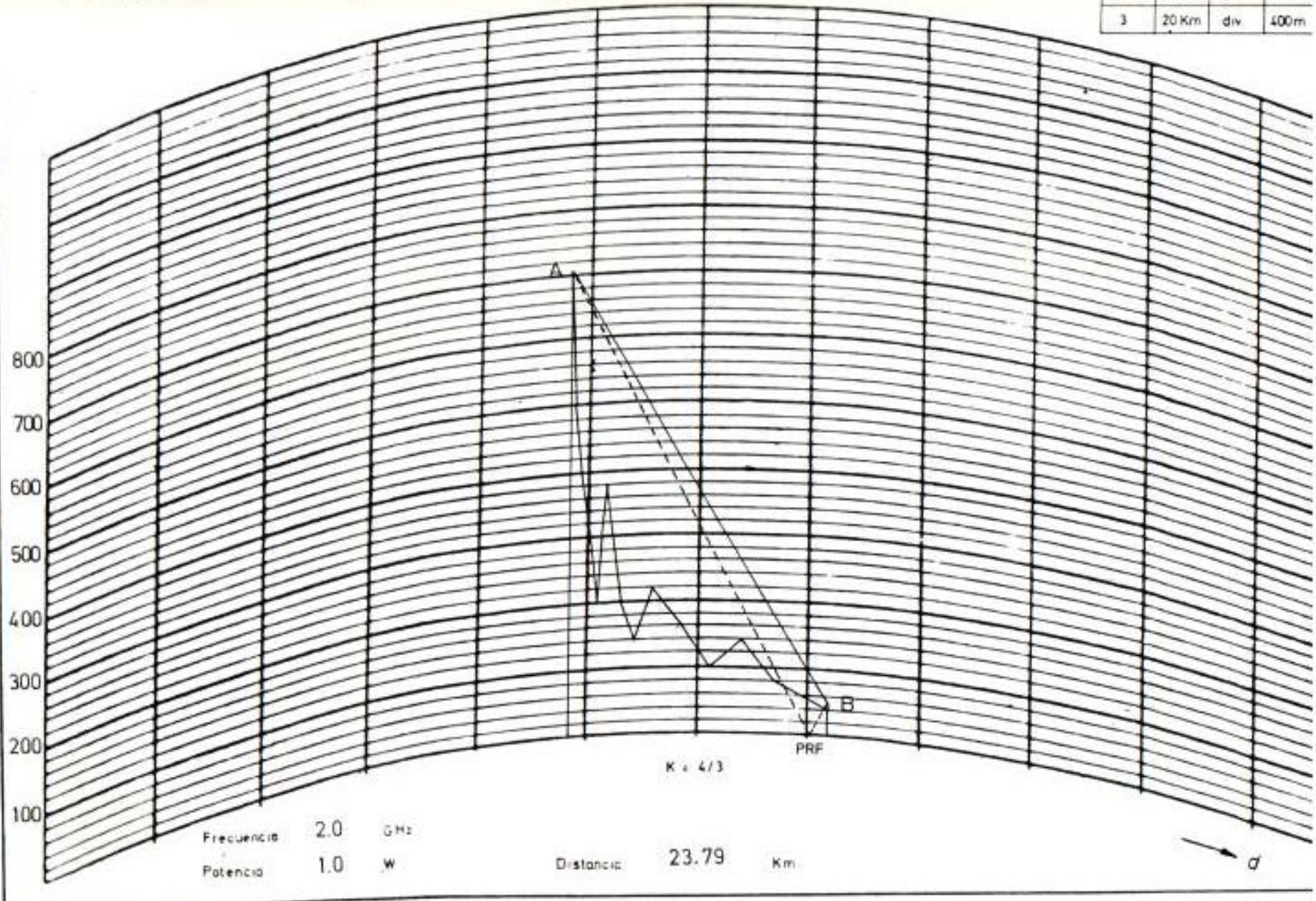
	d	h
1	5 Km div	25 m
2	10 Km div	100 m
3	20 Km div	400 m



a C. DE HOJAS
b CHARAPOTO

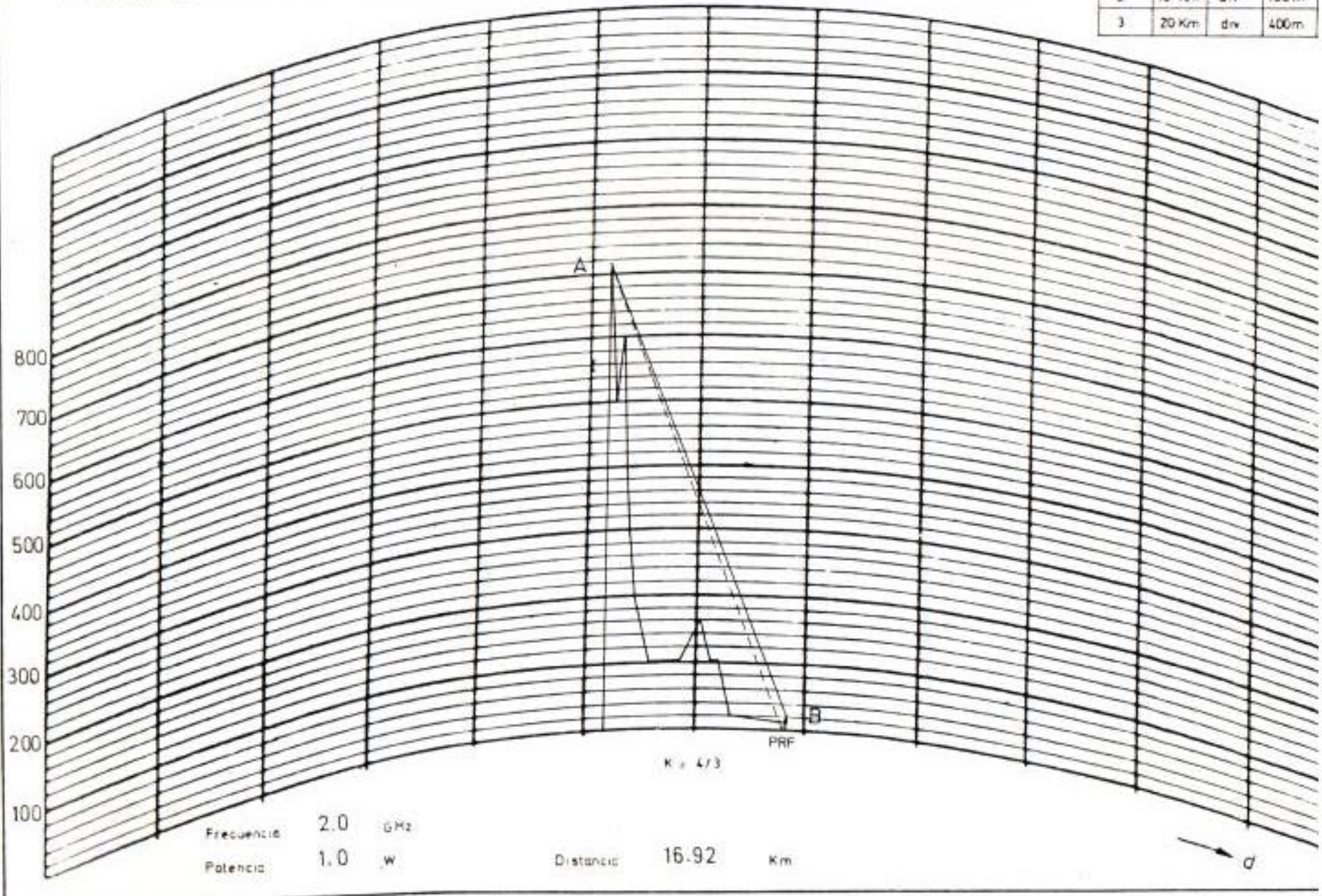
700 m
40 m
10 m

1	5 Km	div	25 m
2	10 Km	div	100 m
3	20 Km	div	400 m



ESTACION A C. DE HOJAS 700 m 15 m
 B ROCAFUERTE 10 m 10 m

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



Frecuencia 2.0 GHz
 Potencia 1.0 W
 Distancia 16.92 Km

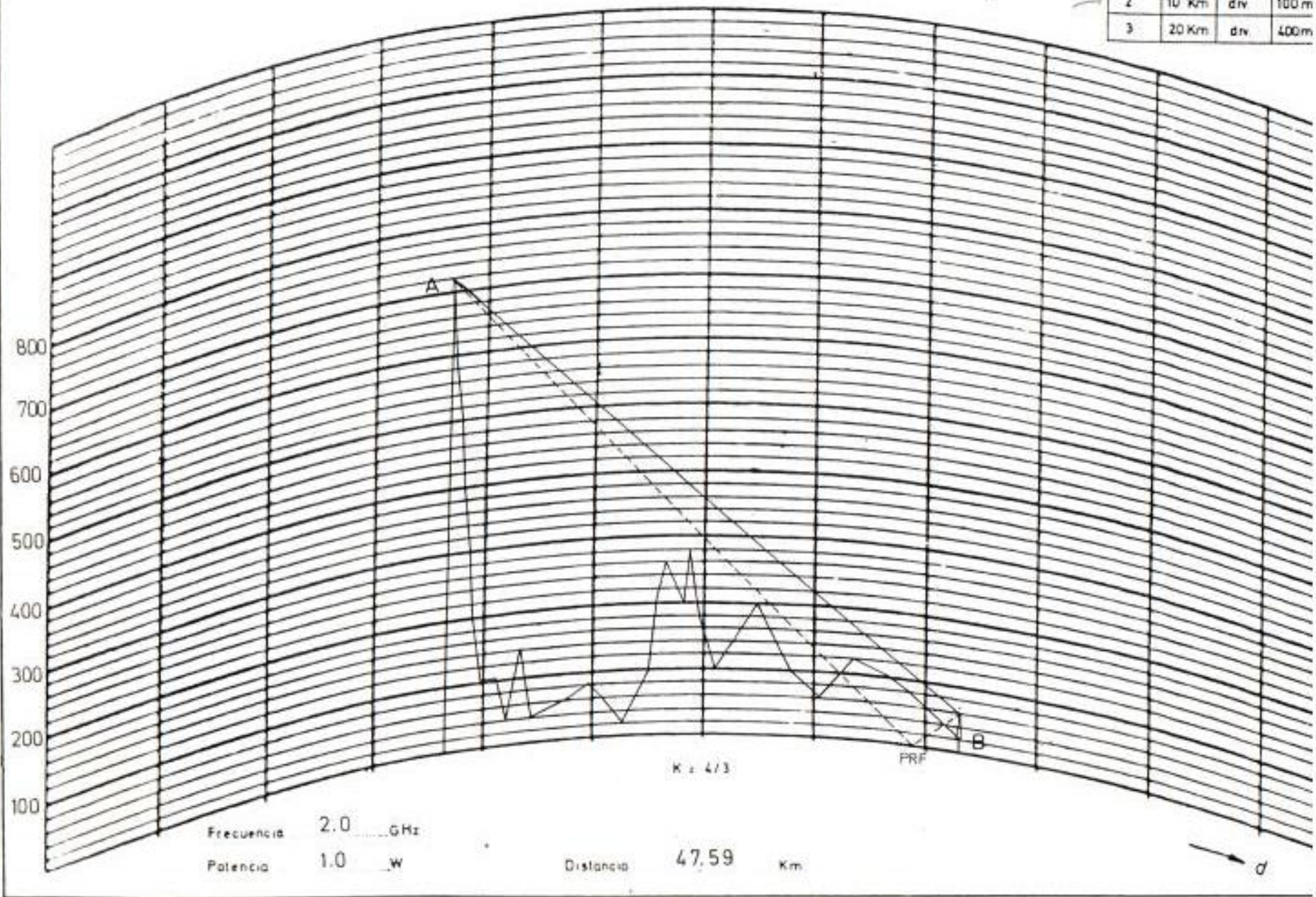
$K = 4/3$

PRF

$\rightarrow d$

ESTACION ALTURA ALTURA DE ANTENA
 A. C. DE HOJAS 700 m. 20 m.
 B. CALCETA 20 m. 40 m.

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



Frecuencia 2.0 GHz
 Potencia 1.0 W
 Distancia 47.59 Km

$K = 4/3$

PRF



9.3.- PERDIDAS TOTALES DE TRANSMISION

Escogimos ya la banda de 2 GHz para operación del sistema en las zonas central y sur.

Usaremos antenas parabólicas y en la Tabla IX.3 - A se dan los valores calculados de ganancia en función del diámetro, de la frecuencia y para una eficiencia de 0.5. Para el efecto usaremos la fórmula del capítulo 6, la 6.5

TABLA IX.3 - A

FRECUENCIA (MHz)	DIAMETRO (m)	GANANCIA (dB)	λ (m)
2203	1.2	26.2	0.136
	2.4	32.3	
	3.3	35.0	
	4.0	36.7	
	5.0	38.6	

En el capítulo 6 expusimos también que la atenuación del alimentador de antena de 7/8 pulg. será de 6.56 dB/100 m. Y la atenuación en filtros y circuladores será de 3.6 dB.

Con éstos parámetros, podremos calcular las pérdidas totales de

transmisión.

Los pasos a seguirse y las fórmulas a emplearse son ya conocidas, por lo que éstos cálculos para cada trayecto, los resumiremos en la Tabla IX.3 - B.

T A B L A IX.3-B

ESTACION		LOMA DE VIENTO - BAHIA		LOMA DE VIENTO - CHONE		LOMA DE VIENTO - TOSAGUA		CERRO DE HOJAS - CHARAPOTO		CERRO DE HOJAS - ROCAFUERTE		CERRO DE HOJAS - CALCETA		CERRO DE HOJAS - PORTOVIEJO			
ALTURA	m.	385	0	385	10	385	20	700	40	700	10	700	20	700	30		
DISTANCIA DEL ENLACE	Km	12.33		36.28		21.43		23.79		16.92		47.59		10.09			
TIPO DE ANTENA	d-m	1.2	2.4	3.3	3.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.3	4.0	1.2	2.4		
ALTURA DE ANTENA	m	30	12	10	10	20	20	5	10	15	10	20	40	10	5		
LARGO DEL ALIMENTADOR	m	35	17	15	20	25	30	10	20	20	20	25	50	15	15		
ESPACIO LIBRE	PERDIDA	dB		121.18		130.55		125.98		126.88		123.92		132.91		119.43	
ALIMENTADOR 6.56 dB / 100 m		dB		3.41		2.3		3.60		1.97		2.62		4.92		1.97	
FILTROS Y CIRCULADORES		dB		3.6		3.6		3.6		3.6		3.6		3.6		3.6	
GANANCIA DE ANTENA	dB	26.2	32.3	35.0	35.0	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	35.0	36.7	26.2	32.3		
PERDIDA TOTAL DEL ENLACE	dB	69.69		66.45		68.58		67.85		65.54		69.73		66.50			
POTENCIA DE SALIDA DEL TRANSMISOR	dBm	30		30		30		30		30		30		30			
NIVEL DE ENTRADA DEL RECEPTOR	dBm	-39.69		-36.45		-38.58		-37.85		-35.54		-39.73		-36.50			

9.4.- CALCULO DE ALTURA DE ANTENAS. PUNTO DE REFLEXION

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - BAHIA

a) Cálculo de altura de antenas

Según el diagrama de perfil, todo el trayecto está libre de obstáculos, por lo que no hay necesidad de efectuar el cálculo de las alturas a las que irán las antenas.

Las pondremos a una altura de 30 m. en Loma de Viento y a 12 m. en Bahía sobre el suelo, con lo que aseguramos mejor la condición de que $h_c > b_x$.

b) Cálculo del punto de reflexión

Los valores necesarios son:

$$h_1 = 12 \text{ m.}$$

$$h_2 = 415 \text{ m.}$$

$$d = 12.33 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

Reemplazando en las ecuaciones (6.10); (6.11) y (6.12) tenemos:

$$r = 10550.82$$

$$t = 1222.5$$

$$\psi = 75.71^\circ$$

Con la ecuación (6.13) obtenemos:

$$d_3 = - 5.81$$

Y con la (6.14):

$$d_1 = 0.36 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 11.97 \text{ Km.}$$

Por tanto, el punto de reflexión estará a 0.36 Km. de Bahía (sobre la arena) y a 11.97 Km. de Loma de Viento, con lo que la onda reflejada se bloquea y no produce problemas.

