

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Facultad de Ingeniería eléctrica y Electrónica**



**Proyecto de Red de Telecomunicaciones  
en la Línea de Transmisión  
Mantaro - Lima Mediante Sistema de  
Radio Multicanal de SHF. Parte I**

**T E S I S**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO ELECTRONICO**

**JORGE GUILLERMO SAAVEDRA ANGELES**

**Promoción 1978 - 2**

**Lima - Perú**

**1986**

Dedicado a:

Eleuterio y Marina, mis padres;

Rosemary y Marina, mi esposa e

hija y

a mis hermanos.



## AGRADECIMIENTO

Este trabajo espero demuestre mi agradecimiento muy eterno al gran sacrificio demostrado por mis padres, que en todo momento me brindaron su apoyo hasta poder culminar mis estudios y propósito deseado.

Escribir unas cuantas líneas, serían insuficientes para agradecer la colaboración prestada por mis compañeros de trabajo en la realización de este tema.

Deseo mencionar, sin dejar de obviar los nombres de las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo, reconociendo por supuesto su invalorable participación:

- Al Ing. Eduardo Jané La Torre, gran amigo y consejero que gracias a su apoyo incondicional culminé este trabajo.
- Al Ing. Pedro Heredia Martinetti, quién dignamente se prestó para asesorar la presente Tesis.
- Al Ing. Humberto Egoávil Puccinelli, por su apoyo y consejo demostrados.
- A la Sra. Sandra Kongfook Hurtado por su participación en el tipeado de la Tesis ya que sin su colaboración no se hubiera logrado tal objetivo y finalmente al Sr. Javier Olguín Valdivieso por su inagotable esfuerzo en la impresión y graficado de esta Tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
1.0 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO - ALCANCES	4
1.1 Objetivo	4
1.2 Antecedentes	4
1.3 Generalidades del Proyecto	7
1.4 Descripción del Sistema y Equipamiento Requerido	7
1.5 Reconocimiento de la Zona	10
1.5.1 Metodología Empleada	10
CAPITULO II	
2.0 PROSPECCION DE RUTAS Y CALCULOS DE RADIOENLACES	15
2.1 Introducción	15
2.2 Enlaces Considerados	15
2.3 Esquema de la Red	16
2.4 Coordenadas de las Estaciones	16
2.5 Detalle de la Ubicación de las Estaciones	16
2.6 Perfiles de los Tramos de Radioenlaces	16
2.7 Altura de Torres y Antenas	22
2.8 Configuración del Sistema	22
2.9 Cálculo de Propagación de Radioenlaces	22

	<u>Pág.</u>
CAPITULO III	
3.0 DISEÑO DE RADIOENLACES, CONSIDERACIONES DIGITALES	58
3.1 Consideraciones Generales	58
3.2 Calidad del Sistema	59
3.3 Análisis sobre los Factores de Ruido	62
3.3.1 Factor de Degradación Fija	62
3.3.2 Factor de Degradación Constante	62
3.3.3 Factor de Degradación Variable	63
3.4 Consideraciones para el Diseño de Radioenlaces	64
3.5 Ejemplo de Diseño de Radioenlaces	64
3.5.1 Diagrama de Perfiles	65
3.5.2 Radio de la Primera Zona de Fresnel	65
3.5.3 Cálculo de Altura de Antena	67
3.5.4 Obstáculos	68
3.5.5 Altura Optima de Antena	69
3.5.6 Procedimiento de Cálculos de Radioenlaces	69
3.5.6.1 Tipo y Ganancia de Antenas	69
3.5.6.2 Longitud de los Alimentadores	69
3.5.6.3 Pérdidas de Espacio Libre ( $A_0$ )	69
3.5.6.4 Pérdidas en los Alimentadores ( $L_{fd}$ )	70
3.5.6.5 Pérdidas en los Circuitos de RF ( $A_c$ )	70
3.5.6.6 Pérdida Total ( $L_t$ )	70
3.5.6.7 Potencia de Transmisión ( $P_t$ )	71
3.5.6.8 Nivel de Potencia a la Entrada del Receptor ( $P_r$ )	71
3.5.6.9 Nivel de Umbral (Nivel de Ruido $kTBF$ )	71
3.5.6.10 Probabilidad de Desvanecimiento tipo Rayleigh ( $P_R$ )	72
3.5.6.11 Probabilidad Tiempo Permisible de In- terrupción	72
3.5.6.12 Margen de Desvanecimiento ( $F_d$ )	73
3.5.6.13 Relación C/N por Ruido Térmico	73
3.5.6.14 Relación C/N por Ruido Causado por Interferencia	74

	<u>Pág.</u>
3.6 Pérdida por Obstáculo	74
3.7 Probabilidad del Tiempo de Interrupción por Desvanecimiento ( $T_i$ )	76
 CAPITULO IV	
4.0 INGENIERIA DEL PROYECTO	79
4.1 Ubicación del Proyecto	79
4.2 Conformación General de la Red y Estaciones a Enlazar	79
4.3 Capacidad de los Enlaces y Plan de Frecuencia	82
4.3.1 Capacidad de los Enlaces	82
4.3.2 Plan de Frecuencia	84
4.4 Plan de Ruta de los Enlaces	85
4.5 Perfiles de Radioenlaces	86
4.6 Descripción Técnica de Ubicación de las Estaciones	86
4.6.1 Instalación Existente de Estaciones Repetido- ras de Radio	86
4.6.2 Número y Acceso a las Estaciones Seleccionadas	87
4.6.3 Expansión Futura de los Radioenlaces	87
4.6.4 Ubicación de las Estaciones de Retransmisión	87
4.7 Altura de Torres y Antenas	90
4.8 Cálculo de Propagación	91
4.9 Plan de Canalización	91
4.10 Filosofía del Proyecto	91
4.11 Configuración del Sistema	92
4.12 Esquema del Equipamiento	93
4.13 Sistema de Tierra y Pararrayos	93
4.14 Sistema de Energía	93
4.14.1 Alimentación para Estación Local	93
4.14.2 Alimentación para Estación Repetidora Próxi- ma a Fuentes de Energía	94
4.14.3 Alimentación para Estaciones Repetidoras Aisladas	94
4.15 Obras Complementarias	95
4.16 Especificaciones Técnicas	97

	<u>Pág.</u>
CAPITULO V	
5.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS, SISTEMA DE RADIO	119
5.1 Generalidades	119
5.2 Sistema de Radio	121
5.2.1 Especificaciones Técnicas	122
5.2.2 Transmisor	124
5.2.3 Receptor	125
5.2.4 Unidad Supervisora	125
5.3 Sistema Múltiplex Telefónico	126
5.3.1 Generalidades	126
5.3.2 Especificaciones Técnicas	126
5.4 Componentes Aéreos	127
5.4.1 Antenas	127
5.4.2 Alimentadores	128
5.4.3 Torres para Soporte de Antenas	128
5.5 Sistema de Energía	129
5.5.1 Paneles Solares	130
5.5.2 Banco de Baterías	131
5.5.3 Estabilizador de Voltaje (AVR)	132
5.5.4 Rectificador - Cargador Simple	133
5.5.5 Autotransformador en Seco Monofásico	133
5.5.6 Línea Aérea Monofásica	134
5.6 Sistema de Protección	134
5.6.1 Sistema Tierra	134
5.6.2 Sistema de Pararrayos	135
5.7 Otros	135
5.7.1 Repuestos	135
5.7.2 Herramientas	136
5.7.3 Manuales de Instalación, Operación y Manteni- miento	136
5.7.4 Embalaje	137

	<u>Pág.</u>
CAPITULO VI	
6.0 PRESUPUESTO CONSIDERADO DEL PROYECTO	138
6.1 Presupuesto Considerado	138
6.2 Cuadro VI.1	138
6.3 Cuadro VI.2	138
6.4 Cuadro VI.3	138
6.5 Cuadro VI.4	139

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- ANEXO I Referido al Capítulo II
- ANEXO II Referido al Capítulo III
- ANEXO III Referido a los Capítulos IV y V

PLANOS



## RELACION DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Pág.</u>
II.1	Ubicación del Proyecto	24
II.2	Diagrama General de la Red (Esquema de Canalización)	25
II.3.1	Plan de Ruta - Señal S.E. Huancavelica - Entel Perú Huancayo	26
II.3.2	Plan de Ruta - Señal Entel Perú Huancayo - S.E. Huancavelica	27
II.4.1	Ubicación: Huancavelica - Carta I.G.M. - S. E. Huancavelica - C° Piscapucro	28
II.4.2	Ubicación: Piscapucro - Carta I.G.M. - C° Piscapucro - C° Atocpunta	29
II.4.3	Ubicación: Atocpunta - Carta I.G.M. - C° Atocpunta - Presa Tablachaca	30
II.4.4	Ubicación: Atocpunta - Carta I.G.M. - C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi	31
II.4.5	Ubicación: Quinsa Chumpi - Carta I.G.M. - C° Quinsa Chumpi - S.E. Campo Arniño	32
II.4.6	Ubicación: Quinsa Chumpi - Carta I.G.M. - C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución	33
II.4.7	Ubicación: Quinsa Chumpi - Carta I.G.M. - C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro	34
II.4.8	Ubicación: Quinsa Chumpi - Carta I.G.M. - C° Quinsa Chumpi - C° Llamahuaqui	35
II.4.9	Ubicación: Llamahuaqui - Carta I.G.M. - C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi	36
II.4.10	Ubicación: Llamahuaqui - Carta I.G.M. - C° Llamahuaqui - Entel Perú Huancayo	37
II.5.1	Enlace: S.E. Huancavelica - C° Piscapucro	38
II.5.2	Enlace: C° Piscapucro - C° Atocpunta	39
II.5.3	Enlace: C° Atocpunta - Presa Tablachaca	40

<u>Figura</u>		<u>Pág.</u>
II.5.4	Enlace: C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi	41
II.5.5	Enlace: C° Quinsa Chumpi - S.E. Campo Armiño	42
II.5.6	Enlace: C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución	43
II.5.7	Enlace: C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro	44
II.5.8	Enlace: C° Llamahuaqui - C° Quinsa Chumpi	45
II.5.9	Enlace: C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi	46
II.5.10	Enlace: C° Llamahuaqui - Entel Perú Huancayo	47
II.6	BER en la función de la relación S/N (Anexo I)	162
II.7	Característica S/N VS BER	163
II.8	Relación entre la tasa de errores y C/N	164
II.9	Potencia de transmisión requerida VS longitud de la trayectoria (sistema - 2 GHz)	165
II.10	Margen de Desvanecimiento VS longitud de la trayectoria	166
II.11	Probabilidad de Desvanecimiento Tipo Rayleigh VS Longitud de la Trayectoria	167
III.1	Tasa de Errores de Bitio en Función de la Relación C/N	78
III.2	Distribución de Normas para la Relación C/N	61
III.3	Diagrama de Radioenlace (Anexo II)	169
III.4	Diferencia de Altura de Antena (Anexo II)	169
III.5	Desvanecimiento Diferencial (Anexo II)	170
III.6	Directividad de Antena (Anexo II)	170
III.7	Atenuación por Obstáculo (Anexo II)	171
III.8	Atenuación por Obstáculo ( $h_e/h_o < 3$ ) (Anexo II)	171
IV.1	Red General del Sistema	98
IV.2.1	Plan de Ruta Señal S.E. Huancavelica-Entel Perú Huancayo	99
IV.2.2	Plan de Ruta Señal Entel Perú Huancayo - S.E. Huancavelica	100
IV.3	Enlace S.E. Huancavelica - C° Piscapucro	101
IV.4	C° Piscapucro - C° Atocpunta	102
IV.5	C° Atocpunta - Presa Tablachaca	103
IV.6	C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi	104
IV.7	C° Quinsa Chumpi - S.E. Campo Armiño	105



<u>Figura</u>		<u>Pág.</u>
IV.8	C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución	106
IV.9	C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro	107
IV.10	C° Llamahuaqui - C° Quinsa Chumpi	108
IV.11	C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi	109
IV.12	C° Llamahuaqui - Entel Perú Huancayo	110
IV.13	Altura de Torres y Antenas	111
IV.14	Plan de Canalización	112
IV.15	Configuración del Sistema (Casetas y Torres)	113
IV.16	Esquema del Equipamiento	114
IV.17	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas	115
IV.18	Sistema de energía	116
IV.19.1	Vista de Planta de la Caseta de Radio	117
IV.19.2	Vista Isométrica de la Caseta de Radio	118
A	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas - Tipo Casquete (Anexo III - Parte A)	191
B	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas - Plano de Tierra - Sistema de Tierra - Pozos Tierra (Anexo III - Parte A)	192
C	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas - Detalle de Conexión (Anexo III - Parte A)	193
D.1	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas - Soporte tipo C para el Electrodo Superior del Pararrayos (Anexo III - Parte A)	194
D.2	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas - Soporte tipo A para el Electrodo Superior del Pararrayo (Anexo III - Parte A)	195
D.3	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas - Soporte tipo B para el Electrodo Superior del Pararrayo (Anexo III - Parte A)	196
E	Estación Típica con Torre de 10 metros - Cabina y Panel Solar (Anexo III - Parte A)	197
F	Corte Transversal del Pozo de Tierra (Anexo III - Parte A)	198
2.1	Comparación de S/N (1) (Anexo III - Parte B)	209

<u>Figura</u>		<u>Pág.</u>
2.2	Comparación de S/N (2) (Anexo III - Parte B)	209
s/n	Multiplexión en PCM (Anexo III - Parte B)	210
s/n	Estructura de la Trama (Anexo III - Parte B)	211
s/n	Recomendación CCIR - Rce 283 - 4 Banda de 2 GHz para 60 - 300 CH - 1700 - 2300 MHz (Anexo III - Parte B)	212
s/n	Jerarquía Digital propuesta en cada País - NEC (Anexo III - Parte B)	213
s/n	Configuración General - NEC (PCM Multiplex Sys- tem)	214

RELACION DE CUADROS

<u>Cuadro</u>		<u>Pág.</u>
II .1	Cálculo de Propagación - S.E. Huancavelica - C° Piscapucro	48
II .2	Cálculo de Propagación - C° Piscapucro - C° Atocpunta	49
II .3	Cálculo de Propagación - C° Atocpunta - P. Ta blachaca	50
II .4	Cálculo de Propagación - C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi	51
II .5	Cálculo de Propagación - C° Quinsa Chumpi - S.E. Campo Armiño	52
II .6	Cálculo de Propagación - C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución	53
II .7	Cálculo de Propagación - C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro	54
II .8	Cálculo de Propagación - C° Quinsa Chumpi - C° Llamahuaqui	55
II .9	Cálculo de Propagación - C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi	56
II .10	Cálculo de Propagación - C° Llamahuaqui - En- tel Perú Huancayo	57
VI.1	Presupuesto Estimado de Inversión del Proyecto	140-141
VI.2	Equipamiento Requerido	142-143
VI.3	Costos Unitarios y Totales	144
VI.4	Costo Total del Sistema	145-146

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

El presente trabajo tiene por objeto precisar criterios y definir los requerimientos para atender la implementación de los equipos de Telecomunicaciones y equipos especiales incluidos dentro del proyecto de la Línea de Transmisión Mantaro-Lima.

La necesidad del sistema SHF no solo es de carácter de comunicaciones telefónicas sino también es necesario para los equipos de On da Portadora, Teleprotección, Telemando, Telecontrol, por lo que este Sistema se hace necesario e imprescindible, sobre todo para mejorar la confiabilidad de la operación del sistema eléctrico en casos de fallas de los enlaces a equipos antes mencionados.

Este sistema de comunicación a emplear de Radio Multicanal SHF a diferencia de otros, tiene la ventaja de no prescindir de líneas físicas como medio de comunicación, ya que lo hace a través del espacio libre garantizando un medio de transmisión muy seguro y confiable, además de disponer de todo su ancho de banda y directividad del haz Radioeléctrico por lo que es usado en muchos campos de las telecomunicaciones.

La construcción de la Línea de Transmisión 220 Kv. Mantaro - Lima, resulta de la necesidad de reforzar el Sistema de Transmisión del Sistema Interconectado de la Región Central del Perú, habida cuenta de la puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica del Mantaro (3a. Etapa del Mantaro) que aporta 217 Mw adicionales al Sistema Interconectado y sirve además para dar seguridad de servicio a la Transmisión de Energía hacia la ciudad de Lima.

El Sistema Interconectado del Centro comprende a: Las redes de Transmisión en alta tensión (220 y 138Kv) asociadas a la Central Hidroeléctrica del Mantaro - Central Hidroeléctrica de Restitución, la Red de Interconexión Electrolima S.A., así como el Sistema Eléctrico de la Empresa Minera del Centro (Centromin Perú S.A.)

La construcción de la nueva Línea de Transmisión requerirá de la ampliación de los equipos de Telecomunicaciones para atender los requerimientos de su operación y seguridad, así como el reforzamiento de los servicios de telecomunicaciones que garanticen una óptima operación del Sistema Interconectado Centro.