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CHONE

No calcularemos las alturas de las antenas por cuanto el trayecto está libre de obstáculos y pondremos a 10 m. de altura sobre el suelo en Loma de Viento y a 10 m. también en Chone.

Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 20 \text{ m.}$$

$$h_2 = 395 \text{ m.}$$

$$d = 36.28 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

Resultando ser:

$$r = 28887.95$$

$$t = 1285.52$$

$$\psi = 51.19^\circ$$

Con la ecuación (6.13)

$$d_3 = -16.05$$

Con lo que:

$$d_1 = 2.09 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 34.19 \text{ Km}$$

El punto caerá a 2.09 Km. de Chone y a 34.19 Km. de Loma de Viento y la onda reflejada se bloqueará según el análisis en la carta topográfica correspondiente.

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - TOSAGUA

a) Cálculo de altura de antena

En el diagrama de perfil observamos que a 1.05 Km. de Loma de Viento hay una elevación de 360 m. que tenemos que analizar para ver cuanta libertad existe para la primera zona de Fresnel.

Consideremos en Tosagua a 20 m. la altura de la antena sobre el nivel del suelo y calculemos cuanto penetra la obstrucción en la primera zona de Fresnel, con los siguientes datos del sitio de obstrucción:

$$h_1 = 385 \text{ m.}$$

$$d_1 = 1.05 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$h_2 = 40 \text{ m.}$$

$$d_2 = 20.38 \text{ Km}$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

$$h_s = 360 \text{ m.}$$

$$d = 21.43 \text{ Km.}$$

El radio de la primera zona de Fresnel lo calculamos en el lugar de la obstrucción, en base a la ecuación (6.7):

$$b_x = 11.65 \text{ m.}$$

Todos los parámetros aquí expuestos fueron definidos en el apartado 6.5 del capítulo 6.

Usando la ecuación (6.8) obtenemos el margen sobre obstáculo:

$$h_c = 6.84 \text{ m.}$$

Vemos que $h_c < b_x$ por lo que tenemos que calcular la altura de antena en Loma de Viento, con la fórmula (6.9) cambiando los parámetros ya que es h_1 lo que tenemos que encontrar:

$$h_1 \cong \frac{d}{d_2} (b_x + h_s) - \frac{d_1}{d_2} h_2 + \frac{dd_1}{2KR}$$

$$h_1 \cong 390.06 \text{ m.}$$

$$\text{o sea: } h_1 = 390.06 - 385 = 5.06 \text{ m.}$$

Por tanto la antena irá ubicada a 5.06 m. sobre el suelo como mínimo en Loma de Viento, pero por la posible presencia de árboles, la ubicaremos a 20 m. de altura, y calculemos nuevamente el margen sobre obstáculo; ahora con $h_1 = 405 \text{ m.}$ y $h_2 = 40 \text{ m.}$, lo que resulta $h_c = 25.86 \text{ m.}$

Con lo que $h_c > b_x$ y se cumple la condición de trayecto libre.

b) Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 40 \text{ m.}$$

$$h_2 = 405 \text{ m.}$$

$$d = 21.43 \text{ Km.}$$

Y resulta ser:

$$r = 16608.61$$

$$t = 1299.1$$

$$\phi = 69.22^\circ$$

Con la ecuación (6.13)

$$d_3 = - 8.69$$

Y con la (6.14):

$$d_1 = 2.03 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 19.4 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión cae a 2.03 Km. de Tosagua y a 19.4 Km. de Loma de Viento, que analizando en la carta topográfica correspondiente, se bloque la onda reflejada.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - CHARAPOTO

Existe completa línea de vista en el trayecto, sin ningún obstáculo, por lo que pondremos las antenas a 5 m. de altura sobre el nivel del suelo en Cerro de Hojas y a 10 m. en Charapotó.

Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 50 \text{ m.}$$

$$h_2 = 705 \text{ m.}$$

$$d = 23.79 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

Resultando:

$$r = 33086.74$$

$$t = 2186.33$$

$$\phi = 71.12^\circ$$

Aplicando (6.13) tenemos:

$$d_3 = - 10.25$$

$$y: d_1 = 1.65 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 22.14 \text{ Km.}$$

A 1.65 Km. de Charapotó y a 22.14 Km. de Cerro de Hojas, estará el punto de reflexión, siendo la onda reflejada bloqueada por lo que no causa problema.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - ROCAFUERTE

No hay obstrucción en el enlace por lo que $h_c > b_x$ cumpliéndose la condición de trayecto libre.

Colocaremos las antenas a 15 m. en Cerro de Hojas y a 10 m. en Roca fuerte sobre el suelo.

Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 20 \text{ m.}$$

$$h_2 = 715 \text{ m.}$$

$$d = 16.92 \text{ Km}$$

$$K = 4/3$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

Resultando:

$$r = 24969.13$$

$$t = 2106.36$$

$$\psi = 75.03^\circ$$

Aplicando (6.13):

$$d_3 = - 7.98$$

Con lo que:

$$d_1 = 0.48 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 16.44 \text{ Km}$$

El punto de reflexión está a 0.48 Km. de Rocafuerte y a 16.44 Km. de Cerro de Hojas y la onda reflejada se ve bloqueada.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - CALCETA

a) Cálculo de altura de antena

Observamos en el diagrama de perfil que a 41.25 Km. de Cerro de Hojas existe una cota de 100 m. que obstruye la señal y estableceremos la cantidad que ésta obstrucción penetra en la primera zona de Fresnel, para luego encontrar la altura de antena en Calceta.

Consideremos 20 m. de altura de antena en Cerro de Hojas. Los siguientes son los datos en el lugar de la obstrucción.

$h_1 = 720 \text{ m.}$	$d_1 = 41.25 \text{ Km.}$	$K = 4/3$
$h_2 = 20 \text{ m.}$	$d_2 = 6.34 \text{ Km.}$	$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$
$h_s = 100 \text{ m.}$	$d = 47.59 \text{ Km.}$	

Calculando el radio de la primera zona de Fresnel en el punto de obstrucción resulta:

$$b_x = 27.3 \text{ m}$$

El margen sobre el obstáculo será:

$$h_c = -2.15 \text{ m.}$$

El signo - nos indica que la obstrucción penetra en 2.15 m. en la primera zona de Fresnel lo cual dificulta la propagación de la onda en el espacio libre y debemos calcular a que altura deben ir las antenas para que el margen sobre el obstáculo sea lo suficiente para dejar en plena libertad al lóbulo de Fresnel, por tanto con la fórmula (6.9) obtenemos:

$$h_2 \geq 53.97 \text{ m.}$$

pero como tenemos 20 m. de altura s.n.m. en Calceta,

$$h_2 = 53.97 - 20 = 33.97 \text{ m.}$$

Para mayor seguridad, ubicaremos la antena a 40 m. del suelo y calculemos nuevamente el margen sobre obstáculo, ahora con

$$h_1 = 720 \text{ m y } h_2 = 60 \text{ m.}; \quad h_c = 32.53 \text{ m.}$$

Con lo cual se cumple la condición de trayecto libre o sea $h_c >$

b_x

b) Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 60 \text{ m.}$$

$$h_2 = 720 \text{ m.}$$

$$d = 47.59 \text{ Km}$$

Resultando:

$$r = 66692.63$$

$$t = 2398.73$$

$$\psi = 55.41^\circ$$

Aplicando la ecuación (6.13) tenemos:

$$d_3 = -19.58$$

Con lo que $d_1 = 4.22 \text{ Km.}$

$$d_2 = 43.37 \text{ Km.}$$

Lo que indica que el punto de reflexión está a 4.22 Km. de Calceta y a 43.37 Km. de Cerro de Hojas, no ofreciendo ningún problema la onda reflejada.

9.5.- CONSIDERACIONES DE RUIDO DE CADA TRAYECTO

En las Tablas IX.5 - A y IX.5 - B se contemplan los resultados del análisis de ruido de cada trayecto de ésta zona central, para los enlaces analógicos y digitales respectivamente.

La manera de efectuar los cálculos está descrito, con sus respectivas fórmulas, en el Capítulo 6 y en el Capítulo 8 en lo referente al nivel de umbral.

Utilizaremos un $B_{IF} = 12$ MHz para 300 canales y un $B_{IF} = 1.3$ MHz para 24 canales.

T A B L A IX.5-A

ESTACION		LOMA DE — BAHIA VIENTO		LOMA DE — CHONE VIENTO		LOMA DE — TOSA-GUA	
FIGURA DE RUIDO DEL RECEPTOR	dB	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
S/N EN CONDICIONES DE ESPACIO LIBRE	dB	81.40		84.64		89.3	
POTENCIA DE RUIDO PONDERADO	pW	7.24		3.44		1.17	
PROBABILIDAD DE DESVANECIMIENTO	%	6.56×10^{-4}		286.82×10^{-4}		45.43×10^{-4}	
PROBABILIDAD DE INTERRUPCION < 0.0112 %	%	1.99×10^{-7}		41.5×10^{-7}		2.23×10^{-7}	
NIVEL DE UMBRAL	dBm	-85.77		-85.77		-87.19	
MARGEN AL NIVEL DE UMBRAL	dB	46.08		49.32		48.61	
NUMERO DE CANALES TELEFONICOS	CH	300		300		24	

TABLA IX.5-B

ESTACION			CERRO DE HOJAS	CHARA POTO	CERRO DE HOJAS	ROCA-FUERTE	CERRO DE HOJAS	CALCETA	CERRO DE HOJAS	PORTO-VIEJO
FIGURA DE RUIDO DE RECEPTOR	dB		5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
NUMERO DE CANALES	CH.		30		30		120		480	
VELOCIDAD TRANSMISION IMPULSOS	Mb/s		2 (2 PSK)		2 (2 PSK)		8 (2 PSK)		34 (4 PSK)	
S/N EN UMBRAL (Wu)	10 ⁻³	dB	8.5		8.5		8.5		9.5	
	10 ⁻⁷	dB	12.2		12.2		12.2		13.5	
UMBRAL DEL RECEPTOR (Pu)	10 ⁻³	dBm	-96.99		-96.99		-90.97		-83.69	
	10 ⁻⁷	dBm	-93.29		-93.29		-87.27		-79.69	
MARGEN AL UMBRAL	10 ⁻³	dB	59.14		61.45		51.24		47.19	
	10 ⁻⁷	dB	55.44		57.75		47.54		43.19	
PROBABILIDAD DE DESVANECIMIENTO (Pw)	10 ⁻³	%	3.62 x 10 ⁻⁷		0.76 x 10 ⁻⁷		178.5 x 10 ⁻⁷		4.32 x 10 ⁻⁷	
	10 ⁻⁷	%	8.47 x 10 ⁻⁷		1.79 x 10 ⁻⁷		418.3 x 10 ⁻⁷		10.8 x 10 ⁻⁷	
DEGRADACION DEL MARGEN (Ps)		%	0.001070		0.000523		0.004591		0.000177	
MARGEN NETO (P)	10 ⁻³ < 0.0056 %	%	0.00107 (CUMPLE)		0.00052 (CUMPLE)		0.0046 (CUMPLE)		0.00018 (CUMPLE)	
	10 ⁻⁷ < 0.112 %	%	0.00107 (CUMPLE)		0.00052 (CUMPLE)		0.0046 (CUMPLE)		0.00018 (CUMPLE)	

9.6.- PLANEAMIENTO DE FRECUENCIAS

En el capítulo 7 sección 3, consta la disposición de radiocanales, para la banda de 2 GHz que es la Recomendación 283-3 del CCIR, estando separado un radiocanal de ida y el retorno, por 91 MHz y una separación de 14 MHz entre radiocanales adyacentes.

La frecuencia central para ésta disposición es de 2203 MHz y las frecuencias de cada radiocanal están determinadas por las siguientes relaciones:

$$f_n = f_o - 94.5 + 14 n$$

$$f'_n = f_o - 3.5 + 14 n$$

donde:

f_o : frecuencia central de la banda ocupada de 200 MHz

f_n = frecuencia central de un canal radioeléctrico de la mitad inferior de la banda en MHz

f'_n = frecuencia central de un canal radioeléctrico de la mitad superior de la banda en MHz.

n = número del canal de radio = 1,2,3,4,5 ó 6

En la Tabla IX.6 - A se muestra el resultado de las relaciones antes indicadas, y esos valores son los necesarios para establecer el correspondiente plan de frecuencias.

TABLA IX.6 - A

MITAD INFERIOR		MITAD SUPERIOR	
$f_n = f_o - 94.5 + 14 n$		$f_n' = f_o - 3.5 + 14 n$	
# DE CANAL	FRECUENCIA (MHz)	# DE CANAL	FRECUENCIA (MHz)
1	2122.5	1'	2213.5
2	2136.5	2'	2227.5
3	2150.5	3'	2241.5
4	2164.5	4'	2255.5
5	2178.5	5'	2269.5
6	2192.5	6'	2283.5

Con éstos valores de frecuencias y disponiendo de 6 radiocanales en la mitad inferior y 6 en la superior, efectuamos en la Figura 9-1 la asignación de los canales de radio para los enlaces de ésta zona.

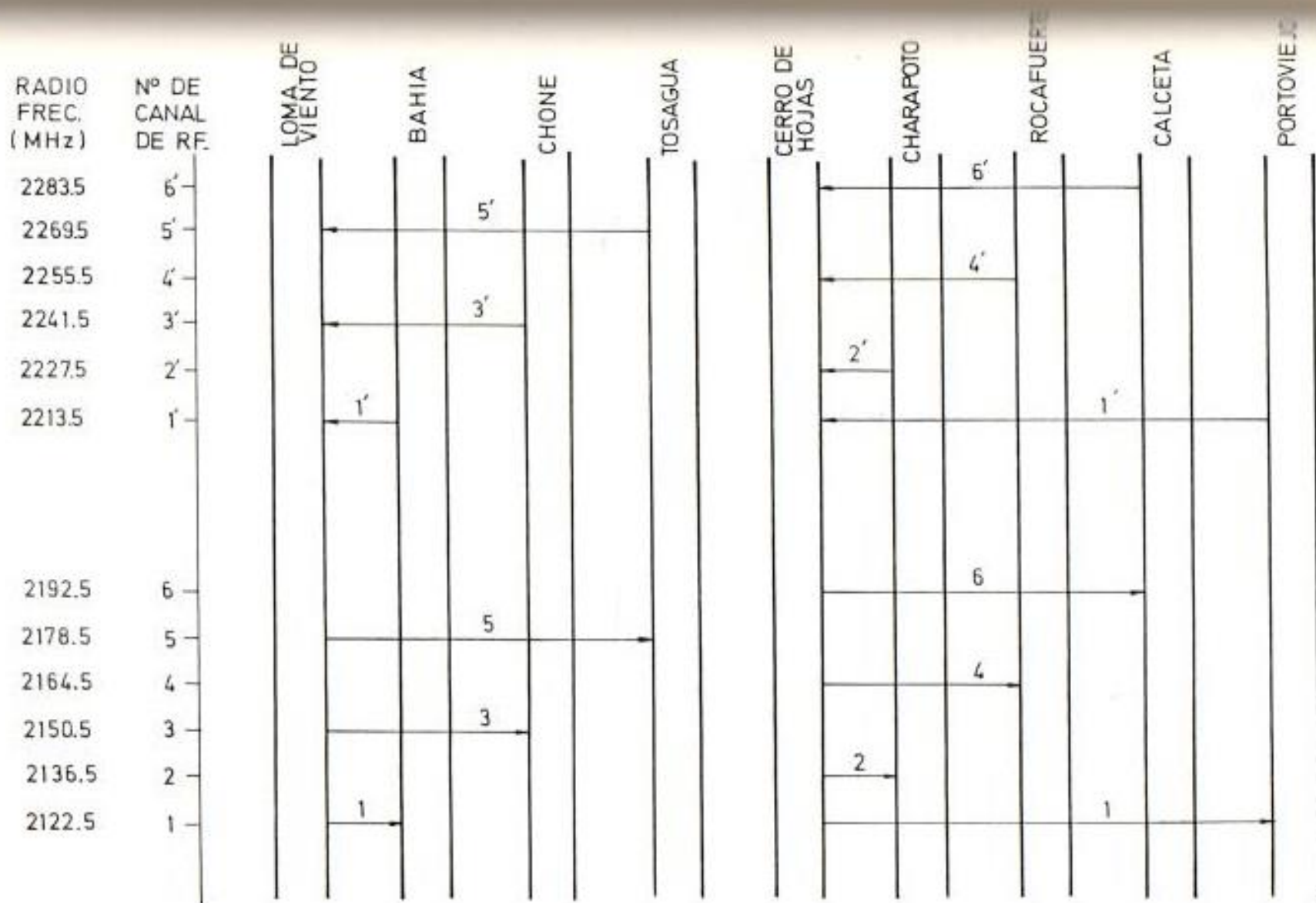


FIG. 9 1.- ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES PARA LA ZONA CENTRAL EN LA BANDA DE 2 G

9.7.- DIAGRAMAS DE INTERCONEXION CON LA RED PRIMARIA

En el diagrama 9-2 indicamos la interconexión de la zona central con la red primaria, hasta llegar a Manta que es la ciudad de tránsito interurbano.

La manera como debe interpretarse éste diagrama es la misma como la indicada en el Capítulo 8, apartado 8.7.

10.- ZONA SUR

10.1.- UBICACION GEOGRAFICA DE LAS POBLACIONES RURALES. DETALLES

Las coordenadas geograficas de las poblaciones de ésta zona sur, las obtuvimos a partir de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar en la escala de 1:50.000

Santa Ana: Con la siguiente ubicación geográfica

01° 12' 19" LATITUD SUR

80° 22' 08" LONGITUD OESTE

Existe un local acondicionado por parte de IETEL para el funcionamiento de la central.

Sucre:

01° 16' 32" LATITUD SUR

80° 25' 02" LONGITUD OESTE

Tendrá que hacerse alguna edificación para allí acondicionar los equipos.

Jipijapa:

01° 19' 26" LATITUD SUR

80° 34' 37" LONGITUD OESTE

En una loma de 380 m. s.n.m. el IETEL tiene construída una caseta

donde se encuentran los equipos de radio ya que desde Cerro de Hojas no existe línea de vista hasta el sitio donde está la central que es el centro de la población, a la que se llega con cable desde la loma antes mencionada. La distancia entre la loma y la central es aproximadamente 1.5 Km.

Cerro Puerto Cayo:

01° 20' 35" LATITUD SUR

80° 42' 23" LONGITUD OESTE

Habría que construirse una caseta para equipos y una pequeña torre en éste cerro que está a 200 m. de altura s.n.m. para desde aquí bajar con cable hasta la población de Puerto Cayo y de aquí seguir con sistema de onda portadora hasta Puerto López. No existe línea de vista entre Cerro Corozo y el poblado de Puerto Cayo y es por esto que llegamos con el radio enlace hasta el cerro muy cercano al centro de la población.

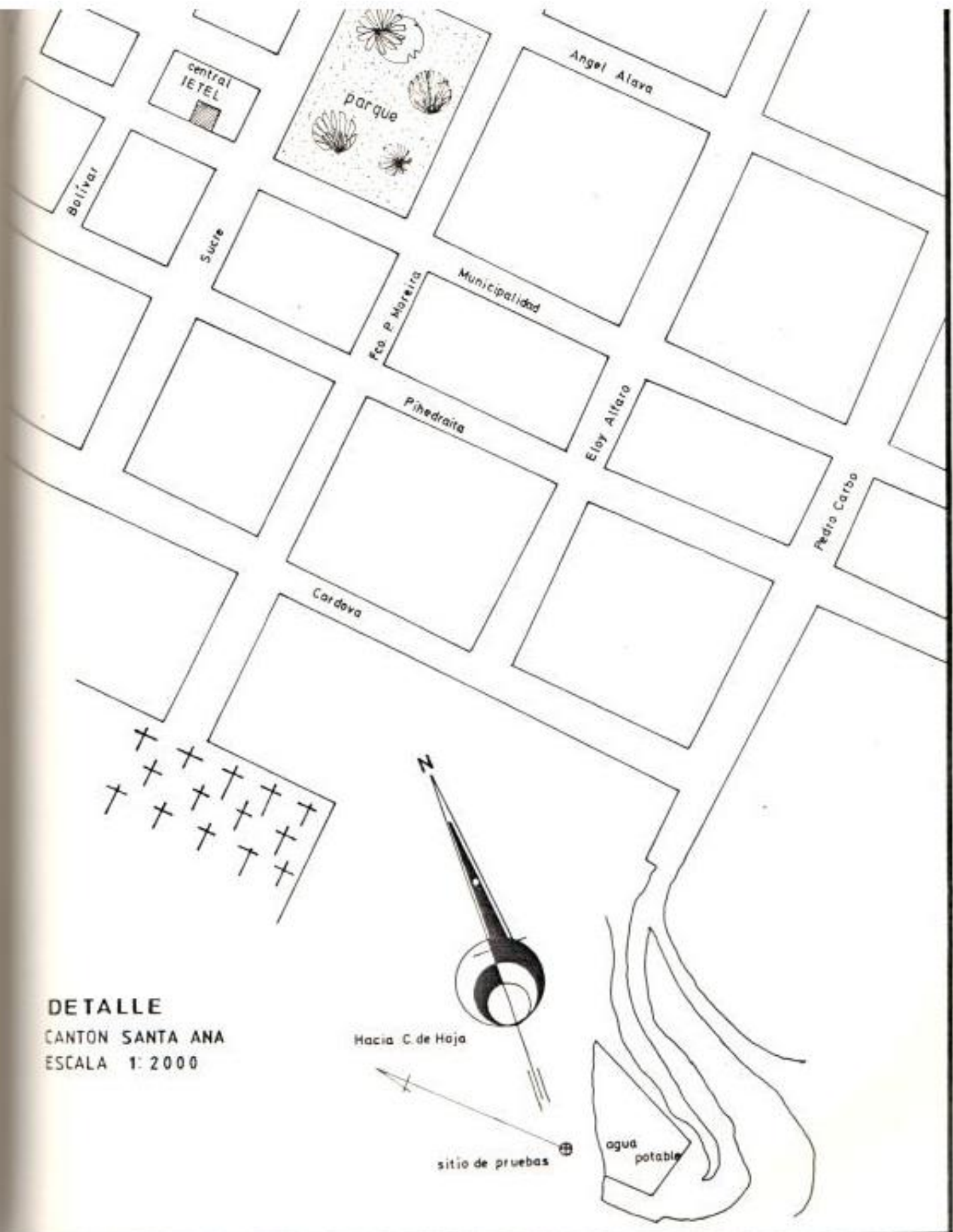
Paján:

01° 32' 43" LATITUD SUR

80° 24' 55" LONGITUD OESTE

La prueba la realizamos en la loma del cementerio, desde donde existe línea de vista hacia Cerro Corozo. De ésta loma bajaremos con cable hasta el centro de la población. Actualmente no existe ninguna construcción.

Se adjuntan los detalles en los que constan los sitios donde realizamos las pruebas de propagación en las diferentes poblaciones. Las que no tienen detalles es porque actualmente existe ya en funcionamiento algún sistema de radio enlace a satisfacción puesto por IETEL y por tanto no efectuamos las pruebas.

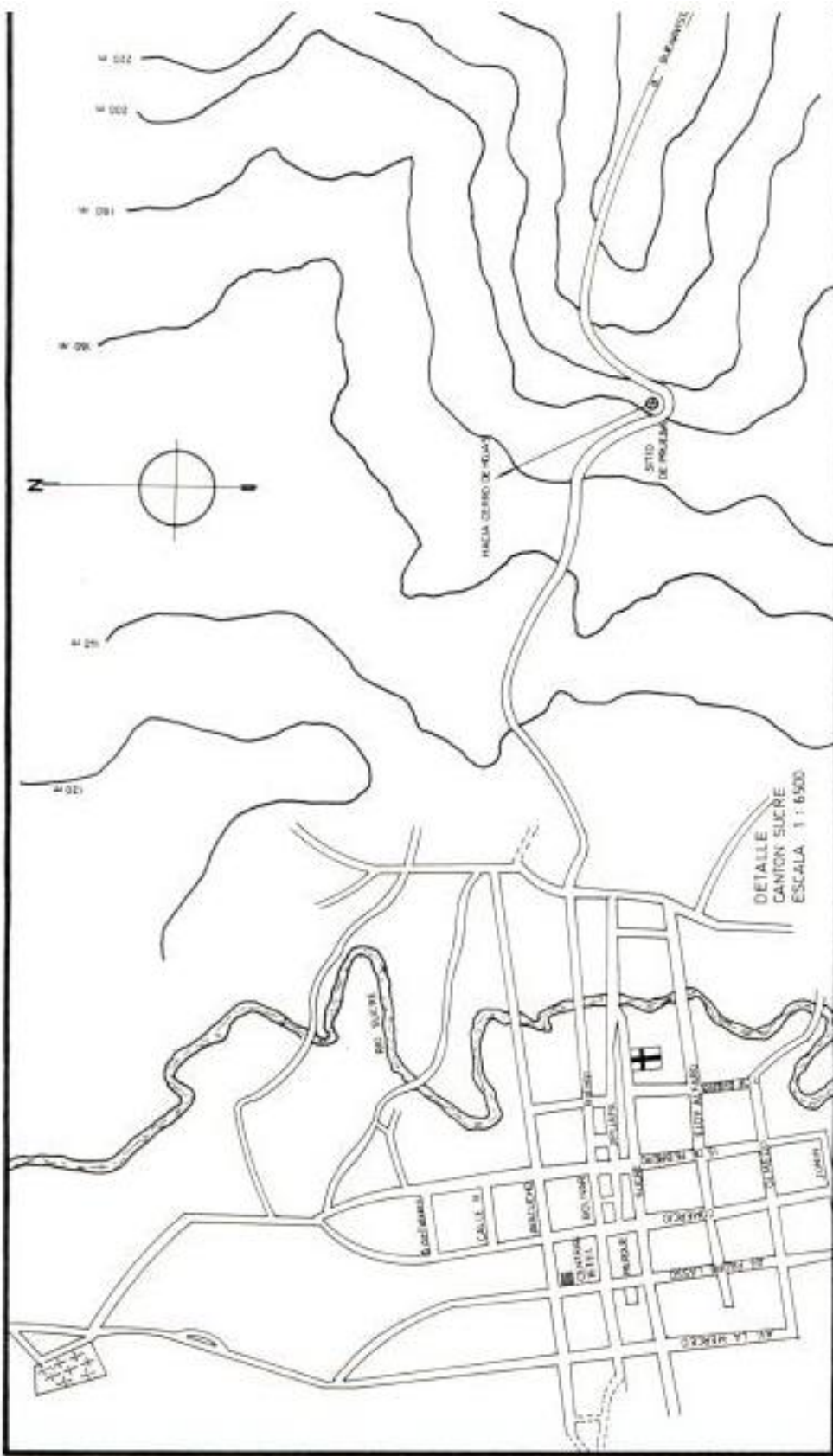


DETALLE
CANTON SANTA ANA
ESCALA 1:2000

Hacia C. de Hoja

sitio de pruebas

agua potable



Puerto Cayo

51

HACIA
C. COROZO

50

Verde Larga

49

30

31

32

33

34

35

36

37

38

MUJADERA

Loma de la Silla

Cerro Sombra

48

47

46

Cerro Las Columbras

45

44

43

CACHO DE TONDO

42

DETALLE

ESTACION : C. PTO. CAYO

ESCALA : 1 : 50.000

41

EL GUASMO

San Vicente

40

Los Guayacanes

39

EL SALADO

Meros

10.2.- PERFILES DE LOS TRAYECTOS PARA $K = 4/3$

Son tres los trayectos que parten de Cerro de Hojas, a saber:

Cerro de Hojas - Santa Ana

Cerro de Hojas - Sucre

Cerro de Hojas - Jipijapa

Y dos parten de Cerro Corozo

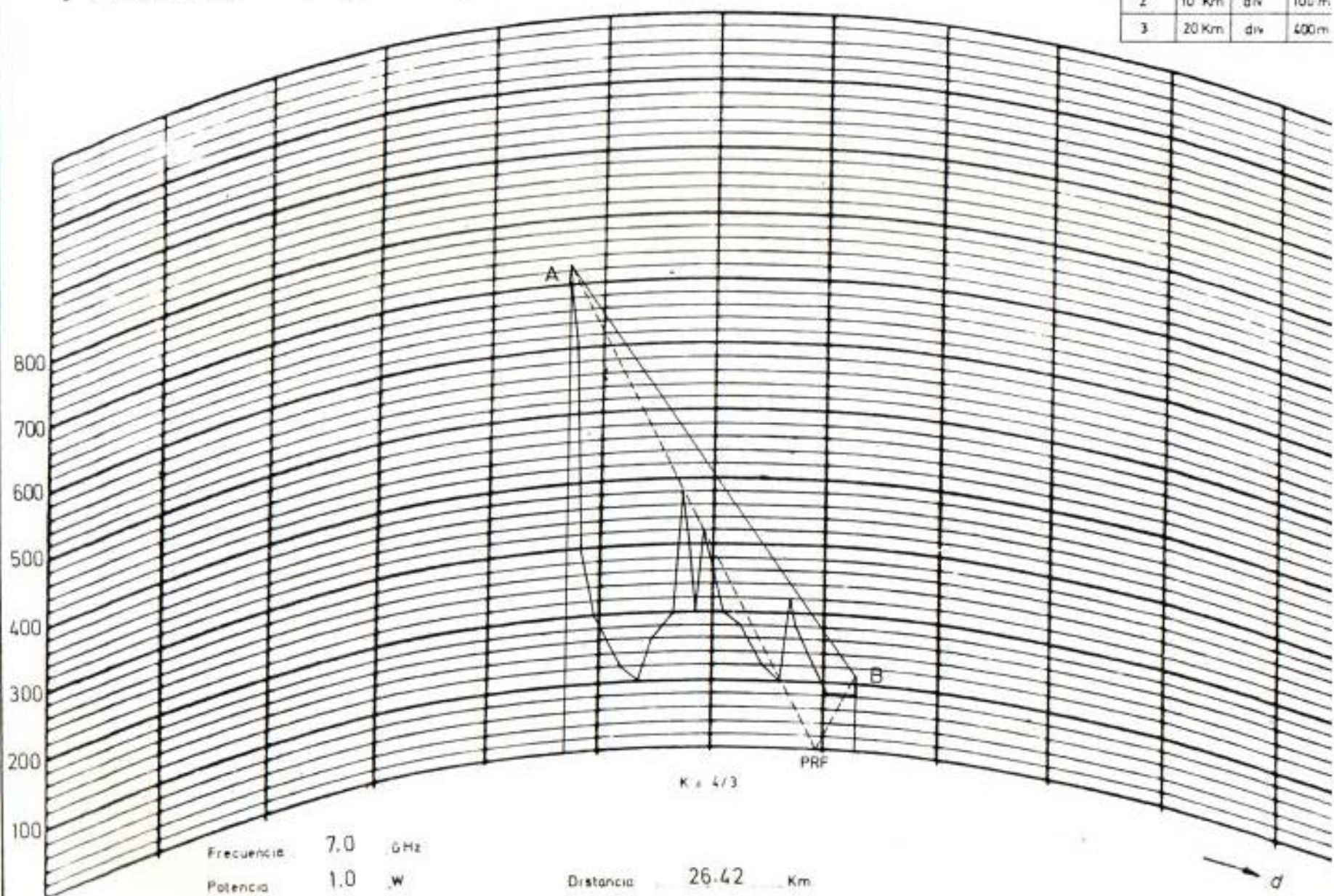
Cerro Corozo - Cerro Puerto Cayo

Cerro Corozo - Paján

Graficaremos los perfiles de la misma manera que lo hicimos con los tramos de la zona norte y central, es decir en diagramas en los que ya consta la curvatura de la tierra para el índice de $K = 4/3$. Por tanto, la cota leída en las cartas topográficas la ubicaremos directamente en el diagrama sin necesidad de calcular la curvatura de la tierra.