Adicionalmente, dispositivos tan importantes como redes de protección en los equipos de alta tensión y equipos que ayuden en la tarea de la explotación, como son los registradores de falla denominados también oscilos-perturbógrafos destinados al análisis y estudio de las aperturas intempestivas de los interruptores, frecuentes en la Zona de la Sierra del Perú, debido a las grandes alturas y a sus particulares condiciones climáticas se requieren como elementos indispensables de las líneas de transmisión de 220 Kv.

La construcción de la Línea de Transmisión Mantaro-Lima cuenta con financiamiento parcial para su construcción faltando cubrir entre otros, los puntos que deberán destinarse a los equipos aquí señalados, necesarios para asegurar la operatividad y seguridad de la nueva línea de Transmisión y de las instalaciones de potencia asociadas.

Para el propósito señalado, el presente trabajo se desarrolla en seis capítulos, los cuales se describen en forma detallada: El capítulo I, hace una descripción general del proyecto, explicándose los objetivos, alcances y descripción suscita del sistema de la red troncal de microondas a utilizar.

Adicionalmente el fundamento teórico de la metodología empleada, plan de canalización y métodos de selección y descripción de rutas además de las experiencias de campo completan este capítulo.

El capítulo II, designado a detallar el plan de trabajo concierne a tratar sobre los pormenores del proyecto en base a estudios de prospección de rutas y lugares adecuados que conformen la red troncal, así como perfiles de los lugares a enlazar, y cálculos



de propagación de Radioenlaces. Cabe mencionar que el proyecto se enfoca para su aplicación en el Sistema Digital y Analógico.

El capítulo III, trata sobre el Diseño de Radioenlaces como complemento al capítulo II, contando para ello con los estudios descriptivos de los lugares elegidos y teniendo en cuenta además las consideraciones digitales en los cálculos de propagación.

El capítulo IV, está designado para tratar la Ingeniería del Proyecto, básicamente en lo que se refiere a la conformación de las redes, plan de frecuencia y especificaciones de los lugares a enlazar esto incluye todas las consideraciones de cálculo cuyos resultados son mostrados en Cuadros.

Para detallar el costo del presupuesto considerado del proyecto así como las Especificaciones Técnicas del equipamiento necesario a utilizar se ha considerado los capítulos V y VI respectivamente.

## C A P I T U L O I

### 1.0 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO - ALCANCES

1.1 Objetivo.- El objetivo del presente trabajo es precisar los criterios de diseño y además definir los requerimientos a los que debe satisfacer las microondas para el Sistema Interconectado Centro, mediante enlace multicanal entre las Subestaciones de San Juan en el Departamento de Lima y Huancavelica en el Departamento de Huancavelica con puntos intermedios con Entel Perú de Huancayo, con el fin de llevar los canales telefónicos a las distintas instalaciones ubicadas a través de la ruta de la Línea de Transmisión Mantaro - Lima.

Para la operación, los canales pueden ser utilizados independientemente semejando a una Línea Telefónica con la ventaja de poder ser convertidos de dos hilos a cuatro hilos; también poseen la capacidad de señalización entre un punto y otro.

La estructura principal del sistema consiste en equipos de microondas con puntos terminales en: Subestación de Huancavelica, Presa de Tablachaca, Subestación Campo Armaño, Casa de Máquinas de Restitución, Casa de Máquinas Mantaro, Subestación de Huayucachi y Entel Perú de Huancayo prosiguiendo desde este punto hasta la Subestación de San Juan en Lima; y con puntos de repetición: Cerro Piscapucro, Cerro Atocpunta, Cerro Quinsa Chumpi y Cerro Llamahuaqui.

En la figura IV.1 se puede observar la posición geográfica de los lugares y sitios a considerar.

1.2 Antecedentes.- Teniendo en cuenta el crecimiento del Siste

ma Interconectado Centro, es absolutamente necesario contar con una Red de Telecomunicaciones altamente confiable, redundante y flexible para satisfacer los requerimientos de canales de comunicación necesarios habida cuenta que la infraestructura actual de telecomunicaciones para la operación y administración del SIC está basado fundamentalmente en equipos de onda portadora, los cuales proveen los servicios de telefonía, transmisión de datos y teleprotección.

Por la naturaleza misma de la transmisión de onda portadora, que utilizan las líneas de alta tensión como medio de transmisión; se encuentra que ellas, están restringidas a un espectro de frecuencias limitado y la reutilización de las frecuencias se complican debido a los problemas de interferencia al considerarse los tramos vecinos de las líneas de alta tensión en los cuales se intenta reutilizar las frecuencias.

Para ello se requerirá implementar una red de microondas propias del sistema, la cual nos permitirá una flexibilidad y expandibilidad adecuadas, de manera que constituya el soporte principal para la operación del sistema que de otro modo sería limitado a los reducidos servicios que serán pronto insuficientes, sobre todo cuando deba operar el Centro de Despacho; el cual, necesariamente requiere de una red de comunicaciones redundante de alta confiabilidad y extrema flexibilidad.

Por lo anteriormente expresado, esta red de comunicaciones deberá implementarse antes que el proyecto del Centro de Despacho pues ello, será el complemento indispensable de dicho proyecto.

Además es preciso indicar que en los primeros estudios del proyecto del centro de despacho, se consideró la utilización de la red de microondas de Entel Perú S.A., con una



Red adicional de enlaces secundarios de UHF para lograr la interconexión con la red troncal, pero esta posibilidad se desestimó, teniendo en cuenta que nuestros Centros de Generación (Mantaro, Restitución, Cahua, Huallanca, Carhuaque-ro, Sheque etc.) y de distribución de energía (Subestaciones de 138 y 220 Kv), están localizados en lugares distantes y fuera de los centros urbanos. Por consiguiente, se tomó en consideración las necesidades de toma de datos hidrológicos de la cuenca del Mantaro y otros, información que en forma centralizada es de vital importancia para el despacho hidráulico.

También cabe indicar que esta red será el soporte para nuestras radios comunicaciones de vehículos (Radiomóvil) de inspección y mantenimiento de la Línea de Transmisión y que nuestro Sistema Interconectado cuenta con una red de comunicación independiente del Sistema Eléctrico, para de este modo lograr la confiabilidad que la operación y despacho modernos requieren, de otro modo, consideramos que la prestación del servicio eléctrico con el paso de los años desmejorará notoriamente.

Por lo tanto la red de microondas que se propone implementar es de baja capacidad, si consideramos que debe ser una red privada de Electro Perú S.A., por razones de seguridad, confiabilidad y de crecimiento futuro de acuerdo a las necesidades de comunicación cada vez más necesarias y urgentes.

Estas consideraciones son las que han llevado a la mayoría de Empresas de Electricidad del Mundo a desarrollar sus redes propias de comunicaciones por las características particulares que sus necesidades requieren y que son de gran importancia.

En el Perú, Empresas como Electrolina, Centromín Perú, Pe-

tro Perú, Belco Petroleum Co., cuentan con redes de microondas privadas para propósitos de comunicaciones de voz y datos.

Es preciso señalar que la red de microondas de Entel Perú S.A., actualmente nos presta servicios de comunicación telefónica y de télex en todo el país, para el caso de las Regionales de distribución se utilizará muy pronto, terminales de computación para fines administrativos contables.

1.3 Generalidades del Proyecto.- El Sistema de microondas deberá tener los canales necesarios para:

- Transmisión de Voz
- Transmisión de Datos
- Transmisión de Télex y/o Facsímile
- Transmisión de señales de Teleprotección

1.4 Descripción del Sistema y Equipamiento Requerido.- El número de enlaces de onda portadora actualmente instalados en la Región Central del País, así como la configuración mallada de las líneas de alta tensión, hacen cada vez más difícil la asignación de nuevos canales de onda portadora.

Todas las comunicaciones para la supervisión y operación descansan en los enlaces de onda portadora, no contándose hasta el momento con vías de respaldo que aseguren la continuidad de las comunicaciones por una vía distinta a la señalada. El Centro de Despacho de la región central del país, próximo a construirse, por las tareas que tiene asignado relacionadas con el control, la supervisión y otras de alto nivel, requiere de vías de comunicación confiables.

En razón a lo concernientemente expuesto ElectroPerú S.A., tiene previsto continuar próximamente con el planteamiento de una red de radioenlaces direccionales que alcancen a

las instalaciones del Sistema Interconectado. El estudio debe comprender la evaluación de los enlaces, la estructura de la red de transmisión, estudios de gabinete y de campo para verificar la estructura de la red, definición del equipamiento de cada una de las estaciones. Asimismo, se estudiarán las obras civiles que requieran la infraestructura de las estaciones, como son: Caminos de Acceso, Casetas, Fundaciones y Estructuras de soportes para antenas.

Deberá evaluarse la oportunidad de la construcción de los diversos enlaces, y la relación: Costo de Inversión/Beneficios, para comparar las diferentes alternativas de equipamiento.

#### Cobertura de la Red de Radio Multicanal SHF:

- . 11 Estaciones - 7 estaciones terminales  
- 4 estaciones repetidoras
- . Confiabilidad del 99.99%
- . Número de canales requeridos, distribuidos de acuerdo a la siguiente Tabla:

	S.E. HUANCAVELICA	PRESA TABLACHACA	C.M. MANTARO	C.M. RESTITUCION	S.E. CAMPO ARMIÑO	S.E. HUAYUCACHI	ENTEL PERU HUANCAYO	TOTAL N° DE CANALES
S.E. HUANCAVELICA	-	2	2	-	2	2	2	10
PRESA TABLACHACA	2	-	6	2	2	2	2	16
C.M. MANTARO	2	6	-	6	2	6	6	28
C.M. RESTITUCION	-	2	6	-	2	-	6	16
S.E. CAMPO ARMIÑO	2	2	2	2	-	6	6	20
S.E. HUAYUCACHI	2	2	6	-	6	-	6	22
ENTEL PERU HUANCAYO	2	2	6	6	6	6	-	28

Para estos enlaces se tomará como base la infraestructura de la red de radiomóviles VHF - UHF en Operación y la red de repetidoras del sistema de Televisión existente en la Zona Central correspondiente a Electro Perú S.A.

Cabe mencionar que se ha elegido un sistema con capacidad de 120 canales, con la finalidad de proyectar y extender la red privada hacia el Centro de Despacho que estará ubicado en la Subestación de San Juan en la ciudad de Lima . Para una mejor apreciación se muestra esquemáticamente dicha red en la figura II.2.

- . Banda de Frecuencia de 2.0 GHz
- . Entre las Estaciones Terminales tenemos:
  - S.E. Huancavelica
  - Presa Tablachaca
  - C.M. Mantaro
  - C.M. Restitución
  - S.E. Campo Armiño
  - S.E. Huayucachi
  - Entel Perú Huancayo
- . Entre las Estaciones Repetidoras tenemos:
  - C° Piscapucro
  - C° Atocpunta
  - C° Quinsa Chumpi
  - C° Llamahuaqui
- . Utilización de los Canales:
  - Telefonía : De acuerdo a las necesidades de información que se quiera transmitir, ya sea para Operación y/o Administración.
  - Datos : Comunicación hacia el centro de control de San Juan en el cual se utilizará uno y/o dos canales de voz en previsión a la utilización de velocidades mayores de transmisión de información y necesidad requerida en las sedes administrativas.



Télex y/o

Facsímile : - Para la transmisión de dicha información se utilizará un canal de voz en lo que se refiere a Facsímile.

- Para la transmisión de Télex se utilizará la banda de 2200 a 3400 Hz, por lo tanto, se requerirán filtros para un canal de voz en los enlaces de radio de las estaciones terminales hacia el centro de control en San Juan. Este servicio por ser canal de baja velocidad se puede compartir con el de Telefonía.

Teleprotección

: Las señales de Teleprotección serán transmitidas en la banda de voz siguiendo en necesidad al igual que el servicio Télex contando para ello con los dispositivos imprescindibles para la seguridad de las instalaciones de potencia que están constituidos por los distintos relés de protección destinados a detectar las fallas en los circuitos de potencia, para ordenar y supervigilar luego la secuencia lógica que conduzca a la apertura del interruptor de manera de eliminar los efectos de la falla.

## 1.5 Reconocimiento de la Zona

### 1.5.1 Metodología empleada

Para llevar adelante este propósito, se realizaron viajes de coordinación tomando en cuenta la cooperación técnica de especialistas de la empresa de Electricidad del Perú y personal de la firma Brown Boveri.

El primero, para efectuar visitas de reconocimiento a las distintas dependencias de Electro Perú S. A.

que deben ser servidas y ubicar las estaciones de retransmisión, a manera de conocer la realidad geográfica y optimizar los cálculos, asimismo para verificar las cotas de las alturas de los posibles lugares de retransmisión y comprobar la existencia de línea de vista hacia los centros de generación y distribución.

El segundo, para completar el reconocimiento de los demás lugares posibles para la conformación de la red de repetidoras, así como verificar la existencia de línea de vista entre los puntos a enlazar, registrar cotas de altura para confrontación con los datos proporcionados por las cartas del Instituto Geográfico Militar, determinar los límites de variación de temperatura y humedad relativa.

Luego de los viajes mencionados, las estaciones que están comprendidas dentro de la Red del Proyecto son:

#### 1.- Sub Estación Huancavelica

Departamento : Huancavelica

Provincia : Huancavelica

Se encuentra ubicada al Nor-Este de Huancavelica a la altura del Km. 2.5 de la carretera Huancavelica Lircay, a una altura de 3,715 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 56' 39"

Latitud Sur : 12° 46' 53"

El terreno es parte de las tierras denominadas frias pata, de las comunidades campesinas Huaylacucho y Santa Ana. Tienen como principal objetivo cubrir la creciente demanda de energía en la zona, sustituyendo la Energía producida térmicamente por Energía Hidroeléctrica.

2.- Represa Tablachaca

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Se encuentra ubicada en la Región Central del Perú, a una altura de 2,790 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 47' 15"

Latitud Sur : 12° 27' 40"

El acceso a la Zona se realiza por medio de la carretera Lima-Huancayo-Izcuchaca-Tablachaca , con un recorrido total de 420 Km.

3.- Subestación Campo Armiño

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Se encuentra ubicado muy próximo al campamento Villa Azul, al este del C° Quinsa Chumpi que es punto de retransmisión, a una altura de 2,085 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 38' 56"

Latitud Sur : 12° 21' 14"

4.- Casa de Máquinas de Restitución

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Parte integral de la Central Hidroeléctrica Restitución diseñada para generar 217,000 Kw, se ubica en la Región Central del Perú, en el corazón de los Andes a una altura de 1,800 m. s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 38' 43"

Latitud Sur : 12° 20' 43"

El área se encuentra aproximadamente a 160 Km. de la ciudad de Huancayo y a 460 Km. de Lima ,

desarrollándose entre los Valles de los ríos Colcabamba y Mantaro.

5.- Casa de Máquinas Mantaro

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Parte integral de la Central Hidroeléctrica del Mantaro obra de desarrollo y fuente generadora de un gran potencial eléctrico, ubicado en la Región Central del Perú a una altura de 1,900 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 39' 19"

Latitud Sur : 12° 21' 01"

6.- Subestación Huayucachi

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Se encuentra ubicado al Sur de la ciudad de Huancayo a la altura del Km. 7 de la carretera a Pampas, a una altura de 3,180 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 75° 13' 22"

Latitud Sur : 12° 7' 37"

Su objetivo es cubrir la creciente demanda de energía en la zona.

7.- Entel Perú Huancayo

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Se encuentra ubicado en el centro de la ciudad de Huancayo, a una altura de 3,273 m.s.n.m. sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 75° 12' 31"

Latitud Sur : 12° 03' 51"



Punto importante del proyecto, ya que servirá como nexo para canalizar toda la información proveniente de los centros de generación y distribución de la Zona Central hacia la Subestación de San Juan en Lima y viceversa.

## C A P I T U L O   I I

### 2.0 PROSPECCION DE RUTAS Y CALCULOS DE RADIOENLACES

#### 2.1 Introducción

En este capítulo se detalla el procedimiento de selección de los sitios y/o lugares escogidos determinados para evaluar los resultados obtenidos de los cálculos de propagación del Proyecto de la Región Centro correspondiente a los centros de generación y distribución de energía contemplados en el área de influencia de la L.T. Mantaro - Lima. Asimismo se detallan los lugares de ubicación en los mapas del IGM como también los perfiles de los tramos a enlazar y que han servido para denotar la línea de vista y cálculos efectuados.

#### 2.2 Enlaces considerados

Los enlaces considerados son los siguientes:

S.E. Huancavelica - C° Piscapucro	SHF
C° Piscapucro - C° Atocpunta	SHF
C° Atocpunta - Presa Tablachaca	SHF
C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi	SHF
C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro	SHF
C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución	SHF
C° Quinsa Chumpi - S.E. Campo Arriño	SHF
C° Quinsa Chumpi - C° Llamahuaqui	SHF
C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi	SHF
C° Llamahuaqui - Entel Perú Huancayo	SHF

El mapa de ubicación del proyecto así como los lugares considerados del mismo se muestra en la figura II.1.