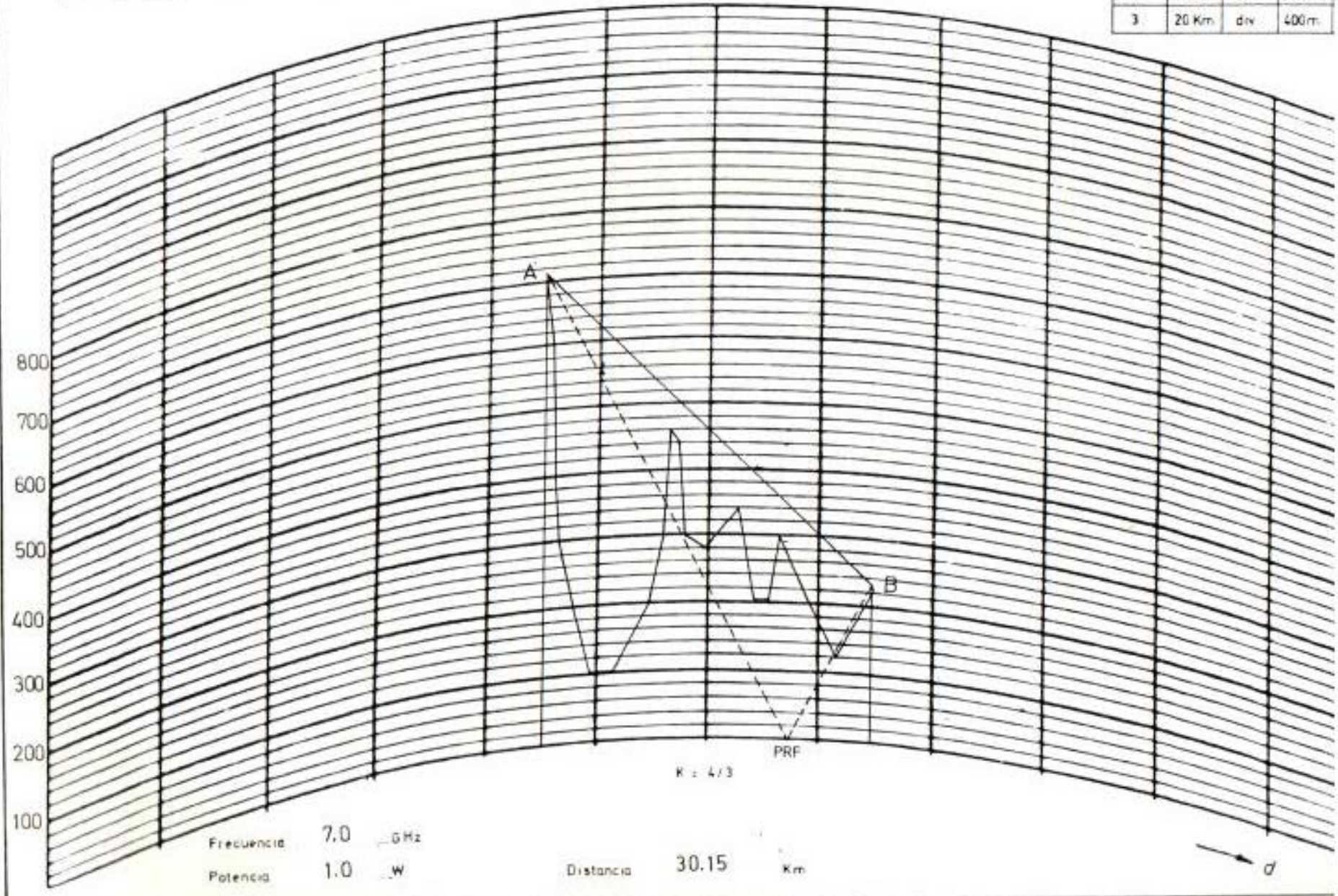
ESTACION	ALTURA	ALTURA DE ANTENA
A C. DE HOJAS	700 m	30 m
B SANTA ANA	80 m	30 m

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



ESTACION	ALTURA		ALTURA DE ANTENA	
A. C. DE HOJAS	700	m	10	m
B. SUCRE	220	m	10	m

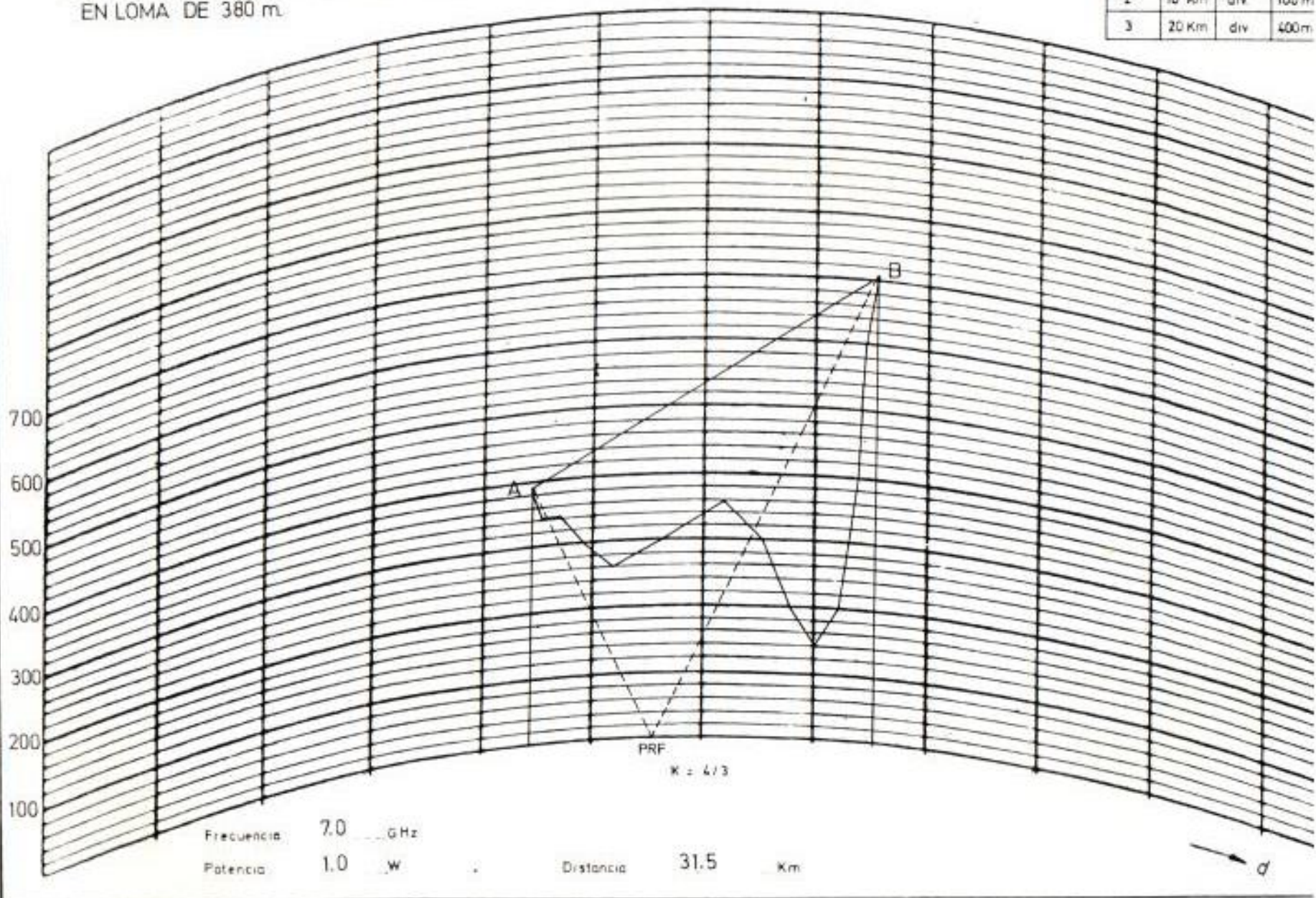
	ESCALA		DIVISION DE E
	d	h	
1	5 Km	div	25 m
2	10 Km	div	100 m
3	20 Km	div	400 m



ESTACION	ALTURA	ALTURA DE ANTENA
A JIPIJAPA	380 m	10 m
B C. DE HOJAS	700 m	5 m

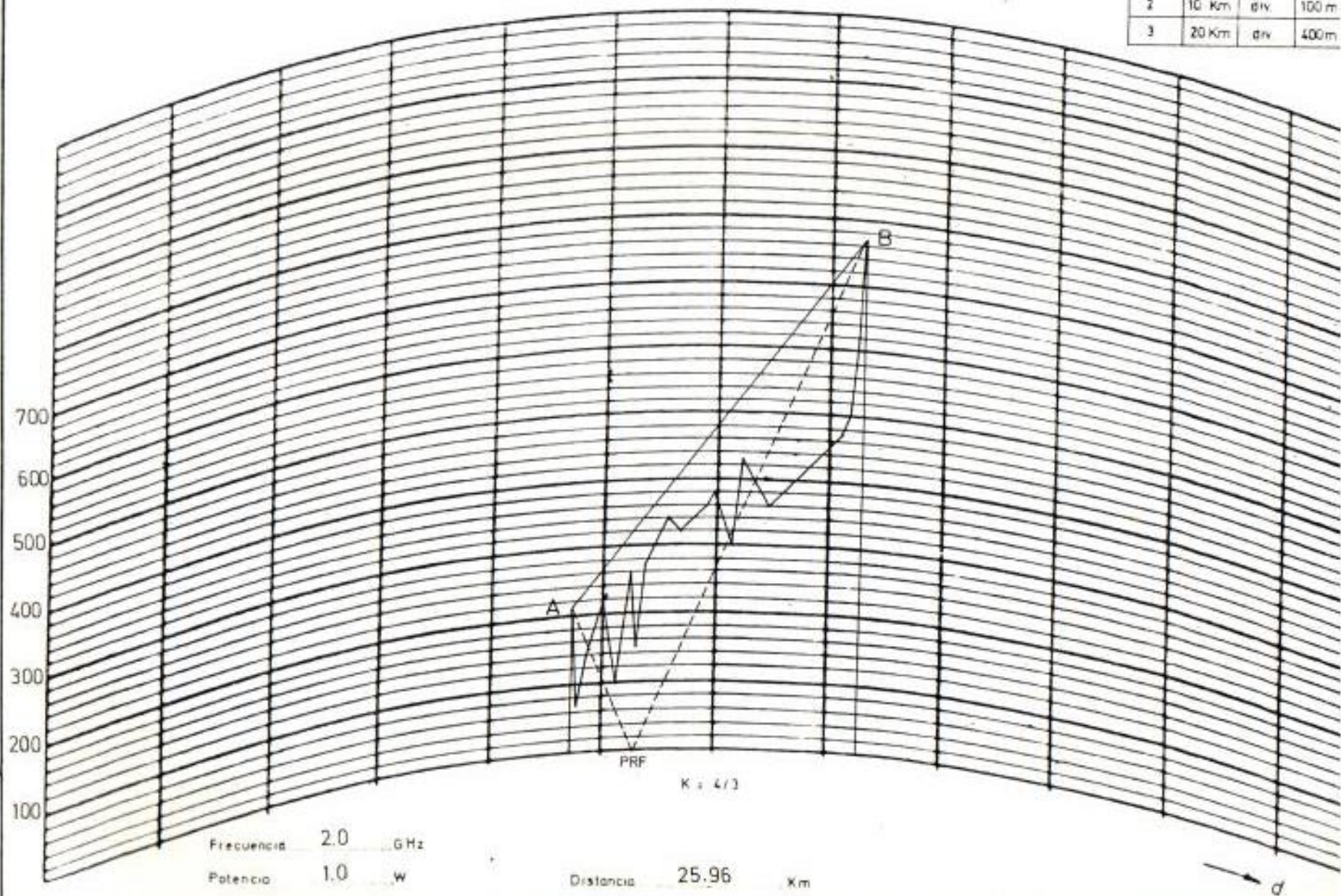
EN LOMA DE 380 m.

RANGOS	DISTANCIA DE		
	d	div	h
1	5 Km	div	25 m
2	10 Km	div	100 m
3	20 Km	div	400 m



ESTACION	ALTURA		ALTURA DE ANTENA	
A. CERRO CAYO	200	m	10	m
B. CERRO COROZO	760	m	10	m

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



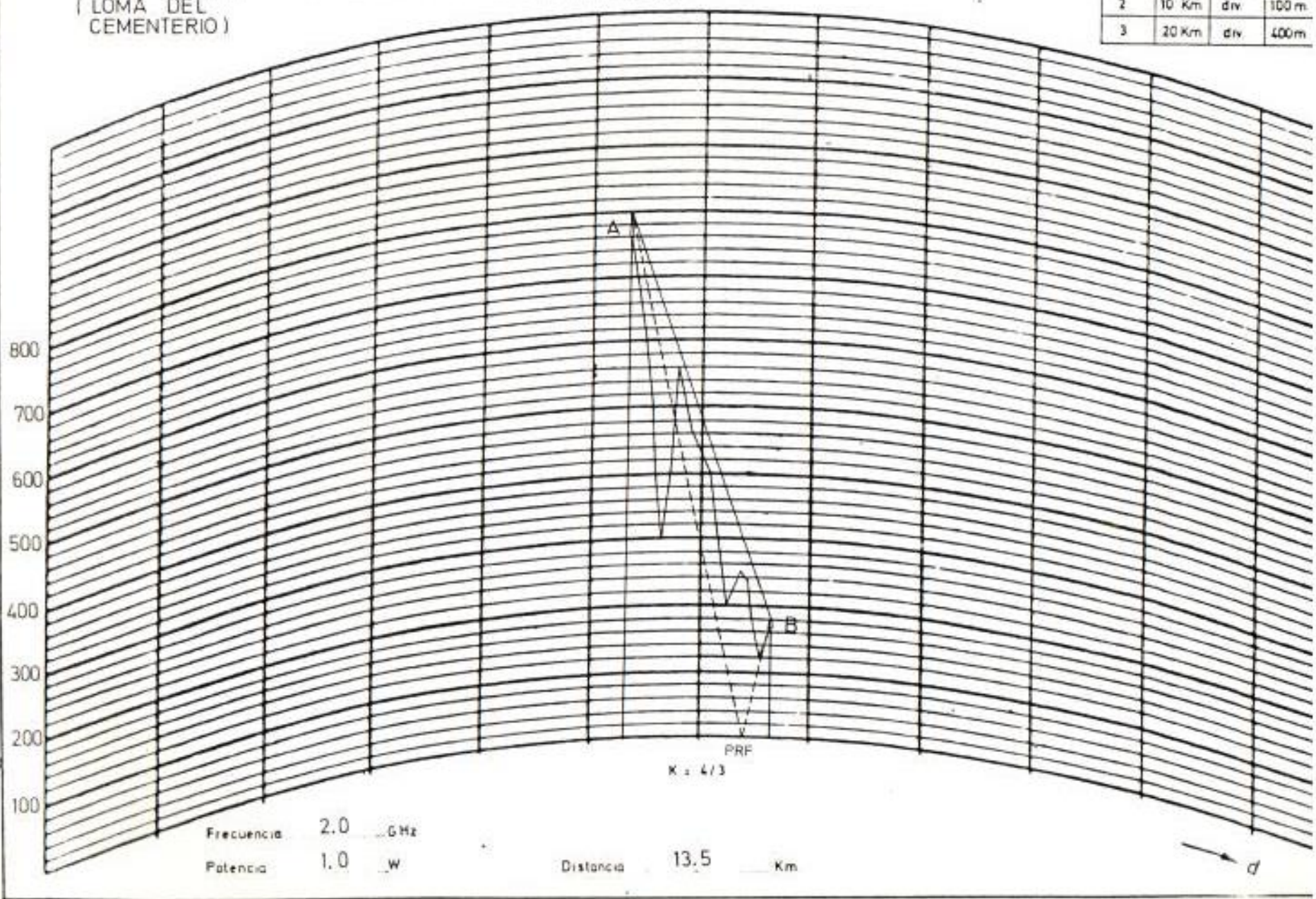
Frecuencia 2.0 GHz
 Potencia 1.0 W

Distancia 25.96 Km



ESTACION	ALTURA		ALTURA DE ANTENA	
A CERRO COROZO	760	m	40	m
B PAJAN (LOMA DEL CEMENTERIO)	165	m	15	m

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



10.3.- PERDIDAS TOTALES DE TRANSMISION

Usaremos la banda de 7 GHz como ya lo mencionamos para los enlaces que parten de Cerro de Hojas y la de 2 GHz para los que parten de Cerro Corozo, con antenas parabólicas, cuyas ganancias en función del diámetro, de la frecuencia y para una eficiencia de 0.5, se dan en las Tablas VI. A - 1 y IX.3 - A.