### 2.3 Esquema de la Red

En la figura II.2 se muestra el diagrama general de la red (esquema de canalización) del presente trabajo, la cual consta de enlaces de radio SHF.

### 2.4 Coordenadas de las Estaciones

En la figura II.3.1,2 se muestra las coordenadas de cada estación, ángulos azimutales y distancia de los radioenlaces considerados en el presente trabajo.

### 2.5 Detalle de la Ubicación de las Estaciones

Para facilitar la ubicación de los lugares elegidos de las estaciones repetidoras y terminales se incluyen los croquis de ubicación consignados en las cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1/100,000, los cuales se muestran en las figuras II.4.1, 10. También cabe mencionar que en este acápite se ha tomado en consideración la situación real de los caminos existentes, sus rutas de acceso y mantenimiento de las mismas.

### 2.6 Perfiles de los tramos de Radioenlaces

En las figuras II.5.1, 10 se muestran los perfiles de los radioenlaces del proyecto que han sido trazados y corregidos para valores de  $K=4/3$ , así como la confirmación de la línea de vista estimando el margen libre sobre obstáculo. Además se detalla a continuación las Estaciones que están comprendidas dentro de la Red del Proyecto:

#### Sub-Estación Huancavelica

Departamento : Huancavelica

Provincia : Huancavelica

Se encuentra ubicada al Nor-Este de Huancavelica a la altura del Km. 2.5 de la carretera Huancavelica - Lircay, a una altura de 3,715 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste :  $74^{\circ} 56' 39''$

Latitud Sur : 12° 46' 53"

El terreno es parte de las tierras denominadas friaspata , de las comunidades campesinas Huaylacucho y Santa Ana. Tienen como principal objetivo cubrir la creciente demanda de energía en la Zona, sustituyendo la energía producida térmicamente por Energía Hidroeléctrica.

#### Represa Tablachaca

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Se encuentra ubicada en la Región Central del Perú, a una altura de 2,790 m.s.n.m, sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 47' 15"

Latitud Sur : 12° 27' 40"

El acceso a la Zona se realiza por medio de la carretera Lima - Huancayo - Izcuchaca - Tablachaca con un recorrido total de 420 Km.

#### Sub-Estación Campo Armiño

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Se encuentra ubicado muy próximo al Campamento Villa Azul, al este del C° Quinsa Chumpi que es punto de retransmisión, a una altura de 2,085 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 38' 56"

Latitud Sur : 12° 21' 14"

#### Casa de Máquinas Restitución

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Parte integral de la Central Hidroeléctrica Restitución diseñada para generar 217,000 Kw se ubica en la Región Central del Perú, en el corazón de los Andes a una altura de 1,800 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 38' 43"

Latitud Sur : 12° 20' 43"

El área se encuentra aproximadamente a 160 Km. de la ciudad de Huancayo y a 460 Km. de Lima, desarrollándose entre los Valles de los ríos Colcabamba y Mantaro.

#### Casa de Máquinas Mantaro

Departamento : Huancavelica

Provincia : Tayacaja

Parte integral de la Central Hidroeléctrica del Mantaro obra de desarrollo y fuente generadora de un gran potencial eléctrico, ubicado en la Región Central del Perú a una altura de 1,900 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 74° 39' 19"

Latitud Sur : 12° 21' 01"

#### Subestación Huayucachi

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Se encuentra ubicado al Sur de la ciudad de Huancayo a la altura del Km. 7 de la carretera a Pampas, a una altura de 3,180 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud Oeste : 75° 13' 22"

Latitud Sur : 12° 07' 37"

Su objetivo es cubrir la creciente demanda de energía en la zona.

#### Entel Perú Huancayo

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Se encuentra ubicado en el centro de la ciudad de Huancayo, a una altura de 3,273 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son las siguientes:



Longitud Oeste : 75° 12' 31"

Latitud Sur : 12° 03' 51"

Punto importante del Proyecto, ya que servirá como nexo para canalizar toda la información proveniente de los Centros de Generación y distribución de la zona central hacia la Subestación de San Juan en Lima y viceversa.

#### C° Llamahuaqui

Se encuentra ubicado en la parte Sur-Oeste de la ciudad de Huancayo, a una altura de 4,438 m.s.n.m., y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 75° 12' 45"

Latitud Sur : 12° 11' 33"

En lo que respecta a facilidades de acceso, existe una carretera que permite llegar hasta aproximadamente 3 Km. de distancia del punto deseado, por lo que se tendrá que construir la parte que falta. Desde este punto existe una línea de vista hacia los Cerros Quinsa Chumpi y Atocpunta, por lo que es muy apropiado para ubicar en este lugar el retransmisor.

Referente a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno se puede decir que predominan las lluvias, neblina y las descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta en la instalación de casetas, líneas de transmisión, tipo de torres y antenas, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### C° Quinsa Chumpi

Se encuentra ubicado en la parte Oeste del Campamento de Campo Armiño, a una altura de 3,900 m.s.n.m., y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 74° 41' 34"

Latitud Sur : 12° 21' 47"

Cuenta este punto con una vía de acceso (trocha carrosa-

ble), que permite llegar con movilidad hasta aproximadamente 300 mts. de distancia del punto deseado, se tendrá entonces que mejorar este camino y construir la parte que falta.

Se cuenta además con área suficiente para la instalación de torres y casetas, si se aplana convenientemente la parte alta de este Cerro. Desde este lugar existe línea de vista con los C° Llamahuaqui y Atocpunta, cercanos a la ciudad de Huancayo y Represa de Tablachaca, lo que favorece para elegir este lugar como punto de retransmisión.

Referente a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno se puede decir que predominan las lluvias, neblina y las descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta en la instalación de las casetas, tipo de torres y antenas, líneas de transmisión, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### C° Atocpunta

Se encuentra ubicado a una altura de 4,445 m.s.n.m., y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 74° 48' 55"

Latitud Sur : 12° 24' 55"

En cuanto a facilidades de accesibilidad, cuenta con dos vías de acceso (trochas carrozables), que llegan hasta las proximidades del Cerro en mención, uno de ellos por el camino que va de Tablachaca a Campo Amuño, tomando el desvío en el Paso "El Danubio" (4,180 m.s.n.m.) y otro por la ruta que va de Tablachaca hacia Pampas. En ambos casos se tendría que mejorar estos caminos y construir la parte que falta.

Este Cerro ofrece buenas perspectivas para el enlace con el C° Quinsa Chumpi y con cerros que rodean las ciudades

de Huancayo y Huancavelica.

El área que ofrece este Cerro para construir una caseta con torre arriostrada, es muy limitada, contando solamente con el espacio requerido para la infraestructura existente.

Referente a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno se puede decir que predominan las lluvias, neblinas y las descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta en la instalación de la caseta, tipo de torres y antenas, línea de transmisión, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### C° Piscapucro

Se encuentra ubicado a una altura de 4,575 m.s.n.m. y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 74° 58' 33"

Latitud Sur : 12° 44' 03"

Cuenta este punto con vía de acceso (vía de herradura) que permite llegar con movilidad hasta aproximadamente 200 mts. de distancia del punto deseado, además de existir línea de vista hacia el C° Atocpunta y S.E. Huancavelica, por lo que es apropiado para ubicar una estación repetidora. Se cuenta además con área suficiente para la instalación de torres y casetas.

Con respecto a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno, se puede decir que predominan las lluvias y descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta para la instalación de casetas, torres y antenas, líneas de transmisión, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.



### 2.7 Altura de Torres y Antenas

La altura de torres y antenas están indicadas en la figura IV.13 de la Ingeniería del Proyecto y son el resultado del estudio de prospección realizados en los tramos escogidos y de los cálculos de propagación. Además de tener en cuenta toda la infraestructura existente en el lugar, en cuanto a espacio y dimensión de casetas, cimentación de torres y la capacidad para el montaje de antenas requeridas.

### 2.8 Configuración del Sistema

Tratándose de una red muy importante por la cual van a fluir información técnica que garantice el normal funcionamiento de los principales puntos estratégicos de Electro - Perú; necesitaríamos garantizar un funcionamiento ininterrumpido de esta red de comunicación ante cualquier eventual falla sea natural o humana. En base a lo expuesto anteriormente de manera general diremos que el Sistema recomendado es de tipo 1 + 1, o sea un canal de transmisión dependiente de la alimentación directa de la red de energía eléctrica, el otro canal de reserva estaría dado por un banco de baterías o paneles solares que garanticen la continuidad en el funcionamiento de la red por un período de tiempo apropiado para efectuar cualquier reparación.

### 2.9 Cálculo de Propagación de Radioenlaces

Los cálculos de propagación están considerados en los cuadros II.1 al 10, con equipamiento SHF y cuyas características técnicas consideradas se describe a continuación. Además en la parte de anexos (j) se detallan los procedimientos de los cálculos de propagación seguidos en este proyecto.

#### Equipo SHF - PCM

Rango de Frecuencia	1.7 - 2.3 GHz
Frecuencia de Cálculo	2 GHz

Potencia de Transmisión	27 dBm
Figura de Ruido	8 dB
Sistema de Modulación	4 PSK
Pérdida de Inserción en Tx	4 dB
Pérdida de Inserción en Rx	4 dB
Ganancia de Antena	31 dBi/28 dBi/25 dBi
Atenuación de Cable Coaxial	2.5 dB/100 m
Relación BER s/n	$10^{-6}$
BER del Sistema	$10^{-6}$
Confiabilidad	99.99%

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
 ASUNTO: UBICACION DEL PROYECTO



FIG. II. 1

**PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF**

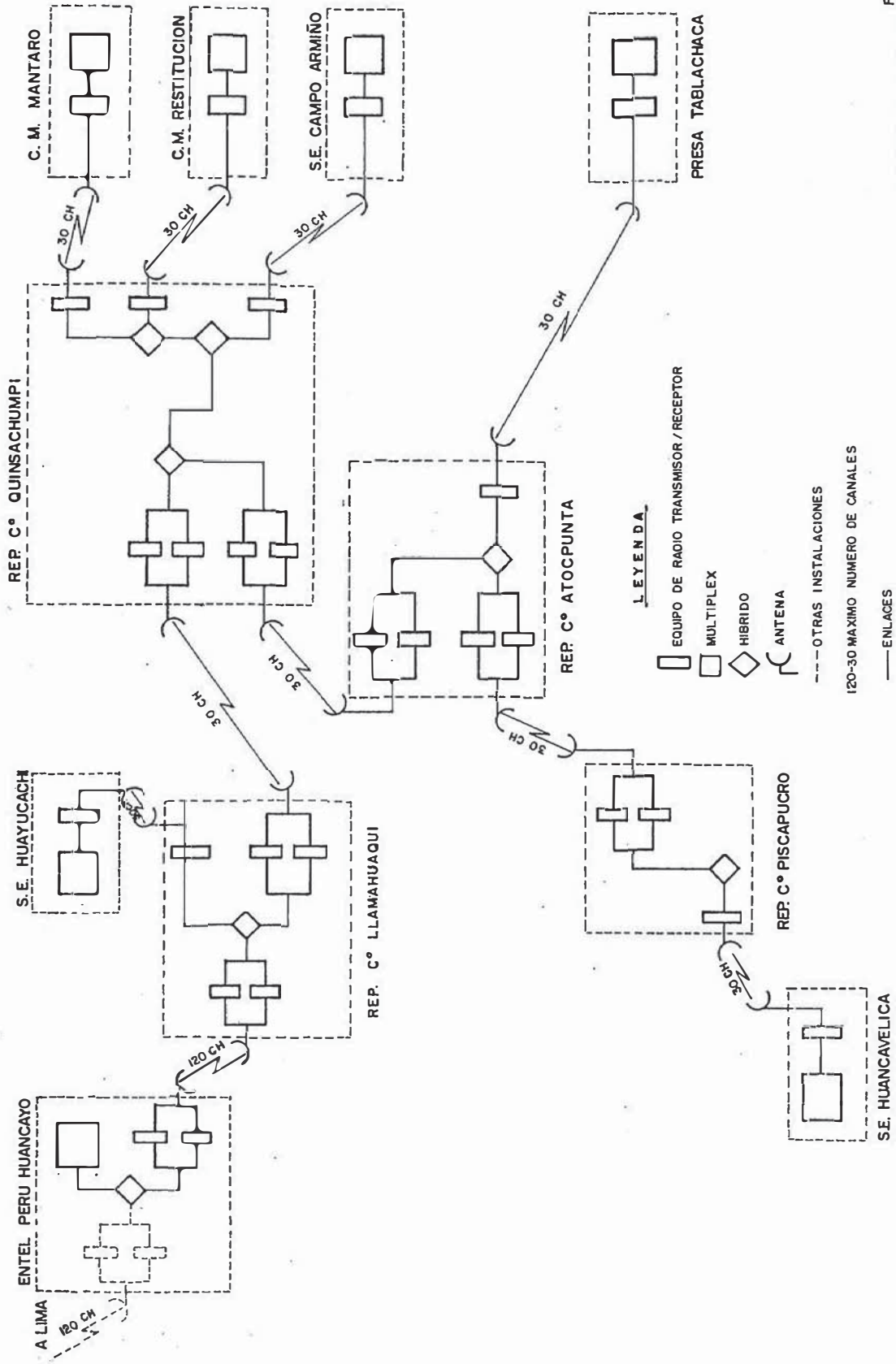


FIG. II. 2

DIAGRAMA GENERAL DE LA RED  
(ESQUEMA DE CANALIZACION)

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

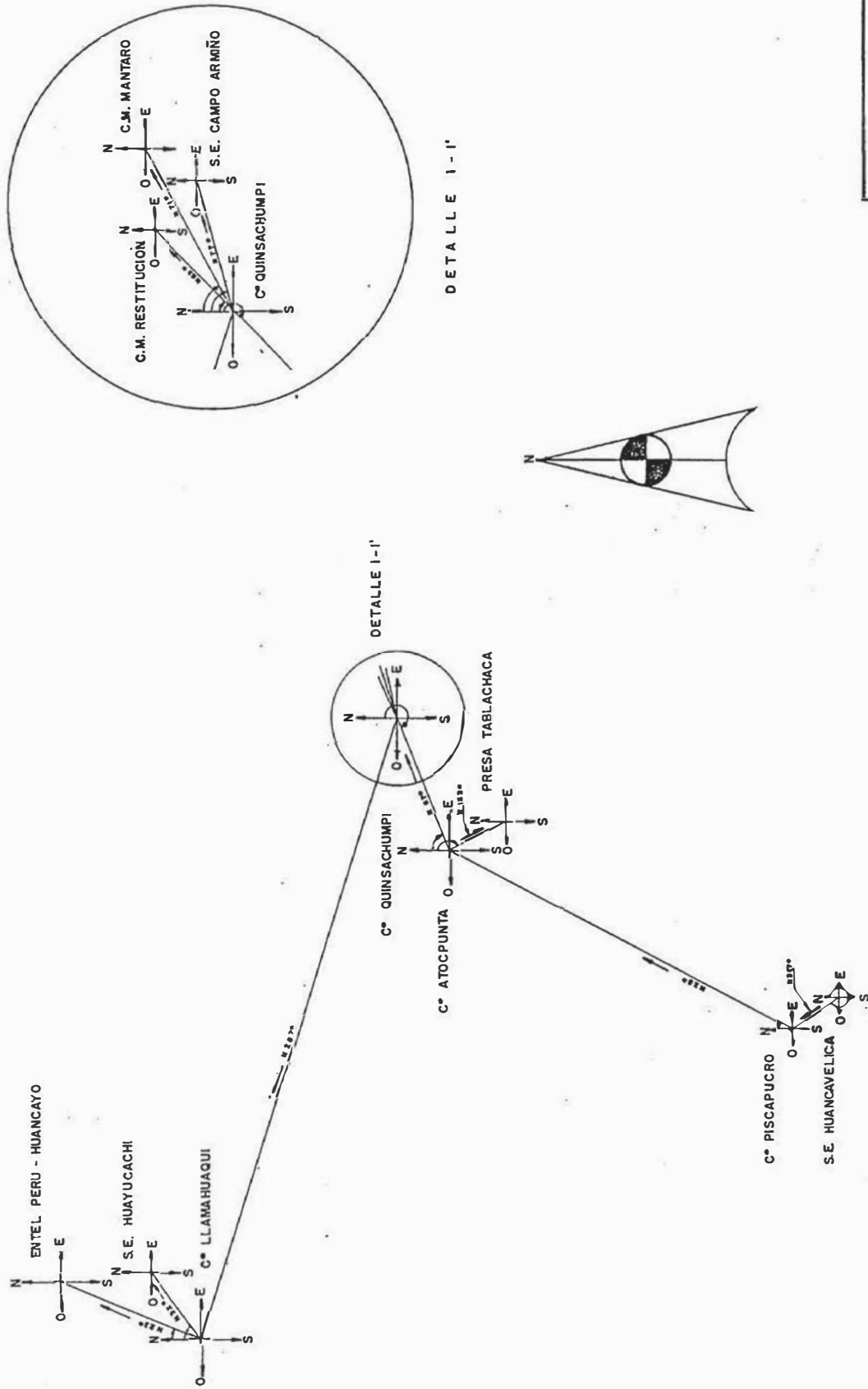


FIG. II.3.1

PLAN DE RUTA SEÑAL S.E. HUANCAMELICA  
 ENTEL PERU - HUANCAYO

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

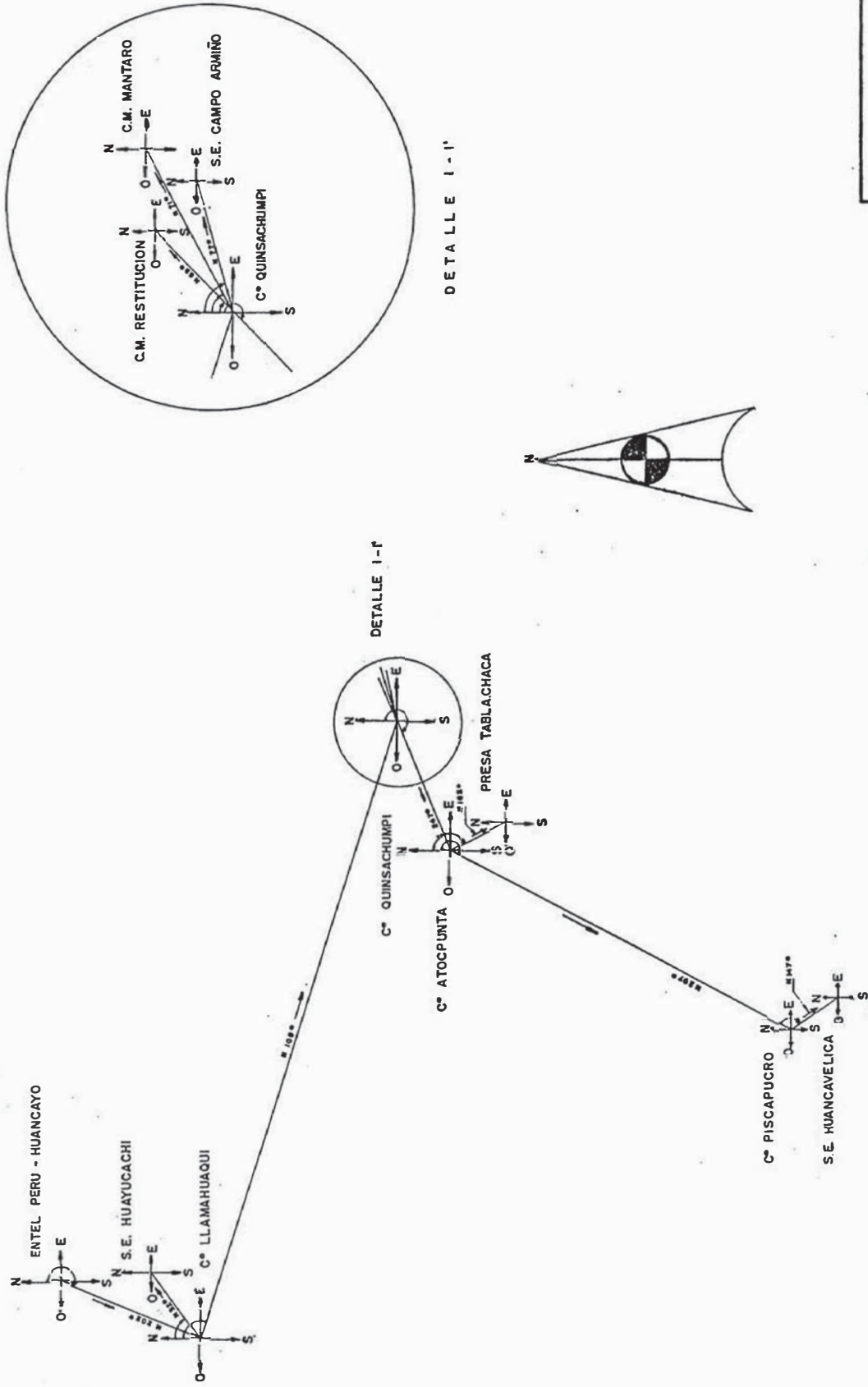


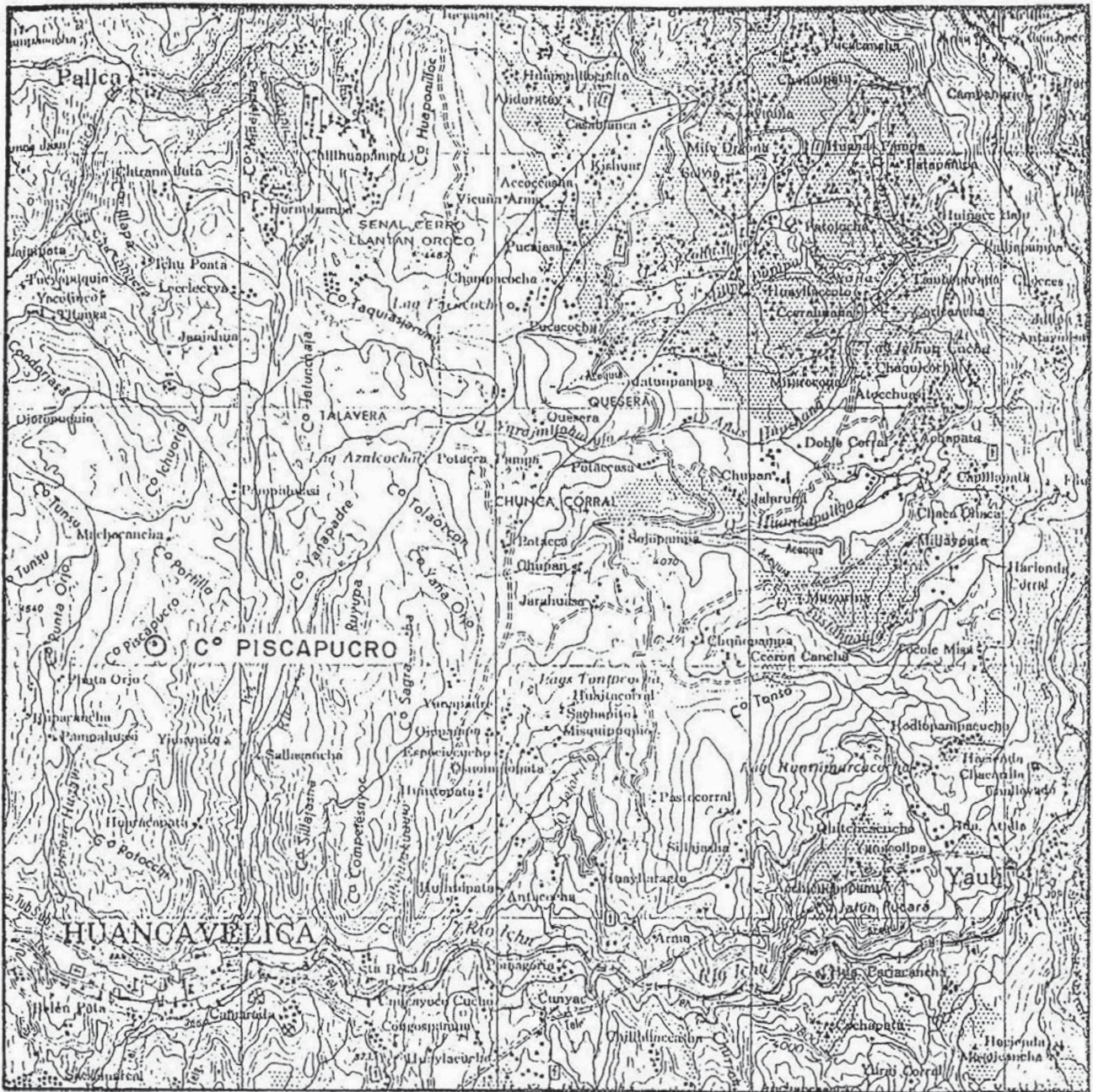
FIG. II . 3.2

PLAN DE RUTA SEÑAL ENTEL PERU  
 HUANCAYO - S.E. HUANCAVELICA









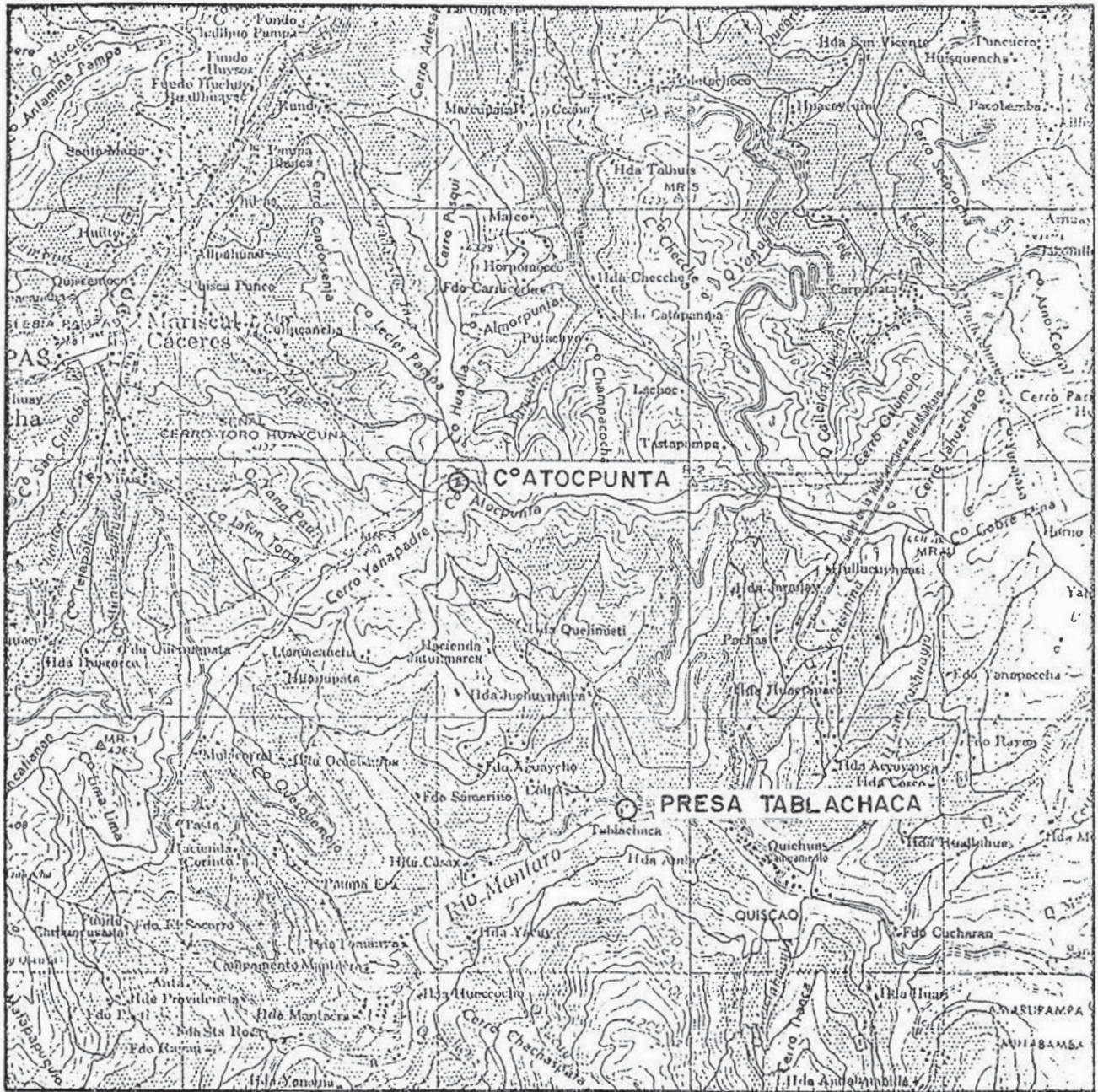
- PISCAPUCRO -

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION  C° PISCAPUCRO - C° ATOCPUENTA
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	HUANCAVELICA - PAMPAS	
CODIGO(S)	26 n - 25 n	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.2





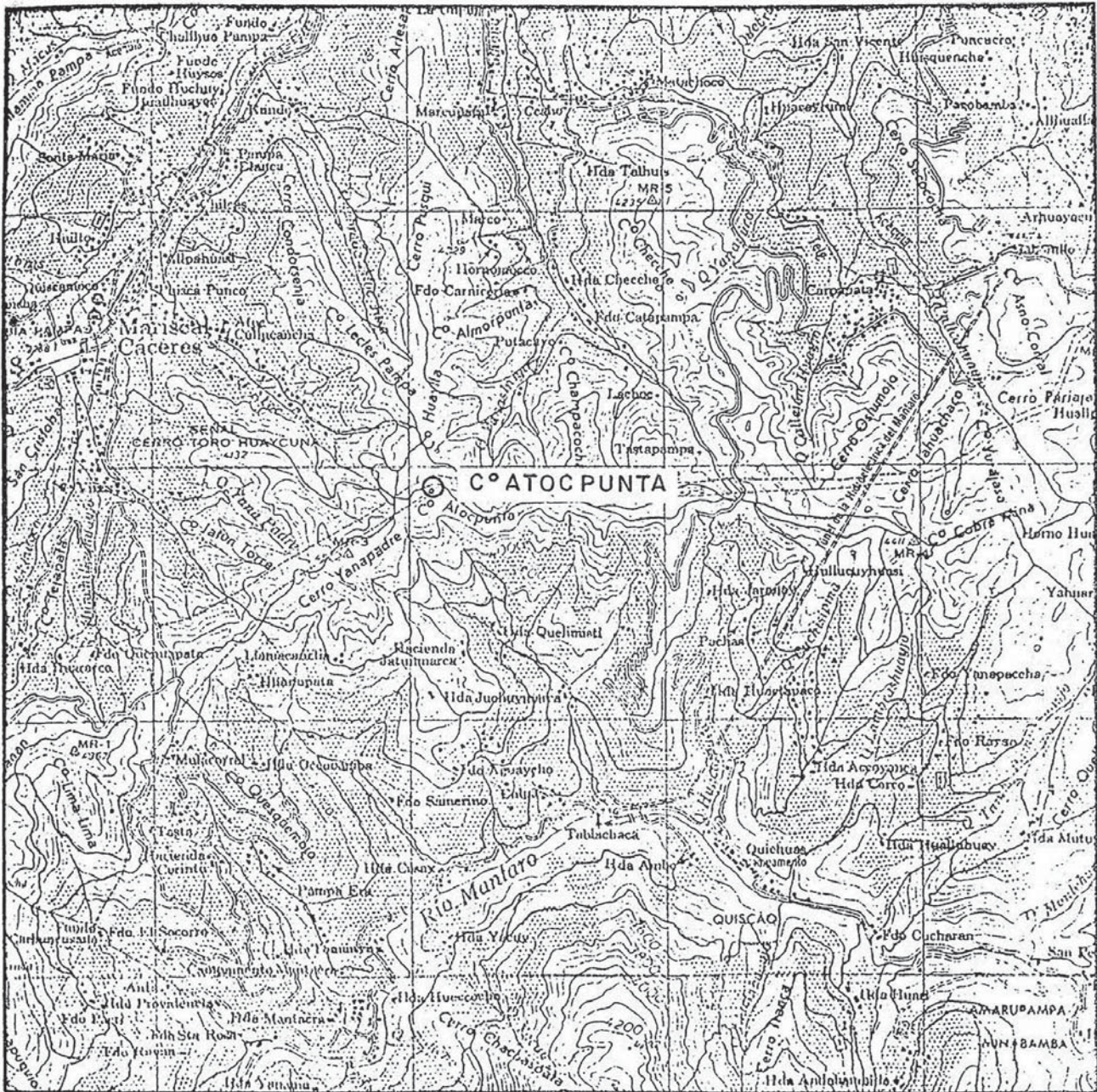
- ATOCPUNTA -

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION  C° ATOCPUNTA - PRESA TABLACHACA
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	PAMPAS	
CODIGO(S)	25 n	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.3





- ATOC PUNTA -

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	PAMPAS	
CODIGO(S)	25 n	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.4





- QUINSA CHUMPI -

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION  C° QUINSA CHUMPI - S.E. CAMPO ARMIÑO
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	PAMPAS	
CODIGO(S)	25 n	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.5





- QUINSA CHUMPI -

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION  C° QUINSA CHUMPI - C.M. RESTITUCION
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	PAMPAS	
CODIGO(S)	25 n	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.6





- QUINSA CHUMPI -

**PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF**

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	PAMPAS	C° QUINSA CHUMPI - C.M. MANTARO
CODIGO(S)	25 n	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.7