La atenuación del alimentador de antena, lo expusimos en el Capítulo 6 y será de 6.56 dB/100 m.

La atenuación en filtros y circuladores será de 3.6 dB. Con éstos parámetros podremos calcular las pérdidas totales de transmisión.

Los cálculos los resumimos en la Tabla X.3 - A.

TABLA X.3-A

ESTACION		CERRO DE HOJAS - SANTA ANA		CERRO DE HOJAS - SUCRE		CERRO DE HOJAS - JIPIJAPA		CERRO COROZO - CERRO PTO. CAYO		CERRO COROZO - PAJAN			
ALTURA	m	700	80	700	220	700	380	760	200	760	165		
DISTANCIA DEL ENLACE	Km	26.42		30.15		31.50		25.96		13.5			
TIPO DE ANTENA	d m	1.2	2.4	1.2	2.4	1.2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4		
ALTURA DE ANTENA	m	30	30	10	10	5	10	10	10	40	15		
LARGO DEL ALIMENTADOR	m	35	35	20	20	10	20	20	20	45	20		
ESPACIO LIBRE	PERDIDA	dB		138.5		139.7		140.1		127.6		121.9	
ALIMENTADOR 6.56 dB/100m.		dB		4.5		2.6		1.9		2.6		4.2	
FILTROS Y CIRCULADORES		dB		3.6		3.6		3.6		3.6		3.6	
GANANCIA DE ANTENA	dB	36.9	42.9	36.9	42.9	36.9	42.9	32.3	32.3	32.3	32.3		
PERDIDA TOTAL DEL ENLACE	dB	66.8		66.1		65.8		69.2		65.1			
POTENCIA DE SALIDA DEL TRANSMISOR	dBm	30		30		30		30		30			
NIVEL DE ENTRADA DEL RECEPTOR	dBm	-36.8		-36.1		-35.8		-39.2		-35.1			

10.4.- CALCULO DE ALTURA DE ANTENAS. PUNTO DE REFLEXION

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - SANTA ANA

a) Cálculo de altura de antenas

Observamos en el diagrama de perfil, que a 6.27 Km. de Santa Ana, existe una elevación de 220 m. de altura que la analizaremos para constatar cuanta libertad hay para la zona de Fresnel. Consideremos en Santa Ana, a 30 m. de altura la antena y los siguientes datos del punto de posible obstrucción:

$$\begin{array}{lll} h_1 = 700 \text{ m.} & d_1 = 20.15 \text{ Km.} & K = 4/3 \\ h_2 = 110 \text{ m.} & d_2 = 6.27 \text{ Km.} & R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.} \\ h_s = 220 \text{ m.} & d = 26.42 \text{ Km.} & \end{array}$$

El radio de la primera zona de Fresnel, en el punto de obstrucción valdrá:

$$b_x = 13.75 \text{ m.}$$

El margen sobre obstáculo será:

$$h_c = 22.58 \text{ m.}$$

Notamos que $h_c > b_x$ y se cumple la condición de trayecto libre. Por la presencia de árboles, colocaremos la antena también a 30 m. de altura en Cerro de Hojas.

b) Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 110 \text{ m.}$$

$$h_2 = 730 \text{ m.}$$

$$d = 26.42 \text{ Km.}$$

Con lo que resulta:

$$r = 34781.05$$

$$t = 2438.17$$

$$\phi = 73.21^\circ$$

El valor d_3 será:

$$d_3 = -9.63$$

Y usando la ecuación (6.14) tenemos:

$$d_1 = 3.58 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 22.84 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión estará a 3.58 Km. de Santa Ana y a 22.84 Km. de Cerro de Hojas, lo que hace que el haz reflejado esté bloqueado.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS - SUCRE

a) Cálculo de altura de antenas

Según el diagrama de perfil, vemos que existe completa línea de vista y no hay ninguna obstrucción en el trayecto, motivo por el que no calcularemos las alturas de antenas sino que las pondremos a 10 m. de altura sobre el suelo tanto en Cerro de Hojas como en Sucre.

b) Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 230 \text{ m.}$$

$$h_2 = 710 \text{ m.}$$

$$d = 30.15 \text{ Km.}$$

Resulta:

$$r = 30728.88$$

$$t = 2739.09$$

$$\varphi = 77.62^\circ$$

$$d_3 = -7.53$$

Con lo que:

$$d_1 = 7.55 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 22.6 \text{ Km.}$$

Es decir que el punto de reflexión cae a 7.55 Km. de Sucre y a 22.6 Km. de Cerro de Hojas, siendo de éste modo bloqueada la señal reflejada.

TRAYECTO: CERRO DE HOJAS JIPIJAPA

Existe completa línea de vista. Ubicaremos las antenas a 5 m. de altura en Cerro de Hojas y a 10 m. de altura en Jipijapa.

Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 390 \text{ m.}$$

$$h_2 = 705 \text{ m.}$$

$$d = 31.5 \text{ Km.}$$

Resulta:

$$r = 21068.78$$

$$t = 3185.19$$

$$\psi = 83.27^\circ$$

$$d_3 = -4.42$$

Con lo que:

$$d_1 = 11.33 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 20.17 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión estará a 11.33 Km. de Jipijapa y a 20.17 Km. de Cerro de Hojas, no ofreciendo ningún problema la onda reflejada.

TRAYECTO: CERRO COROZO - CERRO CAYO

Existe línea de vista, sin ninguna obstrucción. Colocaremos a 10 m. en Cerro Corozo y en Cerro Cayo, las antenas sobre el nivel del suelo.

Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 210 \text{ m.}$$

$$h_2 = 770 \text{ m.}$$

$$d = 25.96 \text{ Km.}$$

Resulta:

$$r = 30868.17$$

$$t = 2832.83$$

$$\psi = 78.19^\circ$$

$$d_3 = -7.31$$

Siendo:

$$d_1 = 5.67 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 20.29 \text{ Km.}$$

A 5.67 Km. de Cerro Cayo y a 20.29 Km. de Cerro Corozo, está ubicada el punto de reflexión, bloqueándose así la onda reflejada.

TRAYECTO: CERRO COROZO - PAJAN

a) Cálculo de altura de antenas

Una cota de 560 m. a 4.5 Km. de Cerro Corozo, la analizaremos como posible punto de obstrucción; con los siguientes parámetros y 15 m. de altura de antena en Paján:

$$h_1 = 760 \text{ m.} \quad d_1 = 4.5 \text{ Km} \quad K = 4/3$$

$$h_2 = 180 \text{ m.} \quad d_2 = 9.0 \text{ Km.} \quad R = 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

$$h_s = 560 \text{ m.} \quad d = 13.5 \text{ Km.}$$

El radio de la primera zona de Fresnel en el punto de obstrucción será:

$$b_x = 20.18$$

El margen sobre obstáculo valdrá:

$$h_c = 4.29 \text{ m.}$$

Vemos que $h_c < b_x$, por lo que calcularemos h_1 :

$$h_1 \geq 785.37 \text{ m.}$$

$$\text{o sea: } h_1 = 785.37 - 760 = 25.37 \text{ m.}$$

Fijaremos la antena a 40 m. de altura en Coroza y no a 25.37 m. por la posible presencia de árboles.

Ahora, con $h_1 = 800 \text{ m.}$ y $h_2 = 180$, calculamos el nuevo valor de h_c :

$$h_c = 30.95 \text{ m.}$$

Y con ésto $h_c > b_x$ cumpliéndose la condición de trayecto libre.

b) Cálculo del punto de reflexión

$$h_1 = 180 \text{ m.}$$

$$h_2 = 800 \text{ m.}$$

$$d = 13.5 \text{ Km.}$$

Resulta:

$$r = 17772.3$$

$$t = 2791.85$$

$$\psi = 83.08^\circ$$

$$d_3 = - 4.25$$

Con lo que:

$$d_1 = 2.5 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 11.0 \text{ Km.}$$

Es decir que el punto de reflexión cae a 2.5 Km. de Paján y a 11.0 Km. de Cerro Corozo, quedando bloqueado el haz reflejado.

10.5.- CONSIDERACIONES DE RUIDO DE CADA TRAYECTO

En la Tabla X.5 - A consta el resultado del análisis de ruido para cada trayecto de ésta zona sur.

En el Capítulo 6, se detalló la forma de realizar éstos cálculos.

T A B L A X . 5 - A

ESTACION			CERRO DE - SANTA HOJAS ANA	CERRO DE - SUCRE HOJAS	CERRO DE - JIPI- HOJAS JAPA	CERRO - CERRO COROZO CAYO	CERRO - FAJAN COROZO
FIGURA DE RUIDO DEL RECEPTOR	dB	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
NUMERO DE CANALES	CH.	30		30	120	30	30
VELOCIDAD TRANSMISION IMPULSOS	Mb/s	2 (2 PSK)		2 (2 PSK)	8 (2 PSK)	2 (2 PSK)	2 (2 PSK)
S/N EN UMBRAL (Wu)	10 ⁻³	dB	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	10 ⁻⁷	dB	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
UMBRAL DEL RECEPTOR (Pu)	10 ⁻³	dBm	- 96.99	- 96.99	- 90.97	- 96.99	- 96.99
	10 ⁻⁷	dBm	- 93.29	- 93.29	- 87.27	- 93.29	- 93.29
MARGEN AL UMBRAL	10 ⁻³	dB	60.19	60.89	55.17	57.79	61.89
	10 ⁻⁷	dB	56.49	57.19	51.47	54.09	58.19
PROBABILIDAD DE DESVANECIMIENTO (Pw)	10 ⁻³	%	13 x 10 ⁻⁷	17 x 10 ⁻⁷	72 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁷	0.3 x 10 ⁻⁷
	10 ⁻⁷	%	31 x 10 ⁻⁷	40 x 10 ⁻⁷	169 x 10 ⁻⁷	15 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁷
DEGRADACION DEL MARGEN (Ps)	%	0.003166	0.004178	0.004581	0.001285	0.0003257	
MARGEN NETO (P)	10 ⁻³ < 0.0056 %	%	0.00316 (CUMPLE)	0.00418 (CUMPLE)	0.00459 (CUMPLE)	0.001286 (CUMPLE)	0.00033 (CUMPLE)
	10 ⁻⁷ < 0.112 %	%	0.00317 (CUMPLE)	0.00418 (CUMPLE)	0.00459 (CUMPLE)	0.001287 (CUMPLE)	0.00033 (CUMPLE)

10.6.- PLANEAMIENTO DE FRECUENCIAS

En el Capítulo 7 sección 3, consta la disposición de radiocanales para la banda de 2 GHz y en el Capítulo 6 sección 1, la disposición para la banda de 7 GHz, siendo éstas dos bandas las que usaremos para los enlaces de ésta zona sur.

En los Capítulos 6 y 7 fueron también anotadas las relaciones necesarias para la obtención de las frecuencias de los diferentes radio canales tanto en la mitad inferior como en la superior de las bandas.

En las Figuras 10-1 y 10-2, graficamos las asignaciones de los canales de radio para los enlaces que parten tanto de Cerro de Hojas (en 7 GHz), como de Cerro Corozo (en 2 GHz).

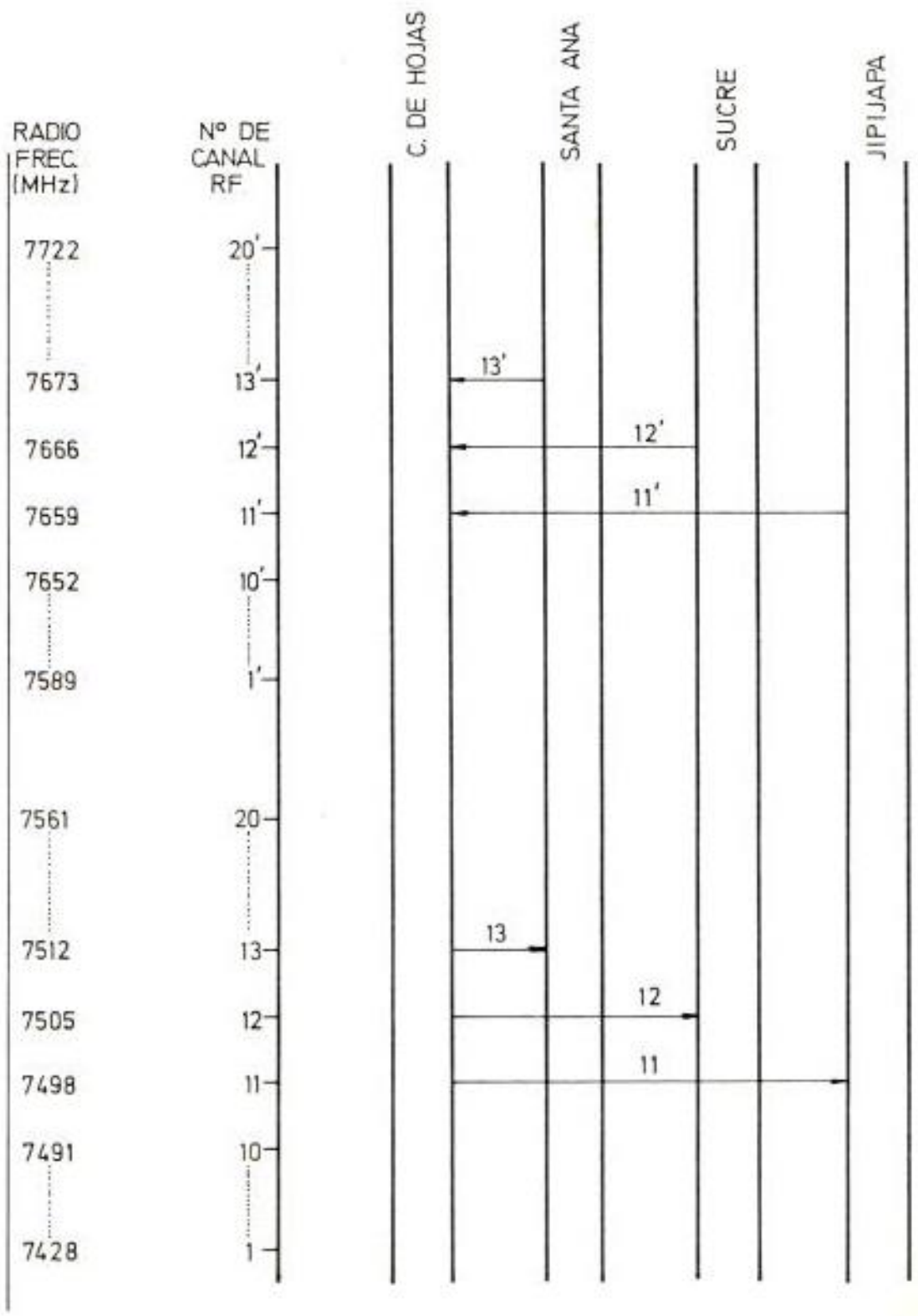


FIG. 10-1.- ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES EN LA BANDA DE 7 GHz.