- QUINSA CHUMPI -

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

UBICACION DE LA ESTACION

NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)

PAMPAS - HUANCAYO

C° QUINSA CHUMPI - C° LLAMAHUAQUI

CODIGO(S)

25 n - 25 m

ESCALA

1 : 100,000

Fig. II.4.8





- LLAMAHUAQUI -		
PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARÒ-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF		
REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	HUANCAYO	C° LLAMAHUAQUI - S.E. HUAYUCACHI
CÓDIGO(S)	25 m	
	1 : 100,000	

Fig. II.4.9





- LLAMAHUAQUI -

**PROYECTO:** RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

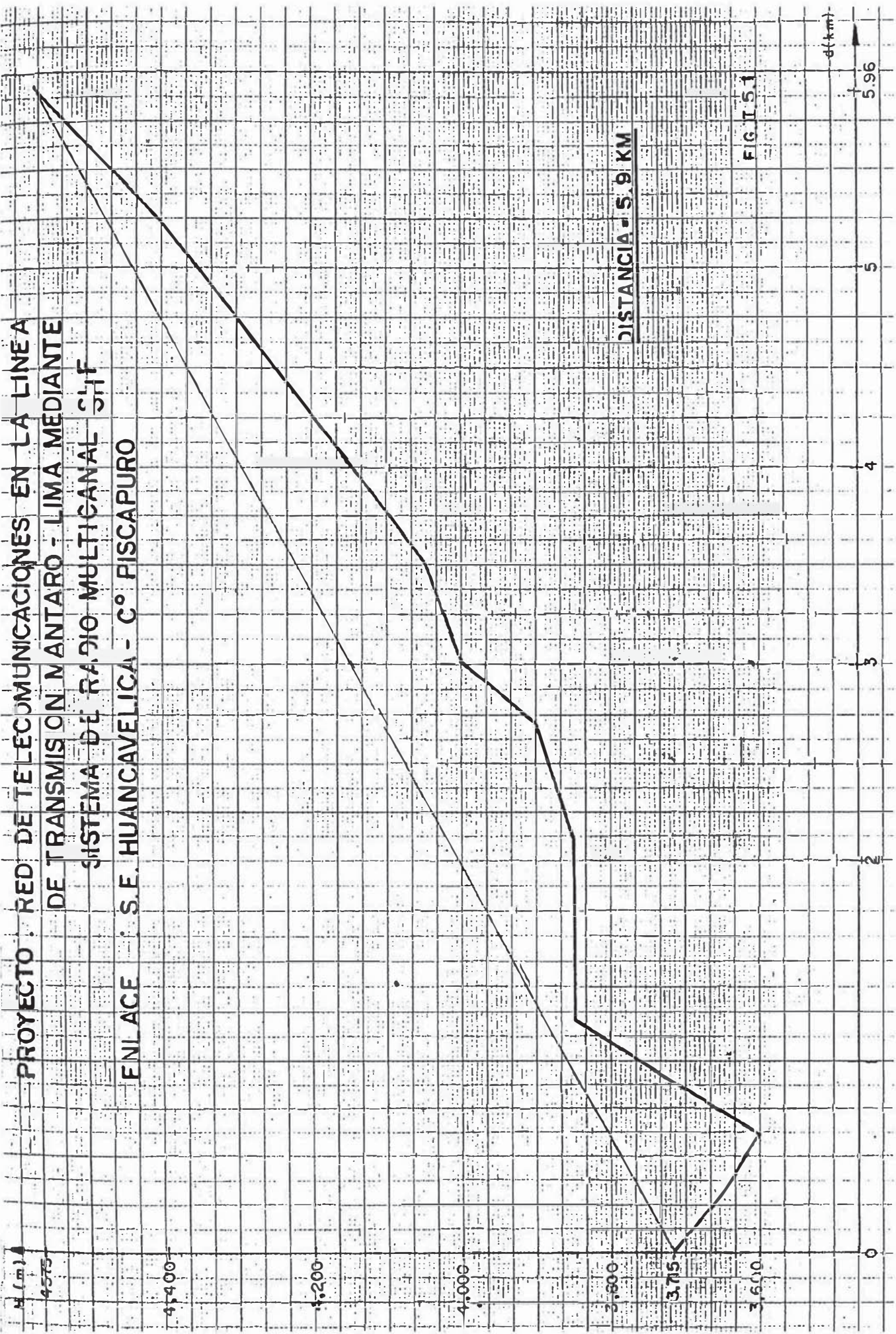
REF. CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		UBICACION DE LA ESTACION
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	HUANCAYO	C° LLAMAHUAQUI - ENTEL PERU HUANCAYO
CODIGO(S)	25 m	
ESCALA	1 : 100,000	

Fig. II.4.10



PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : S.E. HUANCAMELICA - C° PISCAPURO





PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° P SCA UCRC - C° A OCPUNTA

DISTANCIA = 39.25 KM.

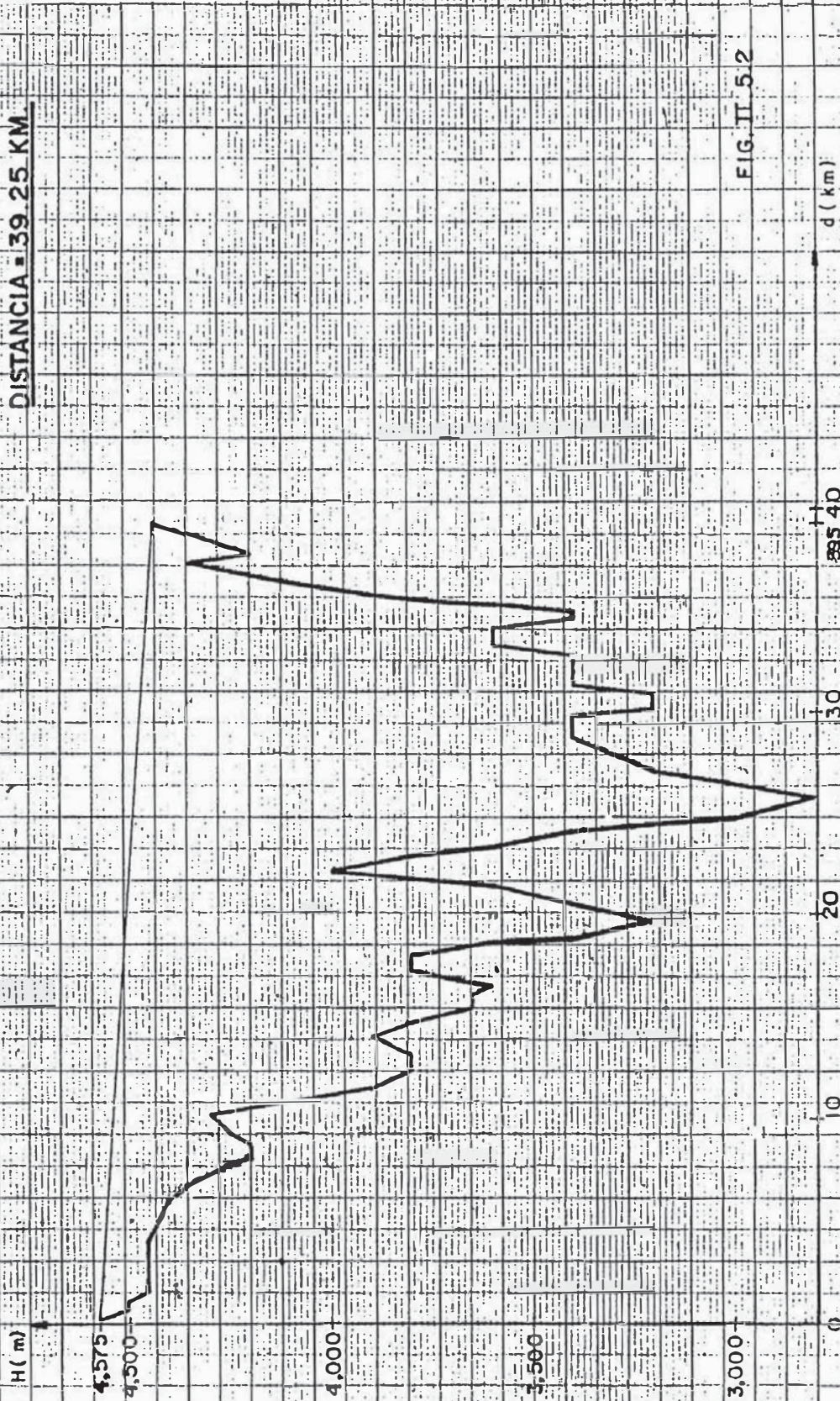


FIG. II. 5.2

$d$  (km)



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
 ENLACE: C° A OCPUNTA - REPRESA TABLACHACA

DISTANCIA = 5.9 KM

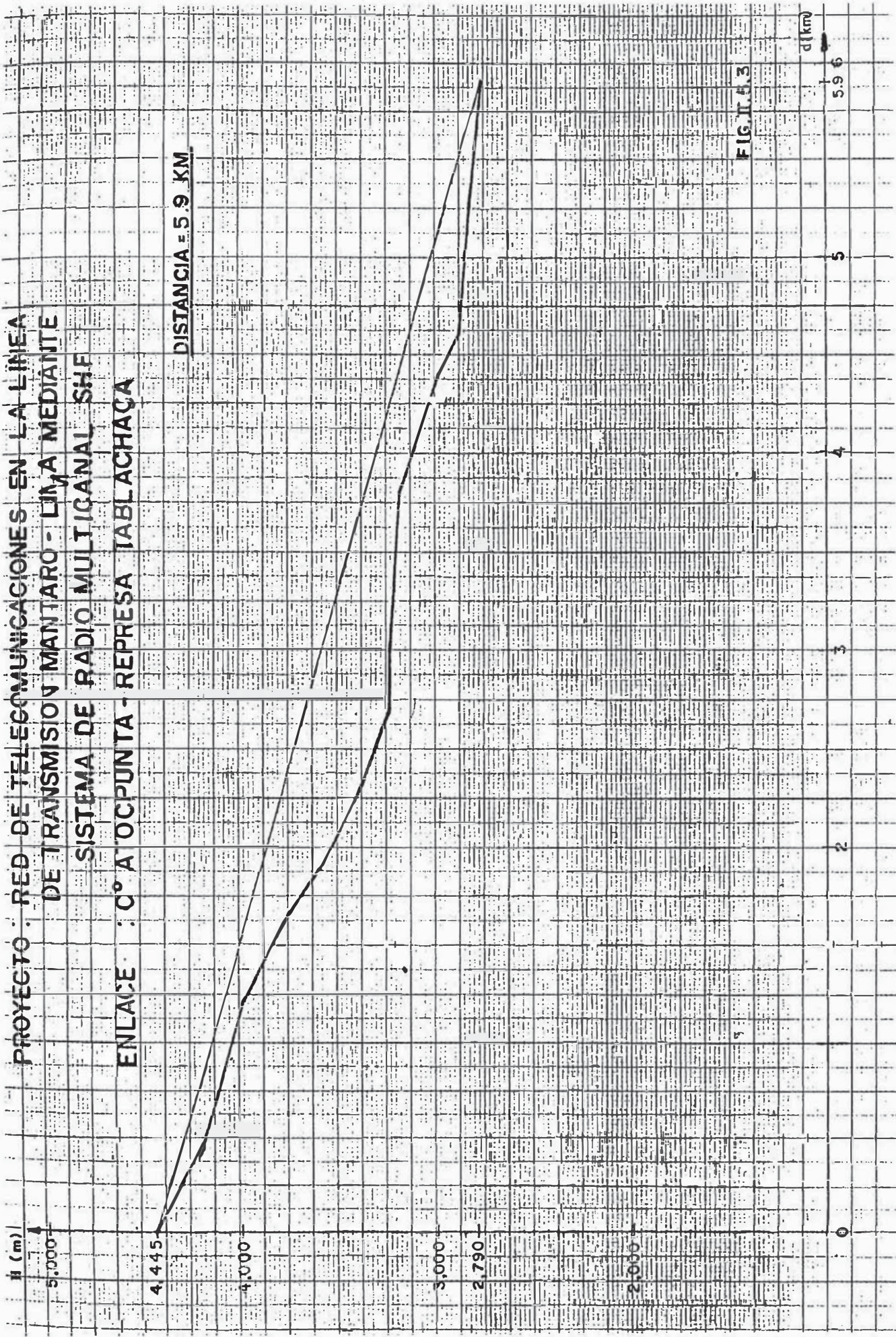


FIG. II. A. 3



PROYECTO RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MULTICANALES SHF

ENLACE : C° ATOC PUNTA - C° QUINSA CUMPI

DISTANCIA = 14.40 KM.

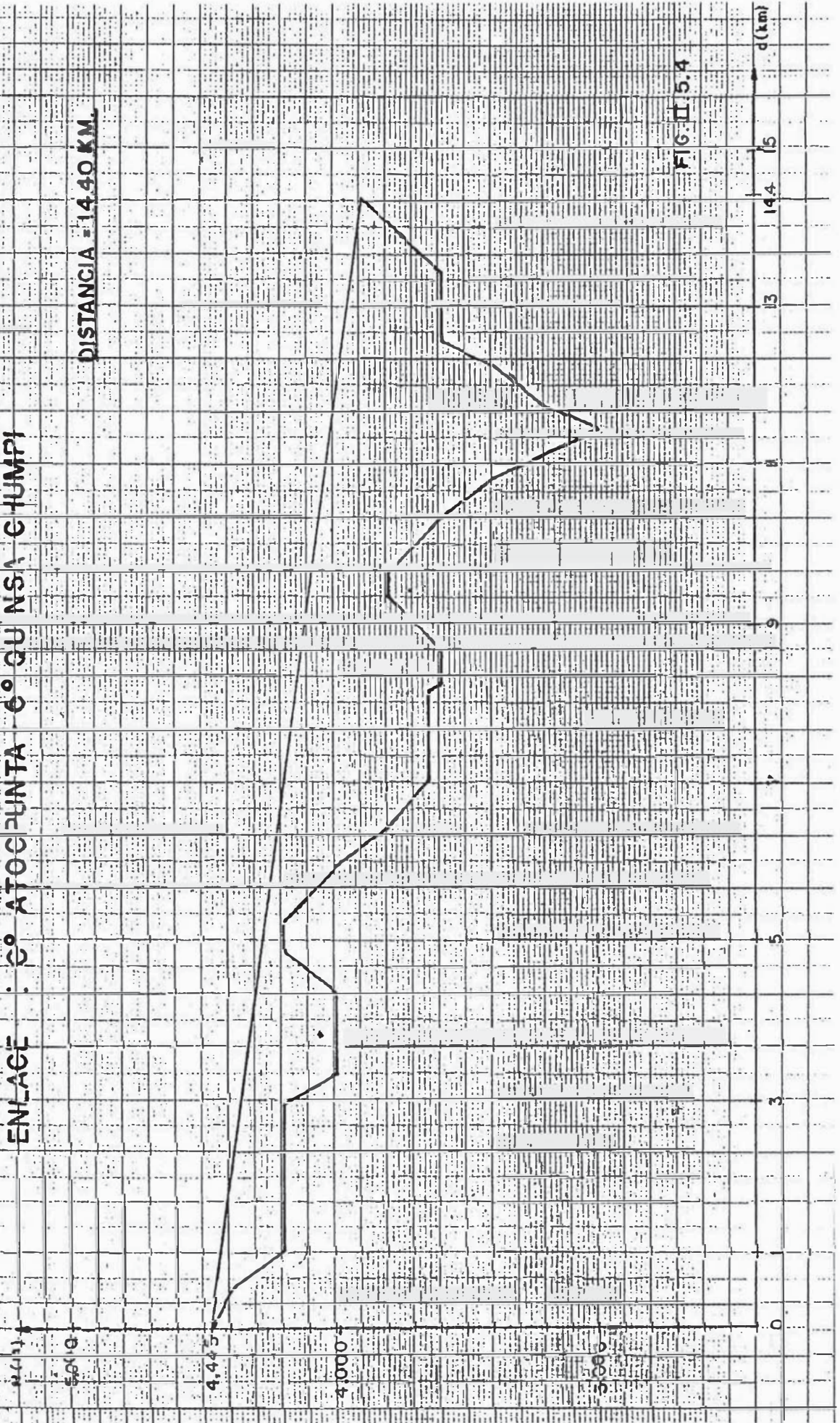


FIG II 5.4



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° QUINSA CHUMPI - S.E. CAMPO ARMIÑO

DISTANCIA = 4.95 KM.

h (m)