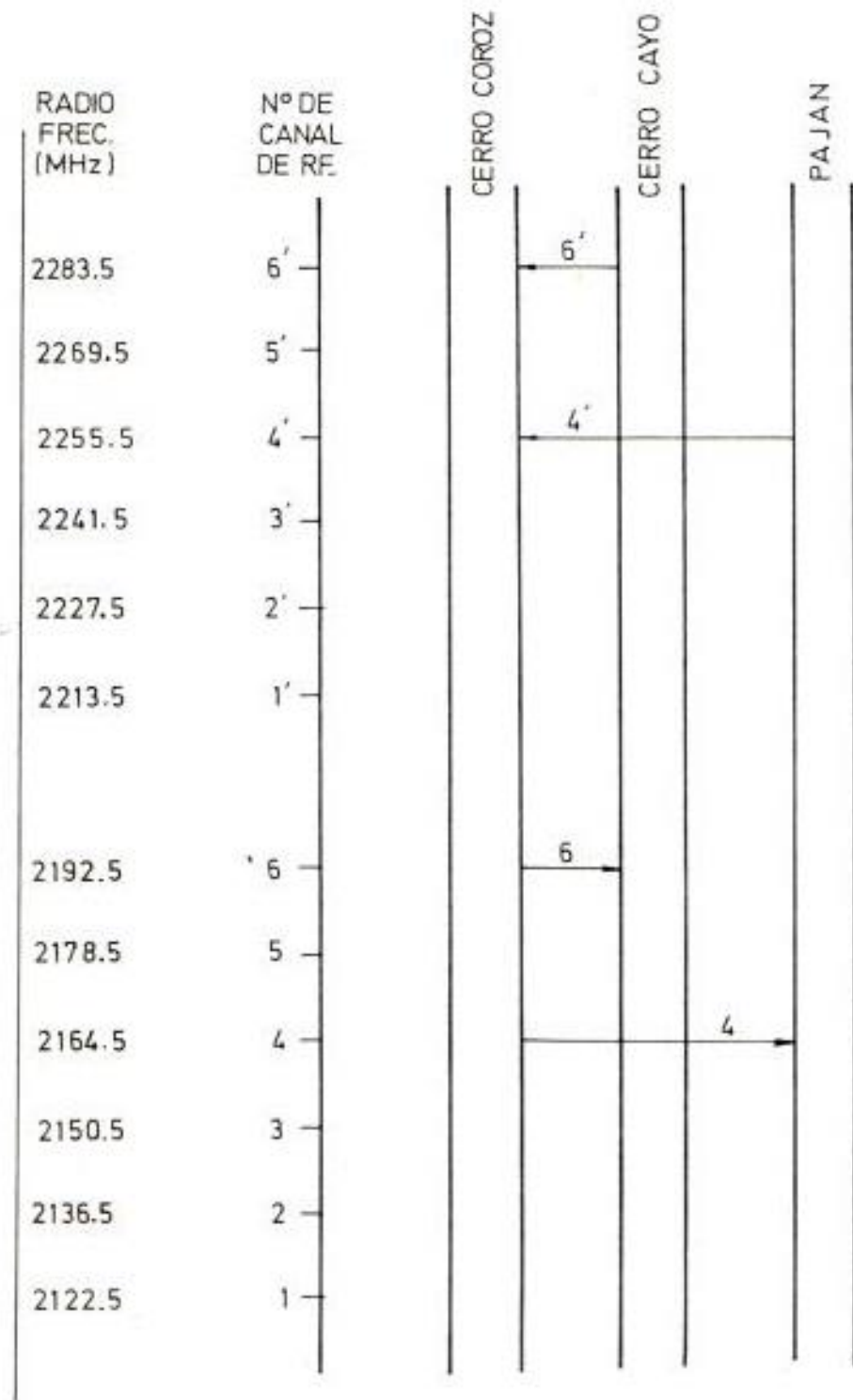


FIG. 10-2 .. ASIGNACION DE LOS RADIOCANALES EN LA BANDA DE 2 GHz.

10.7.- DIAGRAMAS DE INTERCONEXION CON LA RED PRIMARIA

En el diagrama 10-3 indicamos la interconexión de la zona sur con la red primaria, hasta llegar a Manta que es la ciudad con central para tráfico interurbano.

El modo como debe interpretarse éste diagrama, es el mismo como el indicado en el Capítulo 8, apartado 8.7.

11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber realizado el estudio y diseño pertinentes a dotar de un sistema con eficiencia y calidad a la provincia de Manabí y en especial a su zona rural, anotamos a continuación los motivos y las ideas que nos llevaron a efectuar ésta tesis:

- 1.- Manabí es una provincia agrícola y ganadera por excelencia y necesita de comunicaciones confiables para un mejor desarrollo.
- 2.- La carencia de algún tipo de telecomunicaciones en ciertas poblaciones, nos indujeron a diseñar sistemas de radioenlace con tecnología digital por lo que algunos de los parámetros básicos se prestaban para ello, tales como distancias no mayores de 50 Km., elección de bandas de frecuencias, ninguna obstrucción en el recorrido de los diversos trayectos, entre otros.
- 3.- Consideramos que en el Capítulo 2, hicimos una explicación amplia de el desarrollo de ésta nueva tecnología digital, así como de la formación de las jerarquías para con éstos precedentes haber continuado con los capítulos posteriores que tenían relación con lo digital.
- 4.- El haber tenido la concepción de una red mixta, es decir analógica en ciertos tramos y digitales en otros, fue por hacer uso de un sistema FDM que IETEL tiene nuevo, recién instalado y con capacidad máxima de 300 canales, nos referimos al trayecto Cerro de Hojas - Loma de Viento

y de aquí hacia el norte implementar también con técnica analógica como etapa intermedia hasta llegar a técnicas modernas posteriormente.

5.- El dimensionamiento correcto de los sistemas en cuanto a número de canales necesarios, lo consideramos también de importancia ya que sólo así nos pudimos dar cuenta de la real necesidad de canales de larga distancia para no haber sobredimensionado las capacidades.

6.- Realizar estudios de comportamiento de sistemas producido por el ruido, que tiene su origen por diversas causas, es también necesario cuando se está diseñando sistemas de radioenlace. Es por ello que efectuamos dicho análisis muy detalladamente para cada trayecto que formó parte de ésta red, haya sido analógico o digital.

7.- La clasificación hecha, en una red principal y otra secundaria y ésta última a su vez en tres zonas, fue con el propósito de que los cálculos sean realizados de igual manera para todos los enlaces y porque la posición geográfica de todas las estaciones, sean repetidoras o terminales, se prestaron para agruparlas por zonas.

8.- Como la configuración total fue en árbol y como había que servir a la mayor cantidad posible de poblaciones, hubo que interconectarlas a través de cuatro estaciones repetidoras a banda base o sea con posibilidad de derivación. Por aprovechar la ubicación de una de éstas estaciones repetidoras con derivación (Cerro de Hojas), desde donde se enlazarán muchas poblaciones de la provincia, es que se escogió a la ciudad de Manta como centro de interconexión interurbano; es decir

que en ésta ciudad existirán las centrales para todo el tráfico saliente y entrante de la provincia.

9.- Todos los puntos de derivación a banda base, han sido seleccionados, después de un análisis en las cartas topográficas correspondientes, de modo que el acceso a ellos no implique gastos onerosos y para que la cobertura desde ellos sea la mayor posible sin que existan obstáculos que dificulten la propagación de la onda electromagnética.

10.- Hemos determinado las características que deben reunir los equipos de radio en general, apegados siempre a las recomendaciones dadas por el CCITT y el CCIR y en el caso de que por razones de la propagación misma, no se cumplía con una de ellas, introducimos soluciones técnicas, prácticas, como es el caso en que adoptamos la diversidad de espacio en recepción para el trayecto Cerro de Hojas - Cerro Corozo, con la finalidad de mejorar las condiciones y que se cumpla con lo estipulado por éstos dos organismos internacionales.

Las siguientes ideas pueden tomarse en cuenta, como recomendaciones, para una mejor utilización de éste diseño:

- 1) En la interconexión de las dos centrales (analógica y digital) en Manta, deberá tenerse mucho cuidado de implementar con los interfaces adecuados y que existan dos medios de transmisión por separado (analógico y digital), hasta la estación Cerro de Hojas.
- 2) Que las capacidades de canales de larga distancia, sean las que cons-

ten el capítulo 4 en especial el sistema de 480 canales PCM entre Manta y Cerro de Hojas para que de ésta forma el tráfico total de la provincia no se vea estrangulado en el enlace mencionado.

- 3) Que la estación repetidora de Cerro Corozo sea implementada íntegramente y de la mejor forma ya que en un futuro podrá interconectarse directamente con Guayaquil (Cerro de El Carmen) por medio de un sistema FDM (ya que el trayecto es de un poco más de 100 Km), y sirva como ruta alternativa de la actual que es: Guayaquil - Cochabamba - San Javier - Gramalotal - Cerro de Hojas; siendo la ruta propuesta cubierta por menos saltos, a saber: Guayaquil - Cerro Corozo - Cerro de Hojas (2 saltos solamente).
- 4) Que se tenga muy en cuenta que, para mayor confiabilidad, en el trayecto Cerro de Hojas - Corozo deberá introducirse un mejoramiento por diversidad de espacio

APENDICE A

CALCULO DE AZIMUTS Y DISTANCIA DE UN TRAYECTO

El método de la "Posición Inversa", es uno de los métodos por el que se calcula el Azimut Geográfico, con el fin de que las antenas queden lo mejor alineadas posible.

Utiliza las coordenadas de las estaciones del trayecto y tablas para el cálculo de las Posiciones Geodésicas, que contienen factores $\log B$ y $\log A$ para cada minuto de latitud, desde 0° a 72° . Pero no es necesario tanta aproximación y es por ello que en la Tabla A aparecen esos factores por cada grado de latitud desde 0° a 72° . La Tabla contiene valores de $\log A_m$ y $\log B_m/A_m$, el valor de B_m no es usado para los cálculos y por ésto es que solo no aparece. Los subíndices "m" indican que los valores son tomados para la latitud promedia del tramo.

El procedimiento usado lo desarrollaremos solamente para un trayecto de la red primaria y con ésto será suficiente para obtener los demás tramos.

TRAYECTO: LOMA DE VIENTO - CERRO DE HOJAS

	LATITUD	LONGITUD
Cerro de Hojas	$01^\circ 02' 28''$	$80^\circ 32' 29''$
Loma de Viento	<u>$00^\circ 42' 16''$</u>	<u>$80^\circ 24' 21''$</u>
Diferencia	$\Delta \phi = 00^\circ 20' 12''$	$\Delta \lambda = 00^\circ 08' 08''$
Convertido a segundos	= 1212"	= 488"

$$\phi_m = \phi_{\text{menor}} + \frac{\Delta \phi_{\text{seq}}}{2} = 00^\circ 42' 16'' + \frac{1212}{2} = 0.873^\circ$$

Para el Azimut:

log B _m /A _m	= 0.002949	}	Suma
log cos φ _m	= -0.000050		
log Δλ	= <u>2.688420</u>		
	2.691319	}	Substracción
log Δφ	= <u>3.083503</u>		
log cot W	= 1.607816		
W	= 67° 56' 08" = 67.936°		

$$\text{constante } C = \frac{\Delta \lambda}{2} (\text{sen } \phi_m) = \frac{488}{2} (\text{sen } 0.873^\circ) = 4''$$

Para obtener los ángulos, debemos considerar que estamos en el hemisferio sur y analizar dos casos:

Caso 1: Estación este, al norte de estación oeste aquí, el azimut oeste es $90^\circ - W + C$ y el azimut este es $270^\circ - W - C$

Caso 2: Estación este, al sur de estación oeste. El azimut oeste es $90^\circ + W + C$ y el azimut este es $270^\circ + W - C$

El nuestro es el caso 1 por tanto:

$$\text{Azimut al oeste: } 90^\circ - (67^\circ 56' 08'') + 4'' = 22^\circ 03' 52''$$

$$\text{Azimut al este: } 270 - (67^\circ 56' 08'') - 4'' = 202^\circ 03' 48''$$

Para la distancia del trayecto:

$\log \cos \phi_m$	=	- 0.000050	}	Suma
$\log \Delta \lambda$	=	<u>2.688420</u>		
		2.688370	}	Substracción
$\log A_m$	=	<u>$\bar{2}.509726$</u>		
		4.178644	}	Suma
$\log \cos W$	=	<u>0.425218</u>		
$\log S$	=	4.603862		

$$S = 40.17 \text{ Km.}$$

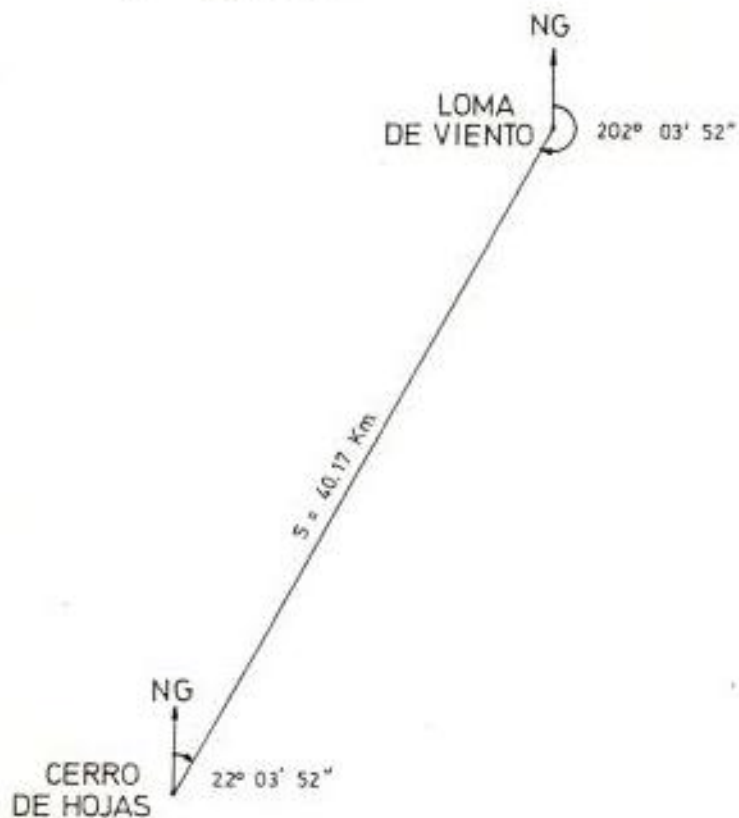


TABLA A

LATITUD (GRADOS)	Log A_m	Log B_m/A_m	LATITUD (GRADOS)	Log A_m	Log B_m/A_m
00	$\bar{2}.509727$.002949	37	$\bar{2}.509194$.001884
01	726	.002949	38	169	.001834
02	725	.002946	39	144	.001784
03	723	.002941	40	118	.001733
04	719	.002935	41	093	.001683
05	715	.002927	42	066	.001631
06	711	.002917	43	042	.001580
07	705	.002906	44	$\bar{2}.509016$.001529
08	698	.002893	45	$\bar{2}.508990$.001477
09	691	.002878	46	965	.001426
10	682	.002861	47	939	.001374
11	673	.002843	48	913	.001323
12	663	.002823	49	888	.001272
13	652	.002801	50	862	.001221
14	641	.002778	51	837	.001170
15	628	.002753	52	812	.001120
16	615	.002726	53	787	.001071
17	601	.002698	54	762	.001021
18	586	.002669	55	738	.000973
19	571	.002638	56	714	.000925
20	555	.002606	57	690	.000877
21	538	.002572	58	667	.000830
22	520	.002537	59	644	.000784
23	502	.002501	60	621	.000739
24	483	.002463	61	599	.000695
25	464	.002424	62	578	.000652
26	444	.002384	63	557	.000610
27	423	.002343	64	536	.000568
28	402	.002301	65	516	.000528
29	381	.002258	66	496	.000489
30	359	.002214	67	478	.000452
31	336	.002169	68	459	.000415
32	313	.002123	69	442	.000380
33	290	.002077	70	425	.000346
34	267	.002029	71	409	.000313
35	243	.001981	72	393	.000282
36	218	.001933			

DEDUCCION DE LA FORMULA PARA HALLAR EL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL

Una antena transmisora irradia energía, la cual se desplaza en un frente de onda de radiación secundaria (principio de Huygens - Fresnel), hasta llegar a la antena receptora. El camino más corto entre las antenas es d , y el ángulo de la señal es 180° .

Supongamos un punto P'_x que define un trayecto indirecto cuyo recorrido adicional es de media longitud de onda ($\lambda/2$); si éste punto se desplazara, al hacerlo va definiendo los trayectos posibles de longitud igual a: $d + \lambda/2$. Esto se denomina "primera zona de Fresnel", y podemos decir que el límite de ésta zona es el lugar geométrico de los puntos desde los cuales la onda puede reflejarse, de modo que recorra media longitud de onda más, para llegar desde la antena transmisora hasta la receptora, en tal forma que:

$$TP'_x + P'_xR = TR + \lambda/2 \quad (B.1)$$

donde:

T = antena transmisora

R = antena receptora

P'_x = punto en el límite de la primera zona

Esta es la ecuación que limita la primera zona de Fresnel. Los límites de las sucesivas zonas de Fresnel, se representan con puntos que aumentan

en múltiplos de media longitud de onda el recorrido reflejado.