4,000

3,900

3,800

3,700

0

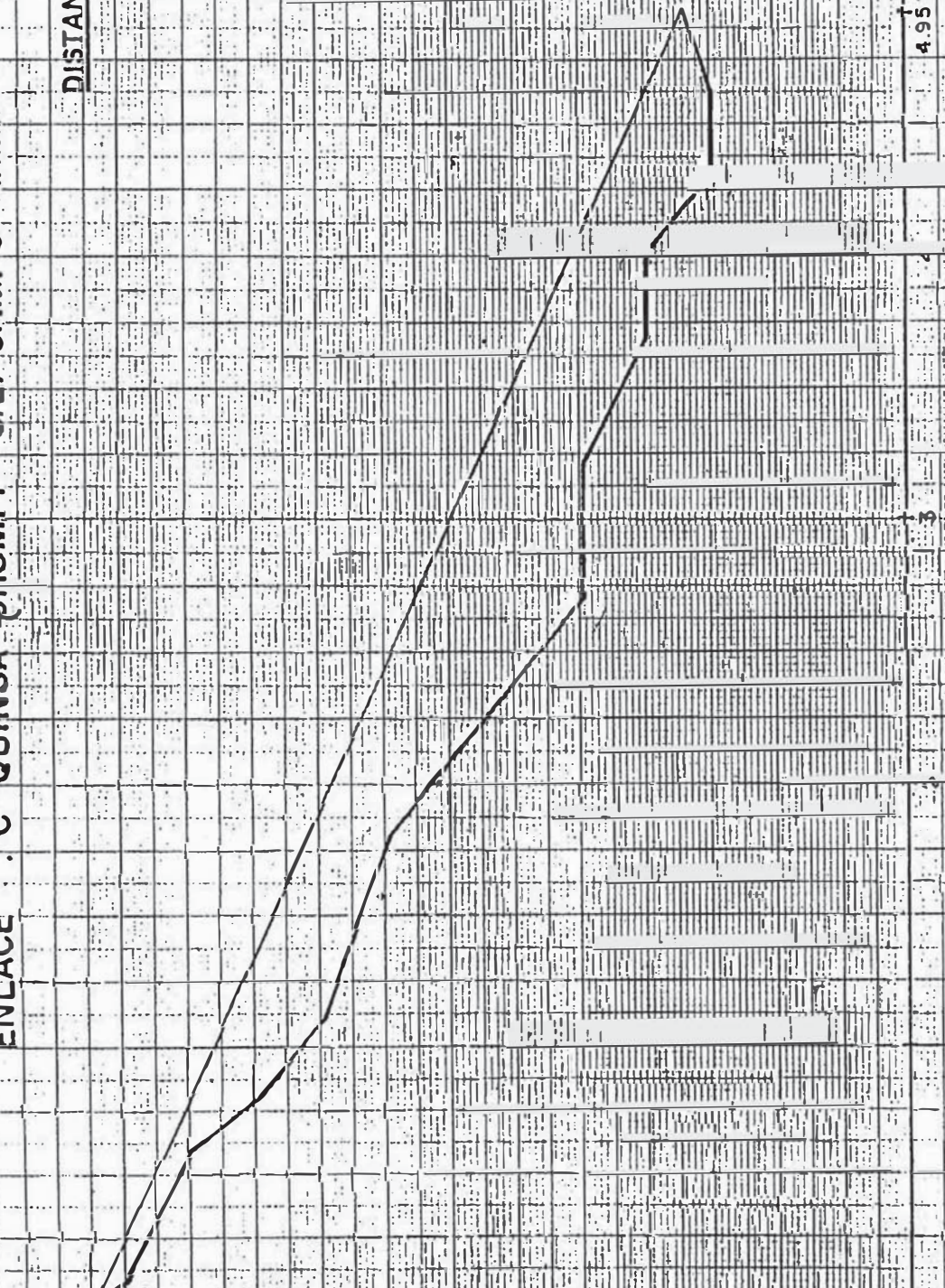


FIG II-55

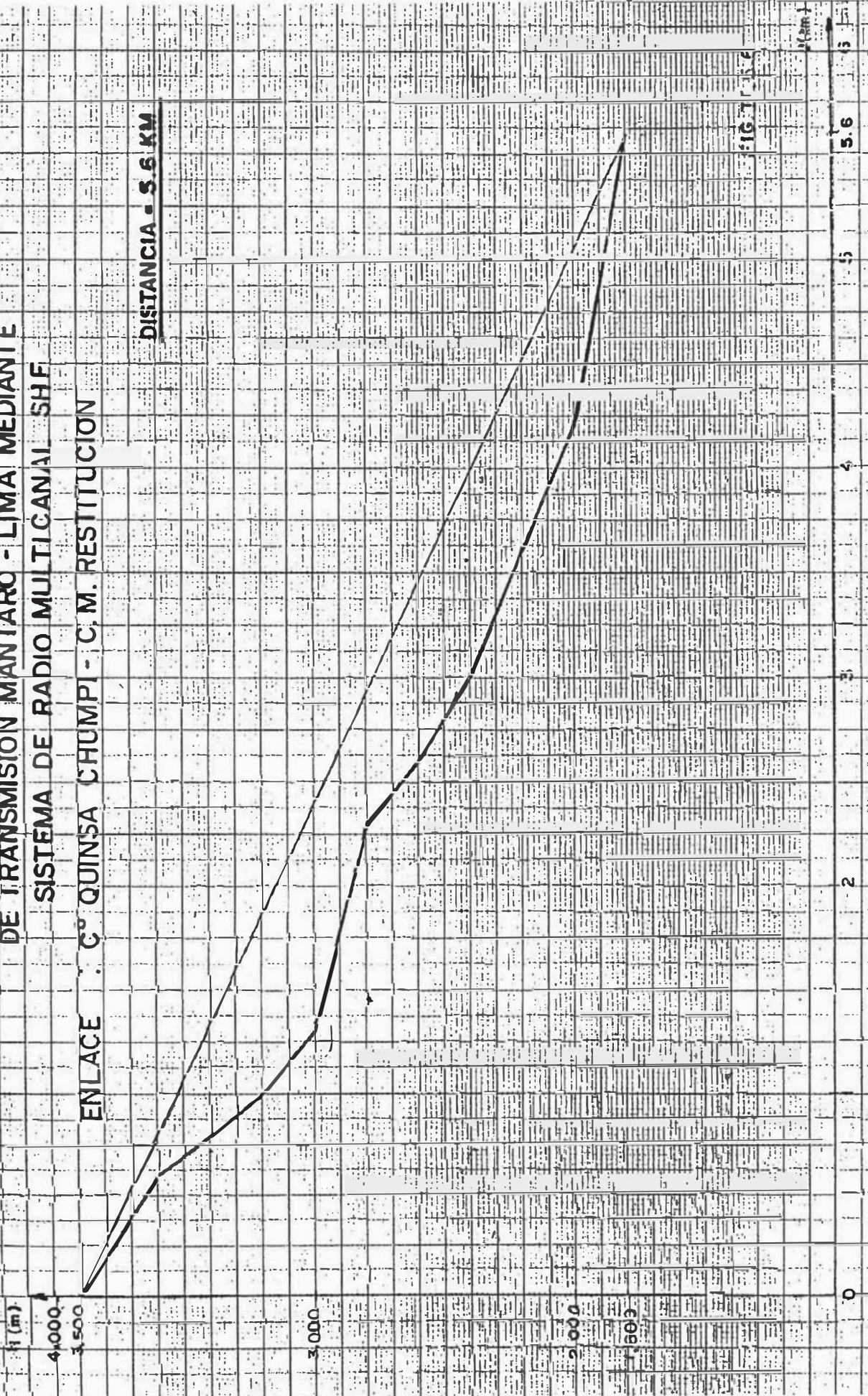


PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° QUINSA CHUMPI - C.M. RESTITUCION

DISTANCIA - 5.6 KM





PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE: QUINSA CHUMPI - C.M. MANTARO

DISTANCIA: 4.55 KM

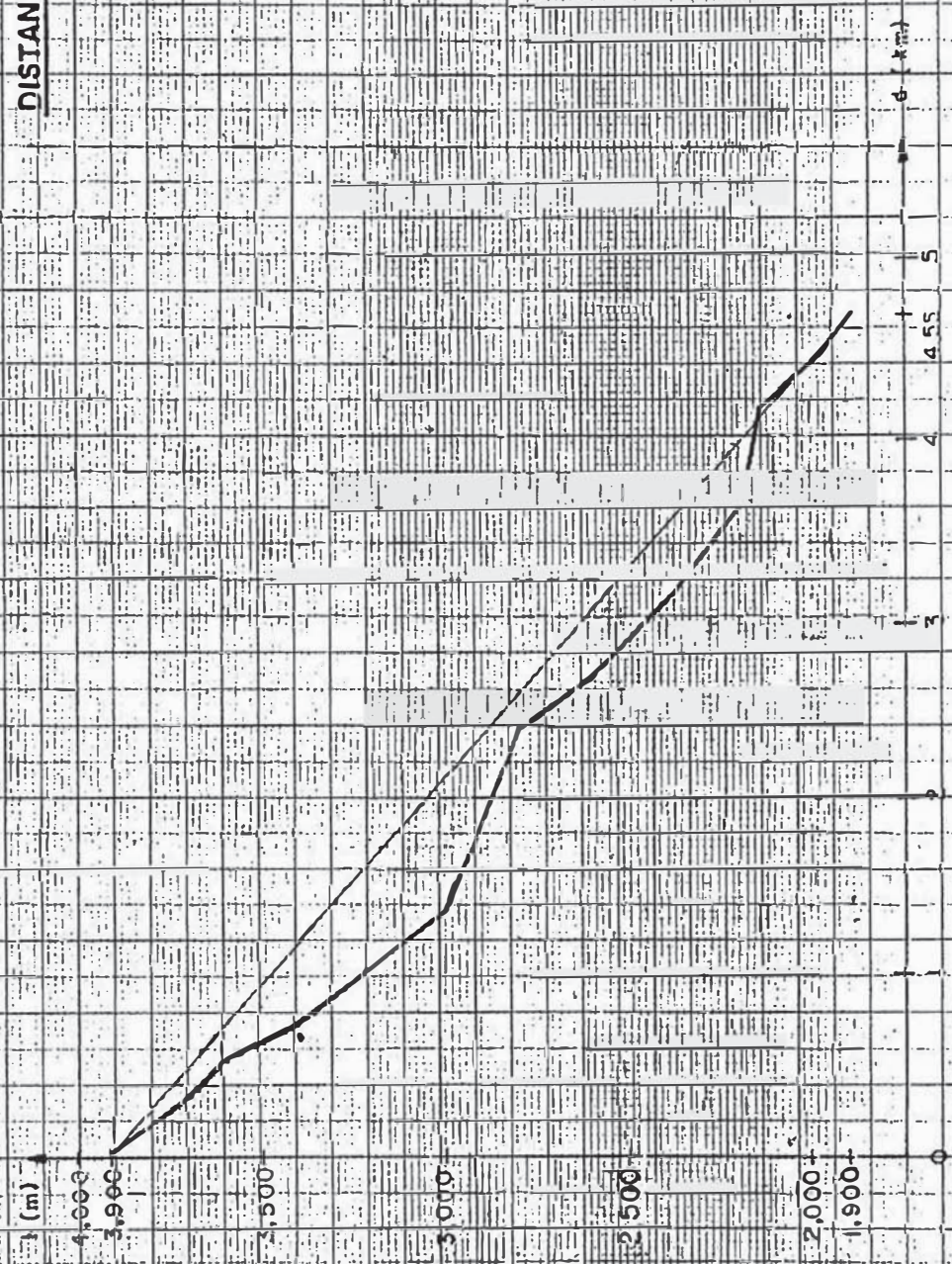
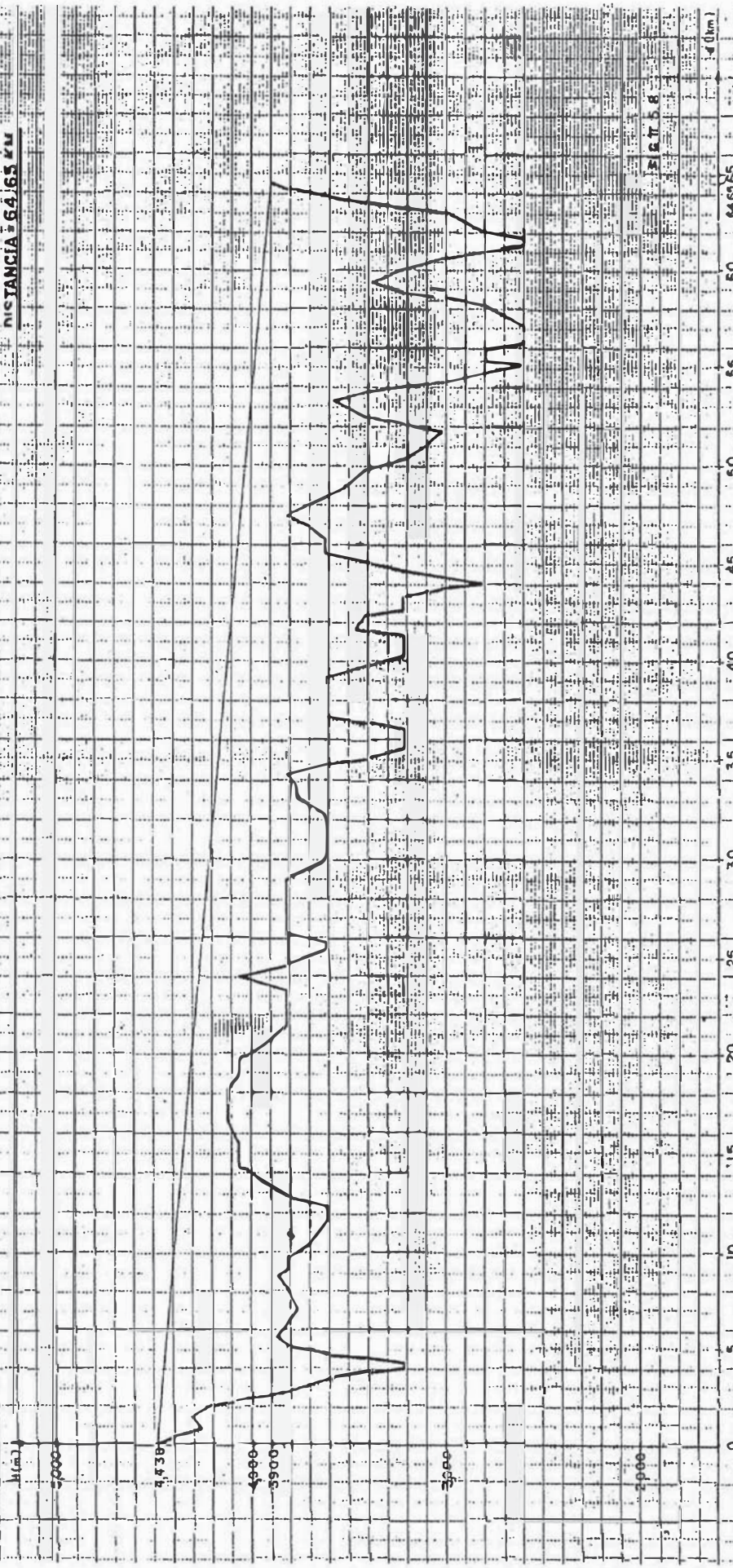


FIG. II 5.7



DE TRANSMISION MANTARO LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO-MULTICANAL SHF  
ENLACE C° LLAMAHUAQUI - C° QUINSACHUMPI

DISTANCIA = 64.65 KM



Vertical axis label: d (km)  
Horizontal axis label: t (min)



PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° LLAMAHUAGUI - S.E. HUAYUGACHI

DISTANCIA = 8.5 KM

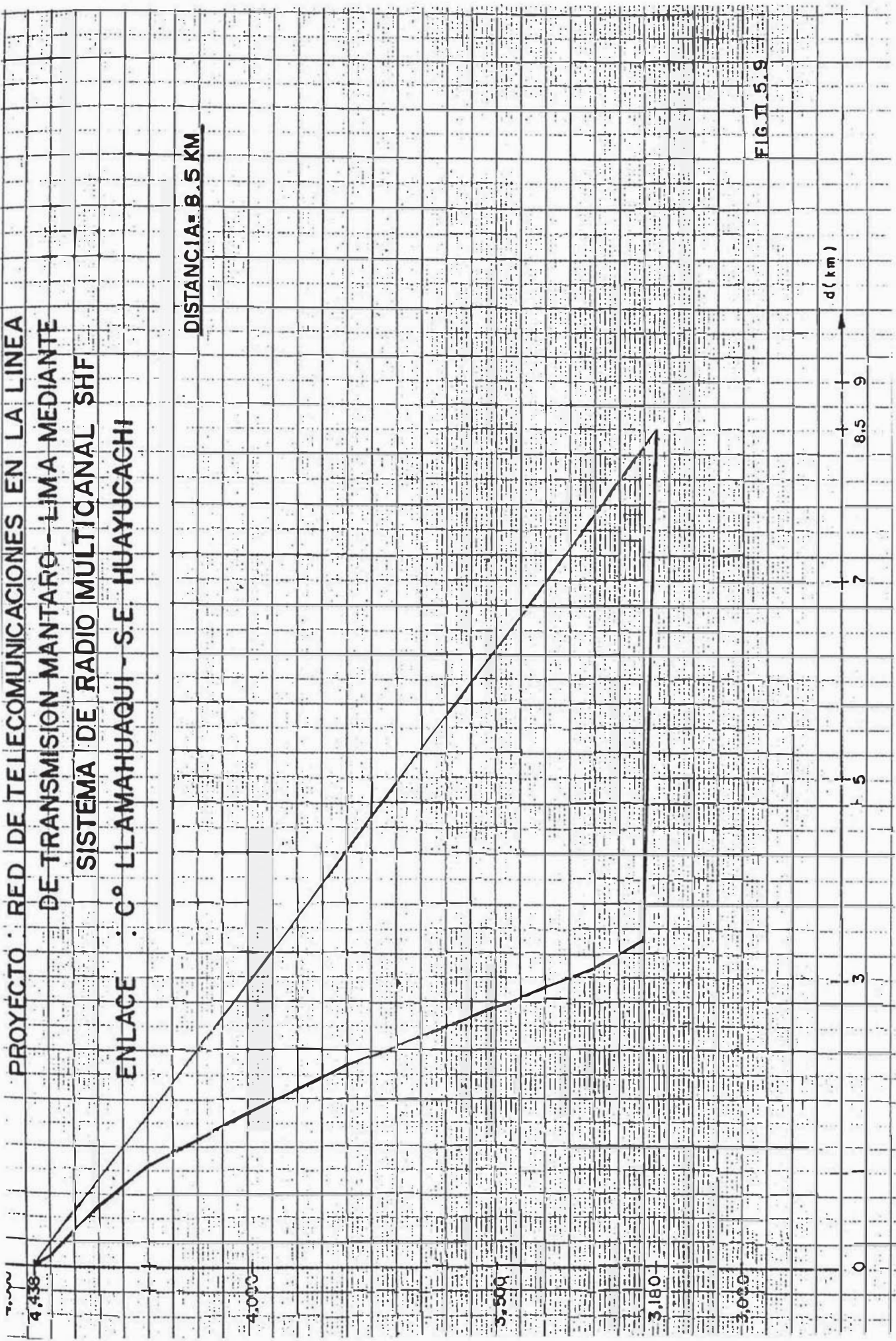


FIG. II 5.9



PROYECTO . RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SYSTEM DE RADIO MULTICANAL SHF  
ENLACE C° L. AMAHUAQJI - ENTEL PERU HUANCAYO

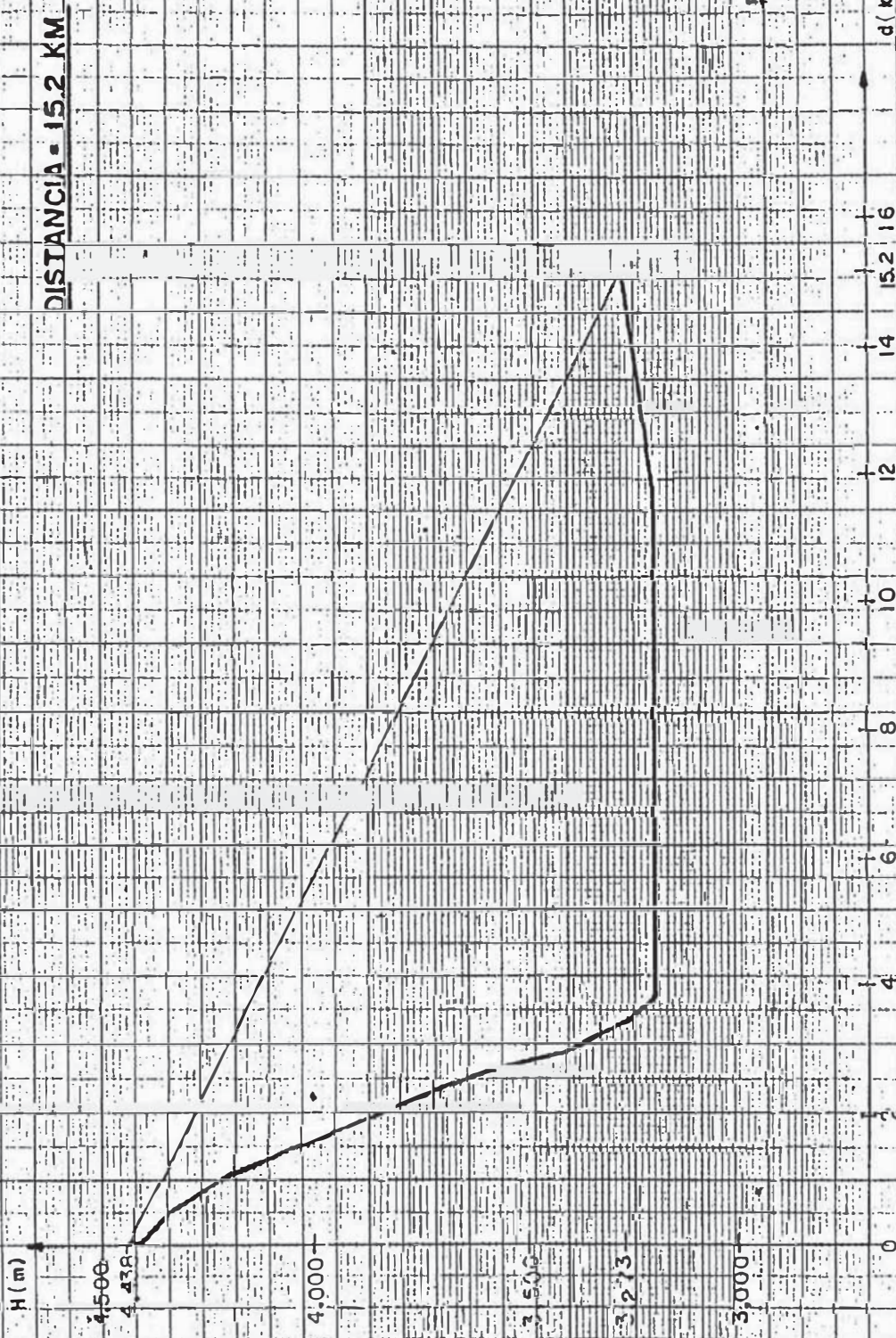


FIG. II. 5.10



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.1

DATOS ESTACION	1	ESTACION	HUANCAVELICA	PISCAPUCRO
	2	LATITUD SUR	12° 46' 53"	12° 44' 03"
	3	LONGITUD OESTE	74° 56' 39'	74° 58' 33"
	4	ALTITUD (m s n m)	3715	4575

CALCULOS DE PROPAGACION

CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	S.E.	HUANCAVELICA	
	6	ESTACION B	C°	PISCAPUCRO	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	5.9	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	10	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	20	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	114
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	119	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	42	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB F	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	38	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		4.56 x 10 <sup>-7</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	-	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	42	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	53.9	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
37	SATISFACCION NORMAL		SI		

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.2

DATOS ESTACION	1	ESTACION	PISCAPUCRO	ATOCPUNTA	
	2	LATITUD SUR	12° 44' 03"	12° 24' 55"	
	3	LONGITUD OESTE	74° 58' 33"	74° 48' 55"	
	4	ALTITUD (msnm)	4575	4445	
<b>CALCULOS DE PROPAGACION</b>					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	PISCAPUCRO	
	6	ESTACION B	C°	ATOCPUNTA	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	39.25	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	10	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.8	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.8	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	20	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB /m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	130
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	135	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	28	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	28	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	83	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	52	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB F	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
CALCULO DEL B.E.R.	29	MARGEN SIN FADING	dB	28	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		3.46 x 10 <sup>-4</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	15.5	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	67.5	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	28.4	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		ST	



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.3

DATOS ESTACION	1	ESTACION	ATOCPUNTA	TABLACHACA	
	2	LATITUD SUR	12° 24' 55"	12° 27' 40"	
	3	LONGITUD OESTE	74° 48' 55"	74° 47' 15"	
	4	ALTITUD (msnm)	4445	2790	
CALCULOS DE PROPAGACION					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	ATOCPUNTA	
	6	ESTACION B	PRESA	TABLACHACA	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	5.9	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	9	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	19	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	114
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	119	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	42	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB F	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	38	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		4 x 10 <sup>-7</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	-	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	42	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	53.9	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.4

DATOS ESTACION	1	ESTACION	ATOCPUNTA	QUINSA CHUMPI	
	2	LATITUD SUR	12° 24' 55"	12° 21' 47"	
	3	LONGITUD OESTE	74° 48' 55"	74° 41' 34"	
	4	ALTITUD (msnm)	4445	3900	
CALCULOS DE PROPAGACION					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	ATOCPUNTA	
	6	ESTACION B	C°	QUINSA CHUMPI	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	14.4	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	11	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	21	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	122
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	127	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	50	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB F	-dBm	95.9	
CALCULO DE CONFIABIL.	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	30	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		1.03 x 10 <sup>-5</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	4.5	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	54.6	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	41.3	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.5

DATOS ESTACION	1	ESTACION	QUINSA CHUMPI	CAMPO ARMIÑO	
	2	LATITUD SUR	12° 21' 47"	12° 21' 14"	
	3	LONGITUD OESTE	74° 41' 34"	74° 38' 56"	
	4	ALTITUD (msnm)	39000	2085	
<b>CALCULOS DE PROPAGACION</b>					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	QUINSA CHUMPI	
	6	ESTACION B	S.E.	CAMPO ARMIÑO	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	4.95	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	5	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	15	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	112
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	117	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	40	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
CALCULO DEL B.E.R.	29	MARGEN SIN FADING	dB	40	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		2 x 10 <sup>-7</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	-	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	40	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	55.9	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.6

DATOS ESTACION	1	ESTACION	QUINSA CHUMPI	RESTITUCION
	2	LATITUD SUR	12° 21' 47"	12° 20' 43"
	3	LONGITUD OESTE	74° 41' 34"	74° 38' 43"
	4	ALTITUD (msnm)	3900	1800

CALCULOS DE PROPAGACION

CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	QUINSA CHUMPI	
	6	ESTACION B	C.M.	RESTITUCION	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	5.6	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	7	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	17	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	113
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	118	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	41	
	26	NIVEL DE RUIDO KTBF	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	39	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		3 x 10 <sup>-7</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	-	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	41	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	54.9	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.7

DATOS ESTACION	1	ESTACION	QUINSA CHUMPI	MANTARO	
	2	LATITUD SUR	12° 21' 47"	12° 21' 01"	
	3	LONGITUD OESTE	74° 41' 34"	74° 39' 19"	
	4	ALTITUD (msnm)	3900	1900	
CALCULOS DE PROPAGACION					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	QUINSA CHUMPI	
	6	ESTACION B	C.M.	MANTARO	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	4.55	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	9	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	18	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	19	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	28	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	112
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1.2
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	117.2	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	40.2	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB F	-dBm	95.9	
CALCULO DE CONFIABIL.	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	40.2	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		1 x 10 <sup>-7</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	-	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	40.2	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	55.7	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.8

DATOS ESTACION	1	ESTACION	QUINSA CHUMPI	LLAMAHUAQUJ	
	2	LATITUD SUR	12° 21' 47"	12° 11' 33"	
	3	LONGITUD OESTE	74° 41' 34"	75° 15' 45"	
	4	ALTITUD (msnm)	3900	4438	
CALCULOS DE PROPAGACION					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	QUINSA CHUMPI	
	6	ESTACION B	C°	LLAMAHUAQUJ	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	64.65	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	11	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	2.4	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	2.4	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	21	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	135
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	140	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	31	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	31	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	89	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	51	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB F	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	29	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		1.985 x 10 <sup>-3</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	20.9	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	71.9	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	24	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.9

DATOS ESTACION	1	ESTACION	LLAMAHUAQUI	HUAYUCACHI	
	2	LATITUD SUR	12° 11' 33"	12° 7' 37"	
	3	LONGITUD OESTE	75° 15' 45"	75° 13' 22"	
	4	ALTITUD (msnm)	4438	3180	
CALCULOS DE PROPAGACION					
CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	LLAMAHUAQUI	
	6	ESTACION B	S.E.	HUAYUCACHI	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	8.5	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	9	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	10	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	19	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	20	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	117
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	122	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
CALCULO DE CONFIABIL.	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	45	
	26	NIVEL DE RUIDO KTB	-dBm	95.9	
	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
CALCULO DEL B.E.R.	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	35	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		1.6 x 10 <sup>-6</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	-	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	45	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	50.9	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SJ	



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO-LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

FREC: 2.0 GHz

CUADRO: II.10

DATOS ESTACION	1	ESTACION	LLAMAHUAQUI	ENTEL PERU HYO.
	2	LATITUD SUR	12° 11' 33"	12° 3' 51"
	3	LONGITUD OESTE	75° 15' 45"	75° 12' 31"
	4	ALTITUD (msnm)	4438	3273

CALCULOS DE PROPAGACION

CARACTERISTICA DEL TRAMO	5	ESTACION A	C°	LLAMAHUAQUI	
	6	ESTACION B	CIUDAD	ENTEL PERU HYO.	
	7	LONGITUD DEL TRAMO	Km	15.2	
	8	ALTURA ANTENA ESTACION "A"	m	10	
	9	ALTURA ANTENA ESTACION "B"	m	35	
	10	TIPO ANTENA "A" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	11	TIPO ANTENA "B" - DIAMETRO	GRID-m	1.3	
	12	LONGITUD ALIMENTACION "A"	m	20	
	13	LONGITUD ALIMENTACION "B"	m	45	
	14	ATENUACION UNITARIA DEL ALIMENTADOR	dB/m	0.025	
	PERDIDAS	15	ESPACIO LIBRE	dB	122
		16	POR OBSTACULOS	dB	-
		17	POR TIERRA PLANA	dB	-
		18	EN ALIMENTADOR A + B	dB	1.6
19		CIRCUITOS R.F.	dB	4	
20		TOTAL	dB	127.6	
GANANCIA	21	POTENCIA TRANSMISOR	dBm	27	
	22	GANANCIA ANTENA "A"	dB	25	
	23	GANANCIA ANTENA "B"	dB	25	
	24	GANANCIA TOTAL	dB	77	
	25	NIVEL DE RECEPCION	-dBm	50.6	
	26	NIVEL DE RUIDO KTBF	-dBm	95.9	
CALCULO DE CONFIABIL.	27	S/N PARA 10 <sup>-6</sup> BER	dB	15.9	
	28	NIVEL DE SEÑAL 10 <sup>-6</sup> BER	-dBm	80	
	29	MARGEN SIN FADING	dB	29.4	
	30	CONFIABILIDAD	%	99.999	
CALCULO DEL B.E.R.	31	PROBABILIDAD DESVANECIMIENTO TIPO RAY		1.25 x 10 <sup>-5</sup>	
	32	DESVANECIMIENTO	dB	5.2	
	33	NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO	-dBm	55.8	
	34	S/N CON DESVANECIMIENTO	dB	40.1	
	35	BER S/N CON DESVANECIMIENTO		10 <sup>-6</sup>	
	36	BER DE LA SECCION		10 <sup>-6</sup>	
	37	SATISFACCION NORMAL		SI	

## C A P I T U L O    I I I

### 3.0 DISEÑO DE RADIOENLACES, CONSIDERACIONES DIGITALES

#### 3.1 Consideraciones Generales

En este capítulo, se presenta una descripción del diseño práctico de un sistema digital para la banda de frecuencia de 2 GHz, el que es utilizado para circuitos de corto alcance.

Los procedimientos para el diseño de un sistema de radio se ha de considerar principalmente dos factores : uno de ellos es la selección o ubicación del sitio; y el otro, la evaluación de la calidad del sistema.

##### - Selección del Sitio

Respecto a la selección del sitio que es semejante a los empleados a otros sistemas, tales como el FDM; hemos por tanto de considerar principalmente el diseño de la ruta de propagación.

En este sentido es importante tomar la decisión de la altura de antena, usando los datos del perfil del trayecto, como también la clase de antena a usar determinando la ganancia necesaria para mantener la potencia standard a la entrada del receptor. Asimismo con esas ganancias de antena del lado del transmisor como del receptor, se determina el tamaño de antenas, es decir su diámetro.

Otro de los puntos a considerar en el diseño; en el caso dado, es el estudio de la onda reflejada. Para ello, usando el perfil y el mapa se determina el punto de re-



flexión y su altura aproximada. Teniendo en cuenta que los valores de las pérdidas depende de las condiciones de la superficie del terreno por ejemplo para una frecuencia de 2 GHz tenemos que considerar un valor de 0dB para una superficie con agua, 2 dB para una superficie arroyal con agua, 4 dB para un campo seco y 10 dB para la ciudad-bosque-monte. Seguidamente, si la relación de la onda reflejada deseada a la no deseada es inferior a 10 dB, se tendrá que adoptar el sistema de diversidad de espacio.