Así, un rayo reflejado desde cualquier punto en la superficie que define la quinta zona de Fresnel, habrá recorrido una distancia mayor en cinco medias longitudes de onda que la distancia que separa directamente las antenas.

Una superficie reflectora ubicada en el límite de la primera zona de Fresnel, puede duplicar la magnitud de la señal recibida, mientras que otra superficie reflectora situada apenas a pocos decímetros fuera del recorrido directo puede reducir la señal casi a cero. Para comprender mejor este fenómeno, debemos recordar que la onda al ser reflejada, ha experimentado una inversión completa de fase de 180° .

Además, la onda reflejada desde el primer límite, ha recorrido media longitud de onda más que la onda directa, esto resulta en otro desplazamiento de fase de 180° , o sea un total de 360° , resultando que las ondas directa y reflejada se suman directamente.

Desde el límite de la segunda zona de Fresnel, en cambio, la onda reflejada al llegar a la antena receptora, habrá recorrido una longitud de onda completa más que la onda directa, llegando retrasada 360° . Este retardo, sumado a la inversión de 180° en la superficie reflectora, puede provocar una cancelación completa de la señal. Estos fenómenos han dado origen a lo que se llama "efecto de propagación múltiple".

Si tenemos una elevación de terreno y si la altura libre sobre dicha ele-

vación, es igual al radio de la quinta zona de Fresnel, la llegada de la onda reflejada será retardada tres longitudes de onda detrás del rayo directo lo que sumándolas en fase, determinan un nivel de señal recibida anormalmente alto. Si la elevación del terreno fuese tal que provocase una condición de obstrucción o de rasante al rayo directo, el nivel de señal recibida disminuiría por lo menos 6 dB en comparación con los valores que corresponderían a propagación por espacio libre.

La ecuación (B.1) podemos expresarla de la siguiente forma:

$$\sqrt{b_x^2 + d_1^2} + \sqrt{b_x^2 + d_2^2} = d_1 + d_2 + \frac{\lambda}{2}$$

donde:

d_1 = distancia en Km. de antena transmisora al punto P_x'

d_2 = distancia en Km. de antena receptora al punto P_x'

b_x = radio en m. de la primera zona de Fresnel en P_x'

Factorizando el primer miembro de la ecuación:

$$d_1 \sqrt{\left(\frac{b_x}{d_1}\right)^2 + 1} + d_2 \sqrt{\left(\frac{b_x}{d_2}\right)^2 + 1}$$

como: $\left(\frac{b_x}{d_1}\right)^2$ y $\left(\frac{b_x}{d_2}\right) \ll 1$

los radicales pueden ser expandidos en serie de la forma:

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2} x \quad \text{si } x \ll 1$$

Resultando:

$$* \quad d_1 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{b_x^2}{d_1^2} \right) + d_2 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{b_x^2}{d_2^2} \right) = d_1 + d_2 + \frac{\lambda}{2}$$

$$b_x^2 \left(\frac{1}{2d_1} + \frac{1}{2d_2} \right) = \frac{\lambda}{2}$$

de donde:

$$b_x = \sqrt{\frac{d_1 d_2 \lambda}{d_1 + d_2}}$$

Y en función de frecuencia tenemos:

$$b_x = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d f}}$$

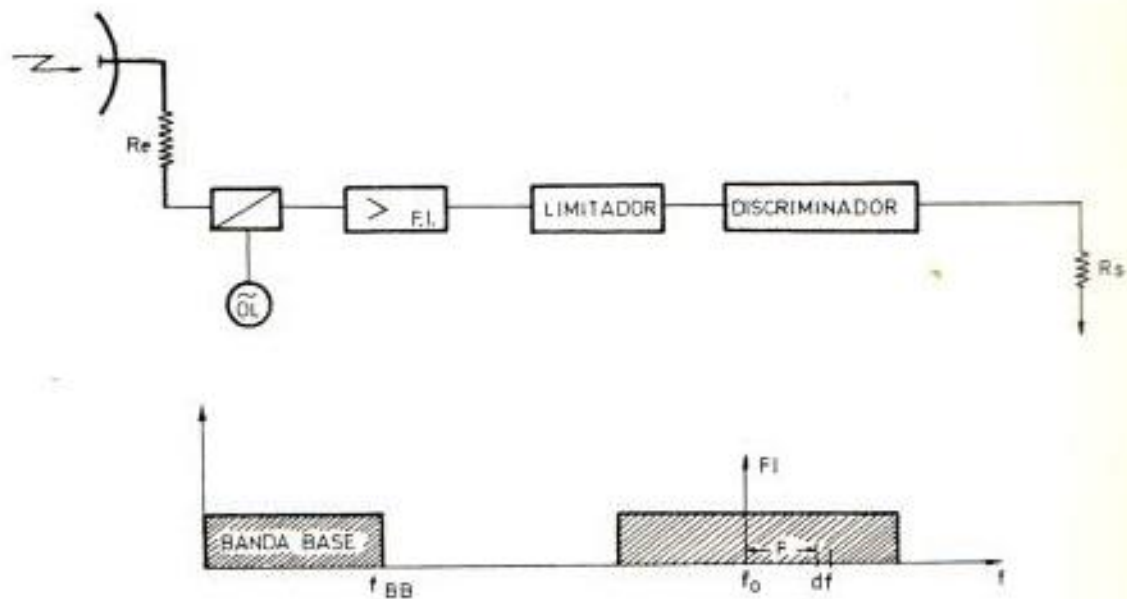
es el radio de la primera zona de Fresnel en el punto x.

Las zonas de Fresnel de orden superior están dadas por:

$$b_x (n) = \sqrt{\frac{n d_1 d_2 \lambda}{d_1 + d_2}} = \sqrt{n} b_x$$

APENDICE C

CALCULO DEL RUIDO TERMICO DE RECEPCION PARA UN VANO EN EL CANAL MAS ELEVADO DE LA BANDA BASE.



Sea R_e la resistencia equivalente de radiación de la antena, que a su vez es la resistencia de entrada del receptor. Debido al efecto Johnson, en bornes de dicha resistencia aparece una tensión errática de origen térmico y que según el criterio de Nyquist tiene por valor

$$e_n = \sqrt{4 K T R_e df} \quad (\text{voltios eficaces})$$

K = constante de Boltzman = $1.38 \cdot 10^{-23}$ julios/ $^{\circ}K$

T = temperatura absoluta

df = ancho de banda en Hz

R_e = resistencia de ohmios

Los valores de esta tensión son totalmente aleatorios, siguiendo una distribución normal o de Gauss. Las fuentes correspondientes no tienen polaridad, por lo que se definen en términos de valores cuadráticos medios, siendo totalmente incorrecto sumar valores eficaces de ruido.

Supuesto un espectro elemental de frecuencia df , la potencia máxima de ruido térmico desarrollada en bornas de R_e , será:

$$P'N = \frac{4 KT R_e df}{4 R_e} = KT df$$

Este valor es la potencia de ruido mínima teórica, a la entrada del receptor. EL FACTOR DE RUIDO de una red, es el valor por el que hay que multiplicar el ruido mínimo teórico a la entrada, para obtener la potencia de ruido a la salida.

Si es n el factor de ruido, la potencia de ruido término a la salida del receptor valdrá:

$$PN = K T n df$$

Este es el valor de la potencia de ruido térmico que tendríamos a la entrada del receptor, si consideramos éste perfecto, es decir, sin contribución de ruido.

Podemos hacer equivalente toda esta potencia de ruido térmico a la entrada, a la que desarrollaría una señal de amplitud \mathcal{E} y de frecuencia $f_0 + F$,

en bornes de Re.

$$KTn \, df = \frac{\epsilon^2}{2 \text{Re}} ; \epsilon^2 = 2 \text{Re} \, KTn \, df$$

Esta componente de ruido $y_n = \epsilon \sin 2\pi(f_0 + F)t$ se encuentra con la señal portadora de frecuencia f_0 y amplitud a . El efecto de esta interfe-rencia, según hemos visto en el apartado "Perturbación producida por una señal parásita de frecuencia pura", se manifiesta en una modulación de amplitud y una modulación de fase, de la señal principal.

La primera es eliminada por la acción del circuito limitador, y es la se-gunda la que aparece en forma de ruido a la salida del receptor.

La desviación máxima de fase de la modulación parásita vale:

$$\Delta\phi = \frac{\epsilon}{a}$$

La desviación máxima de frecuencia equivalente, será:

$$\Delta f = \Delta\phi \cdot F = \frac{\epsilon}{a} F$$

A la salida del discriminador, tendremos una tensión parásita de ruido, de valor:

$$\Delta U_N = K_1 F \frac{\epsilon}{a}$$

Siendo K_1 la constante de proporcionalidad del discriminador, al que suponemos un funcionamiento lineal.

La potencia de ruido a la salida del receptor vale:

$$P_N = \frac{\Delta U_N^2}{2 R_s} = \frac{K_1^2 F^2 \frac{\xi^2}{a^2}}{2 R_s} = \frac{K_1^2 R_e}{R_s a^2} F^2 K T n \, df$$

Si la portadora tiene una amplitud a , la potencia desarrollada en bornes de R_e , será:

$$P_R = \frac{a^2}{2 R_e}$$

Por lo tanto:

$$P_N = K_1^2 \frac{K T n F^2 \, df}{2 R_s P_R}$$

Esta potencia es doblada, debido a la acción de la banda simétrica respecto a f_c , dada por $f_c - F$, por lo tanto, la potencia de ruido total viene dada por:

$$P_N = K_1^2 \frac{K T n F^2 \, df}{R_s P_R}$$

Nos interesa medir el ruido en el canal telefónico situado en el lugar más elevado de la banda base, dada por la variación, según una ley triangular, de la tensión de ruido a la salida del discriminador.

Por consiguiente, nos situaremos en el caso de ser $F = f_{BB}$ la frecuencia más elevada en la señal múltiplex o banda base.

Si es b el ancho de banda de un canal telefónico, la potencia de ruido térmico en este canal a la salida del receptor, valdrá:

$$P_N = \int_0^b K_1^2 \frac{KTn}{R_S P_R} f_{BB}^2 df$$

Suponiendo que f_{BB} es constante a lo largo de la integración realizada dentro del espectro de frecuencia correspondiente al canal más elevado de la banda base, tenemos que:

$$P_N = K_1^2 \frac{KTn}{R_S P_R} f_{BB}^2 b$$

Observamos que la potencia de ruido térmico a la salida del receptor es inversamente proporcional a la potencia de la señal recibida a la entrada del receptor.

Por lo tanto, si en ciertas condiciones tenemos una propagación distinta al espacio libre, la atenuación correspondiente o "fading" afecta al nivel de la potencia de señal recibida, disminuyéndolo (o aumentándolo) y por consiguiente aumentando (o disminuyendo) la potencia de ruido térmico en el canal más elevado de la banda base, a la salida del receptor.

De aquí, la relación señal/ruido en espacio libre a la salida del receptor será:

$$\frac{P_S}{P_N} = \frac{P_S}{K_1^2 KTnb} \frac{R_S P_R}{f_{BB}^2}$$

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

1. ERICSSON REVISTA, Introducción a la telefonía digital
2. GEISSLER H, Planning of a PCM System Hierarchy.
NTZ, Report 8. Berlín 1971.
3. GAS (GRUPO ASESOR ESPECIALIZADO) UIT, tomo correspondiente a la
sección de transmisión
- 4.- GTE LENKURT, Engineering considerations for microwave communications
systems, 1970.
5. NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE, Microwave communication engineering
6. UIT, Economic and technical aspects of the choice of transmission
systems
7. TELEFONICA DE ESPAÑA (CTNE), Cálculo de radioenlaces de microondas,
1^a y 2^a parte
8. TELEFONICA DE ESPAÑA (CTNE), Planificación de frecuencias en la red
de radioenlaces
9. VOLUMEN IX CCIR, Recomendaciones e informes de la XIV Asamblea
plenaria, KYOTO, 1978
10. VOLUMEN CCIR, Conclusiones de la reunión intermedia de la comisión
de estudio 9

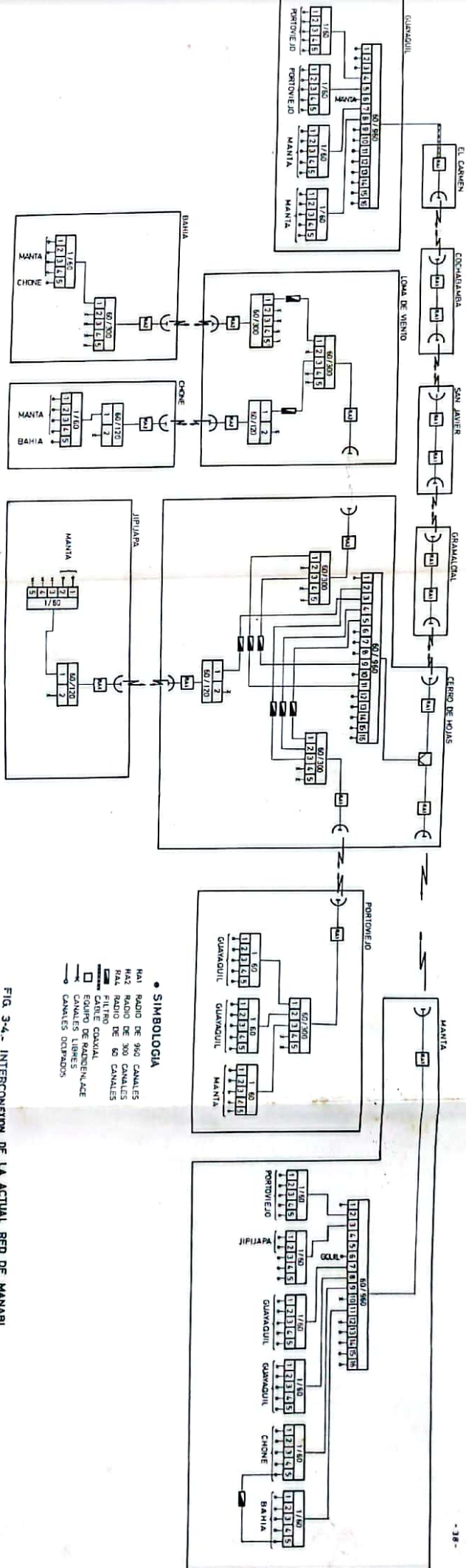


FIG. 3-4.- INTERCONEXION DE LA ACTUAL RED DE MANTUA

- SIMBOLOGIA
- NA1 RADIO DE 960 CANALES
 - NA2 RADIO DE 360 CANALES
 - NA4 RADIO DE 60 CANALES
 - FILTRO COAXIAL
 - EQUIPO DE INTERFERENCE
 - CANALES LIBRES
 - CANALES OCPADOS

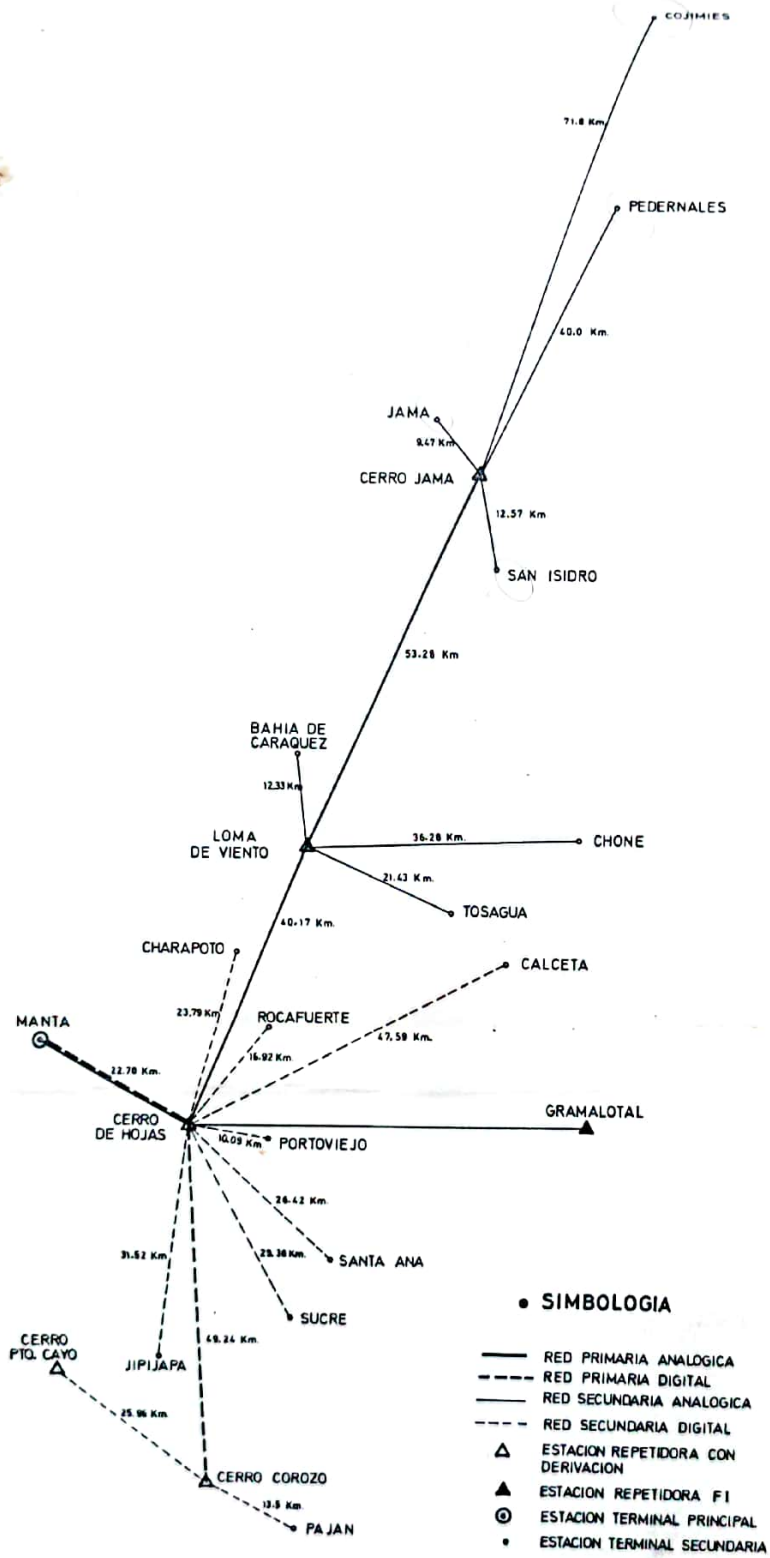
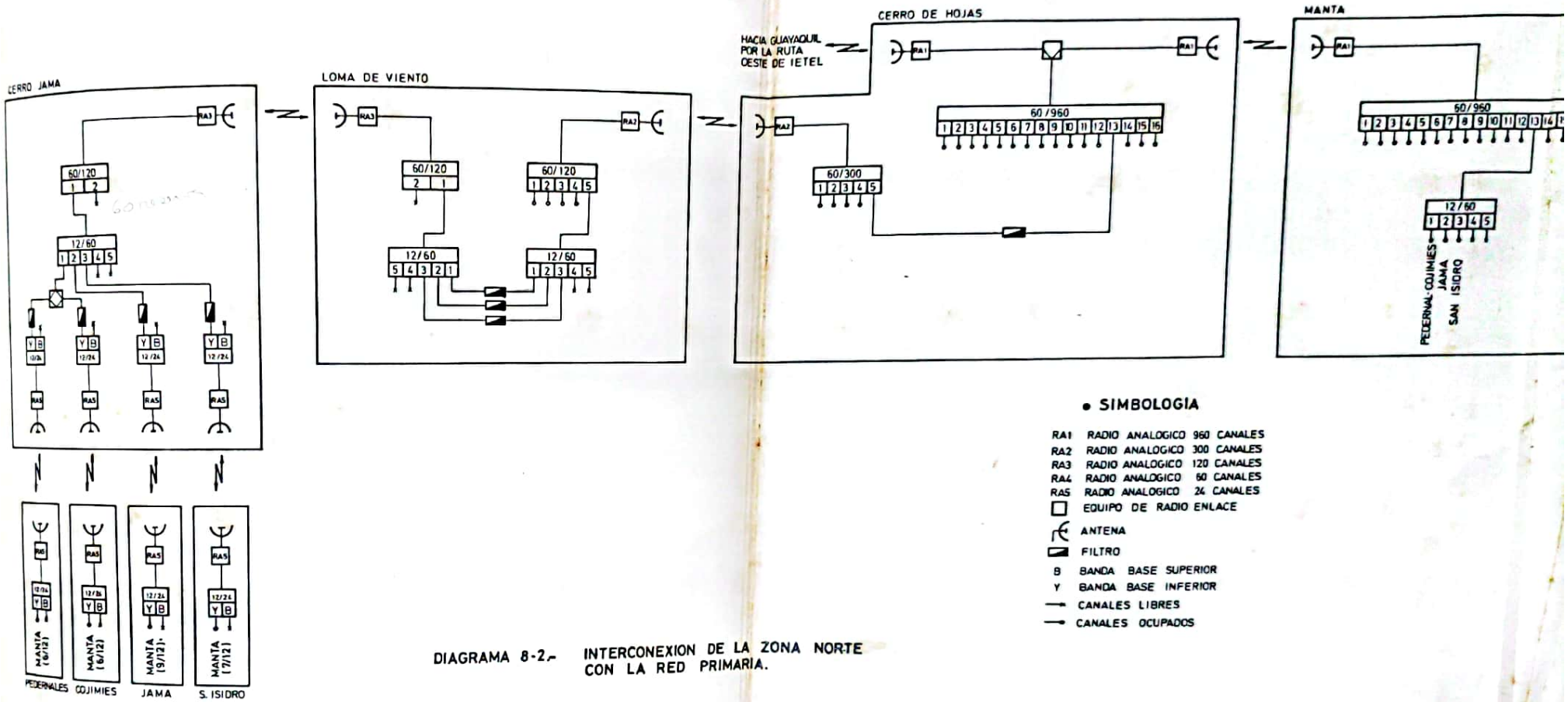


FIG. 5-1.- CONFIGURACION DEL SISTEMA DE RADIOENLACE PARA LA PROVINCIA DE MANABI.-



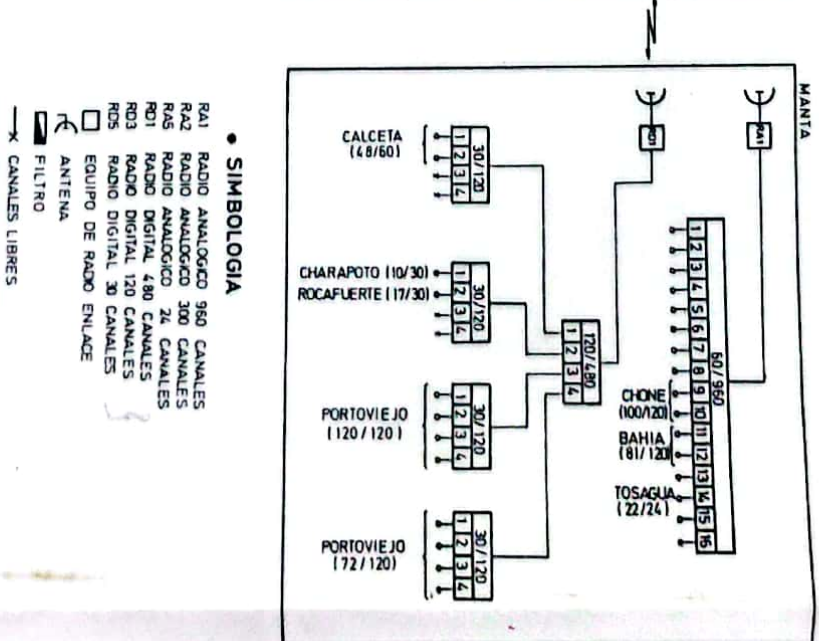
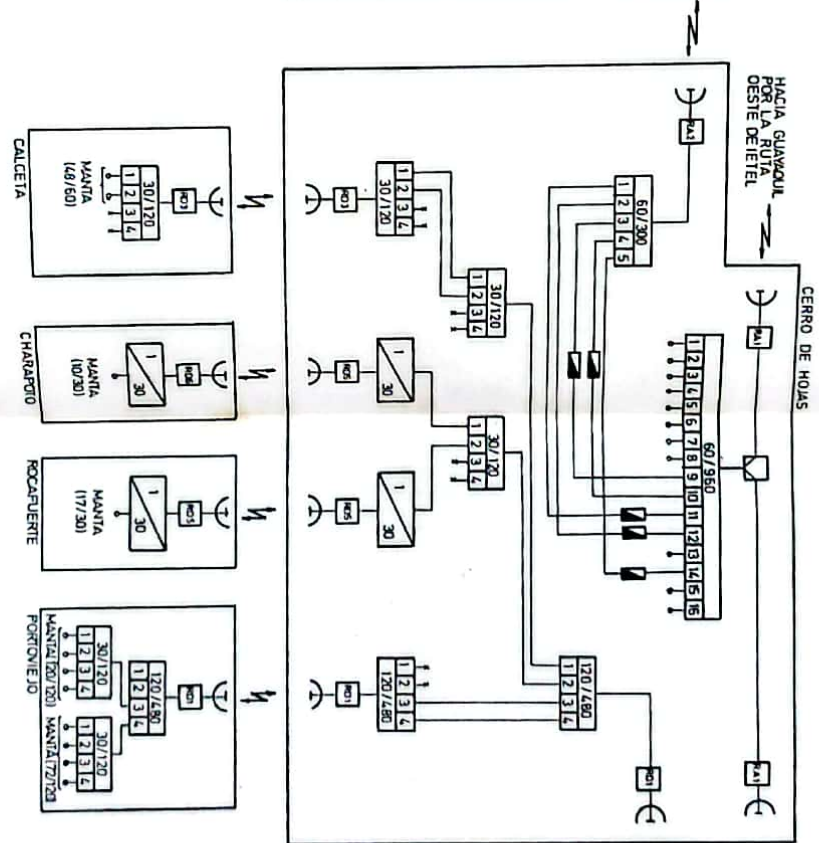
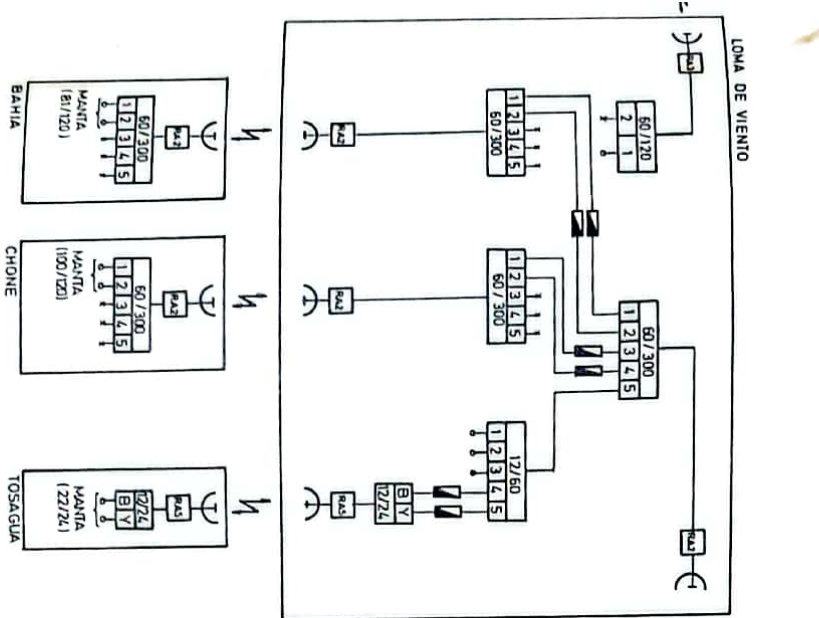


DIAGRAMA 9 2.- INTERCONEXION DE LA ZONA CENTRAL CON LA RED PRIMARIA.-

- SIMBOLOGIA
- RA1 RADIO ANALOGICO 960 CANALES
 - RA2 RADIO ANALOGICO 300 CANALES
 - RA3 RADIO ANALOGICO 24 CANALES
 - RD1 RADIO DIGITAL 480 CANALES
 - RD3 RADIO DIGITAL 120 CANALES
 - RDS RADIO DIGITAL 30 CANALES
 - EQ EQUIPO DE RADIO ENLAZE
 - ANTENA
 - FILTRO
 - X CANALES LIBRES
 - o CANALES OCUPADOS
 - Y PARTE BAJA DE LA BANDA
 - B PARTE ALTA DE LA BANDA

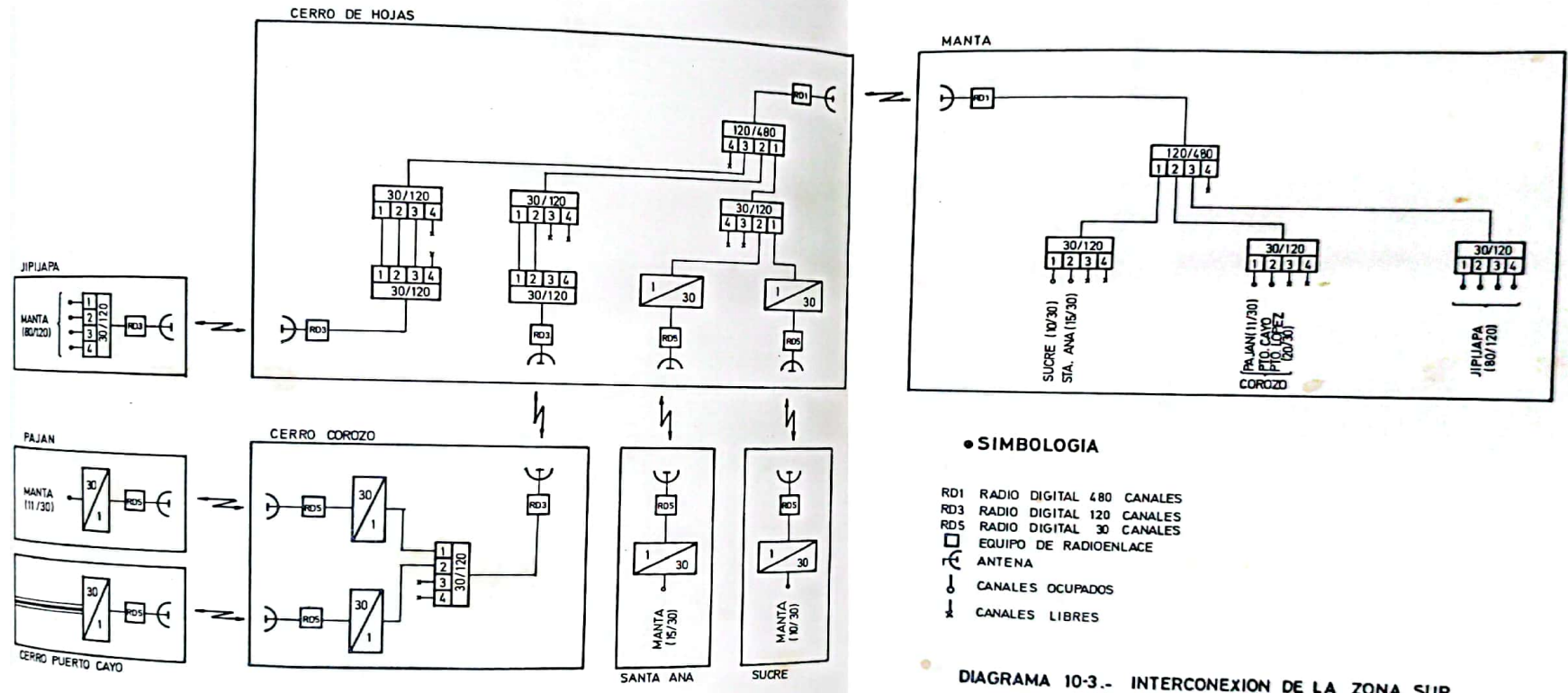


DIAGRAMA 10-3.- INTERCONEXION DE LA ZONA SUR CON LA RED PRIMARIA.