Finalmente para el diseño de la ruta de propagación se ha de tener en cuenta las interferencias originadas por el sistema de comunicación por satélite y/o por radares, aunque estas interferencias se da principalmente en las bandas de 4 GHz para arriba, es decir en las de 4, 5, 6, 11 y 15 GHz, las cuales no afectan o mejor dicho no tienen influencias en nuestro presente trabajo.

#### - Evaluación de la Calidad del Sistema

La evaluación de un sistema de radio en este caso va orientado a fijar los criterios de la calidad de transmisión a partir de los datos determinados en el diseño de la selección del sitio.

### 3.2 Calidad del Sistema

Para el caso de sistemas digitales, debido a que su transmisión es por pulsos, los ruidos no alteran el número o la posición de los pulsos, en tanto la calidad del sistema no es desmejorada por ellos.

Por ejemplo si se envía un pulso "1" y se recibe en el otro extremo un no pulso "0" que es originado por influencia del ruido, dará un índice de desmejoramiento de la calidad del sistema. En este sentido en el sistema digital - lo importante en la evaluación de la calidad del sistema

está dado por la tasa de errores obtenidos o BER ( Bit Error Rate) .

Ahora bien se puede determinar una relación C/N en cada proceso de modulación y demodulación, mostrándose además en la figura III.1 la relación entre C/N y la tasa de error.

Por consiguiente diremos que los factores que aumentan la tasa de error son los siguientes: imperfecciones del equipo, ruido térmico, interferencias varias y distorsión de transmisión.

Otros factores de desmejoramiento podrían dividirse en factores de degradación variable y degradación constantes . Los primeros incluyen el ruido térmico, la interferencia con otras rutas y con otros sistemas, tales como los sistemas de satélite y la distorsión de propagación los cuales perturban la acción regenerativa de los pulsos cuando se suceden los desvanecimientos.

Los factores de degradación constante incluyen interferencias entre canales y de la propia ruta. Sin embargo en la asignación de ruido, la potencia de ruido total permisible se divide en factores variables y constantes designándose para cada caso los factores de degradación mencionadas.

En la figura III.2 se muestra la relación C/N requerida para distintas interferencias indicadas las que en una planificación de enlace de microondas nos permite especificar cada uno de los valores de la fuente de ruido.



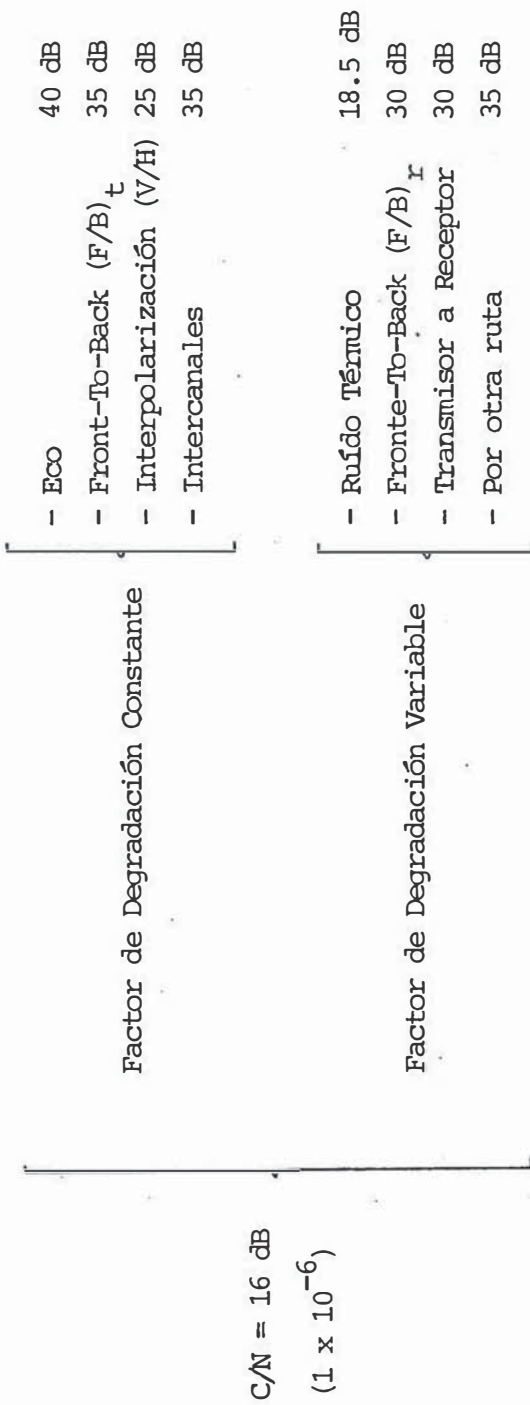


FIGURA III.2 Distribución de Normas para la relación C/N

La relación de  $C/N = 16$  dB requerida para obtener una tasa de error es de  $10^{-6}$  incluyendo la degradación causada por variación de temperatura ambiente e interferencia intersímbolos (distorsión de la forma de onda) en los filtros de pasabanda de RF. Además considerando las peores condiciones la C/N requerida para el caso de una degradación variable se traduce a un nivel mínimo de recepción de -85 dBm para un equipo de 30 canales.

### 3.3 Análisis sobre los Factores de Ruido

Para mejorar la calidad del enlace y denotar como los ruidos generados en un sistema digital para señales multiplexadas es que tratamos a continuación los diversos factores de ruido que afectan dicha calidad de transmisión.

#### 3.3.1 Factor de Degradación Fija

Estos factores son definidos con el sistema y en consecuencia se deben a las imperfecciones de los equipos que son causados por lo siguiente:

- a) Interferencia intersímbolo debido al ancho de banda.
- b) Empeoramiento en las características de los componentes debido a la variación de la temperatura ambiente.
- c) Empeoramiento en las características de los componentes debido al tiempo de vida.
- d) Fluctuaciones de fase (Jitter).
- e) Variación en el nivel de portadora.

#### 3.3.2 Factor de Degradación Constante

Este factor o ruido es independiente de los desvanecimientos que se sucedan por tanto incluye lo siguiente:

- a) Interferencia por Eco que se produce en la ante



na o en los filtros, siendo un valor aceptable de 40 dB

- b) Interferencia Front to Back (F/B) de la antena transmisora, originada cuando la onda deseada y la no deseada pasan por el mismo salto y al mismo tiempo son influenciadas por el desvanecimiento, siendo un valor aceptable de 35 dB.
- c) Factor por interpolarización, que ocurre cuando las polarizaciones horizontal y vertical se utilizan al mismo tiempo y en la misma frecuencia, siendo un valor aceptable de 25 dB.
- d) Factor entre canales, que depende del asignamiento de las frecuencias. Para el caso de una separación de 28 MHz se considerará 35 dB.

### 3.3.3 Factor de Degradación Variable

Este factor o ruido depende de las condiciones que se presenten en la propagación, que pueden ser lluvias (para frecuencia mayores a 10 GHz) o desvanecimientos.

#### a) Ruido Térmico

Este ruido que es originado por el repetidor, está determinado por el ancho del pasabanda del repetidor, el factor de ruido y la potencia de entrada al receptor; por consiguiente, la relación C/N necesaria es mayor que 18.5 dB.

#### b) Ruido de Interferencia

##### b.1 En la misma ruta :

b.1.1 Interferencia Front to back (F/B) en la antena de recepción, que se presenta cuando la onda deseada se encuentra con el efecto del desvanecimiento debido a que en tramos adyacentes se emplea la misma frecuencia. La relación C/N aceptable es 30dB.

b.1.2 Interferencia de Over Reach (O/R)

Este tipo de interferencia ocurre cuando la señal transmitida desde una estación sobrepasa a estaciones contiguas, originándose por lo tanto dicha interferencia con la frecuencia de recepción de la estación final. La relación de C/N requerida debe ser no menor de 40 dB.

#### b.1.3 Interferencia Front to Side (F/S)

Esta interferencia que se origina cuando en longitudes o trayectos de una red troncal existen circuitos o elementos de derivación. El valor de la relación C/N deberá ser mayor de 30 dB.

#### b.2 Por otra ruta

En este caso la interferencia por otra ruta puede ser PCM o FDM próximas al sistema de trabajo. Para ambos casos tenemos que la relación C/N tendrá que ser mayor a 35 dB.

### 3.4 Consideraciones para el Diseño de Radioenlaces

Para el diseño del circuito escogido es necesario tomar en cuenta los cálculos referidos al BER o sea la tasa de errores y la relación que guarda con C/N sobre cada proceso de modulación y demodulación.

#### Tasa de Error

La calidad de un enlace digital se evalúa mediante la tasa de error. El objetivo del diseño es obtener una tasa de error de  $10^{-6}$ . Con una tasa de error de  $10^{-6}$  (1 en  $10^6$ ) es muy difícil conseguir una degradación de la señal de voz.

### 3.5 Ejemplo de Diseño de Radioenlaces

#### Características de los Equipos

Rango de Frecuencia	1.7 - 2.3 GHz
Frecuencia de Cálculo	2 GHz
Potencia de Transmisión	27 dBm



Figura de Ruído	8 dB
Sistema de Modulación	PSK
Pérdida de Inserción Tx/Rx	4 dB
Ganancia de Antena	31 dBi/28 dBi/25 dBi
Atenuación Cable Coaxial	25 dB/100 m
Relación BER - S/N	$10^{-6}$
Ber del Sistema	$10^{-6}$
Confiabilidad	99.99%

Los cuadros numerados del 1 al 10 del Capítulo II contienen los cálculos de propagación del sistema por tanto nos servirán como base para el desarrollo del diseño de aplicación que nos proponemos mostrar.

Es sabido que en el diseño de los sistemas PCM por microondas se tienen en cuenta dos factores:

La selección del sitio y la evaluación de la calidad del sistema.

### 3.5.1 Diagrama de Perfiles

Los diagramas mostrados en el capítulo anterior nos proporcionan una visión de los accidentes geográficos existentes entre los dos puntos a enlazar, considerando la curvatura de la tierra habría que incluir un factor de corrección a cada punto de ordenada. Este factor es relativamente pequeño y está dado por la siguiente relación:

$$H = 0.0588 d \quad d_1 \quad \dots \text{para } k = 4/3 \quad (\alpha)$$

$$H = 0.1176 d \quad d_1 \quad \dots \text{para } k = 2/3 \quad (\beta)$$

donde  $d$  : distancia entre los dos puntos

$d_1$  : distancia del punto inicial al obstáculo más prominente

### 3.5.2 Radio de la Primera Zona de Fresnel

El cálculo del radio de la primera zona de Fresnel está dado por la fórmula siguiente:

$$H_o = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{F_{\text{GHz}} \cdot d}} \dots\dots (1)$$

donde :

d1 : distancia punto inicial al obstáculo

d2 : distancia obstáculo punto final

F : frecuencia en GHz

d : distancia entre los dos puntos (estaciones)

A manera de ejemplo calcularemos el radio de la primera zona de Fresnel para el enlace C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro por tener este enlace poca visibilidad con relación a los otros enlaces.

Datos :

- Primer obstáculo

d1 = 0.5 km.

d2 = 4.05 km.

d = 4.55 km.

F = 2 GHz

$$H_o = 17.3 \sqrt{\frac{0.5 \times 4.05}{2 \times 4.55}}$$

$$H_o = 8.16 \text{ m.} \dots\dots (2)$$

- Segundo obstáculo

d1 = 2.3 km.

d2 = 2.25 km.

d = 4.55 km.

F = 2 GHz

efectuando:

$$H_o = 17.3 \sqrt{\frac{2.3 \times 2.25}{2 \times 4.55}}$$

$$H_o = 13.04 \text{ m.} \dots\dots (3)$$

igualmente para los demás puntos de obstáculo;

d1 = 4.0 km.

d2 = 0.55 km.

d = 4.55 km.

F = 2 GHz

$$H_o = 17.3 \sqrt{\frac{4.0 \times 0.55}{2 \times 4.55}}$$

$$h_o = 8.50 \text{ m.} \dots\dots (4)$$



Y

$$d_1 = 4.3 \text{ km.}$$

$$d_2 = 0.25 \text{ km.}$$

$$d = 4.55 \text{ km.}$$

$$F = 2 \text{ GHz}$$

$$H_0 = 17.3 \sqrt{\frac{4.3 \times 0.25}{2 \times 4.55}}$$

$$H_0 = 5.94 \text{ m.} \quad \dots\dots (5)$$

El caso más crítico de obstaculidad ocurre para cuando  $d_1 = 4.0 \text{ km.}$  en donde el haz de microondas pasa por debajo del obstáculo a  $12.5 \text{ m.}$  considerando una tierra plana. De esta forma habrá que considerar una claridad mínima ( $h_{o \text{ min.}}$ ) para  $k = 4/3$ .

$$h_{o \text{ min}} = 8.5 \text{ m.} \quad \dots\dots (6)$$

### 3.5.3 Cálculo de Altura de Antena

Usando los datos del perfil del trayecto, se pueden determinar las alturas de las antenas como sigue :

Para  $k = 4/3$

$$h_{a_1} (k= 4/3) = \frac{d}{d_2} (h_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2} (h_{g_2} + h_{a_2}) +$$

$$0.0588 d d_1 - R_{g_1} \text{ (m)} \quad \dots\dots (7)$$

en donde de acuerdo a la figura III.3 mostrado en la parte de anexo II, tenemos:

$h_{a_1}$  ,  $h_{a_2}$  : altura de las antenas en metros

$h_{g_1}$  ,  $h_{g_2}$  : cotas de las estaciones en metros

$h_o$  : primera zona de Fresnel ( $k = 4/3$ )

$h_s$  : altura del obstáculo sobre el nivel del mar en metros

$k$  : coeficiente de radio equivalente de tierra

$a$  : radio de tierra ( $6,370 \text{ km.}$ )

$\frac{1}{2 k a}$  :  $0.0588$  ( $k = 4/3$ )

$d_1$  :  $4.0 \text{ km.}$

$d_2$  :  $0.55 \text{ km.}$

$d$  : 4.55 km.  
 $ha_1$  : ?  
 $ha_2$  : 18 m.  
 $hs$  : 2,150 m.  
 $ho$  : 8.5 m.  
 $hg$  : 3,900 m.  
 $hg_2$  : 1,900 m.

efectuando:

$$ha_1 (k = 4/3) = \frac{4.55}{0.55} (2,150 + 8.5) - \frac{4.0}{0.55} (1,900 + 18.0) + 0.0588 \times 4.55 \times 4.0 - 3,900$$

$$ha_1 (k = 4/3) = 7.94 \text{ m.} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Cabe mencionar que se ha ido variando los valores de  $ha_2$  de tal manera de obtener el valor adecuado y económico de  $ha_1$ .

Efectuando la comparación, escogeremos como altura de antena:

$$ha_1 = 9 \text{ m.} \quad \dots\dots\dots(C^\circ \text{ Quinsa Chumpi})$$

$$ha_2 = 18 \text{ m.} \quad \dots\dots\dots(C.M. \text{ Mantaro})$$

#### 3.5.4 Obstáculos

Los obstáculos en los caminos de propagación producirán una atenuación adicional de la señal, el obstáculo causará atenuación significativa si al menos el 60% de la zona está libre. Para que la señal llegue a la antena receptora con un margen de audibilidad, el obstáculo no debe interferir la zona de Fresnel para  $k= 4/3$  y como máximo de interferencia  $(1/3)$   $R_i$  para  $k = 2/3$  siendo  $H_o$  = radio de la primera zona de Fresnel.



### 3.5.5 Altura Optima de Antena

El campo electromagnético recibido por la antena receptora (Rx) varía periódicamente con la altura de esta, suponiendo fija una antena transmisora (Tx) (ver figura III.4 de anexo II), la altura entre máximo y mínimo depende de la fase relativa de la onda "Disturbing", siendo la diferencia de alturas:

$$\Delta h_2 = \frac{\lambda d}{4 h_1} \dots\dots (9)$$

Dependiendo de la fuente receptora P sobre la altura h de la antena receptora con antena transmisora fija.

### 3.5.6 Procedimiento de Cálculos de Radioenlaces

#### 3.5.6.1 Tipo y Ganancia de Antenas

Las antenas escogidas para este caso son las de tipo parabólica que se adecúan a este tipo de frecuencia ( $f_0 = 2$  GHz), las características técnicas de este tipo de antena son entre otras, las de dar mayor directividad, de una ganancia adecuada que permita una mínima potencia de operación con el consiguiente ahorro de energía. Para este proyecto estamos utilizando ganancias que varían entre 31 y 25 dBi de acuerdo al alcance que se quiera llegar.

Estos valores son escogidos de manera general y se adecúan a las existencias en el mercado.

#### 3.5.6.2 Longitud de los Alimentadores

Adicionales a la longitud de la altura de antena y considerando un uso adecuado, estimamos 10 metros para acometida.

#### 3.5.6.3 Pérdidas de Espacio Libre (Ao)

De acuerdo a los datos tendríamos a partir de la si

guiente fórmula :

$$A_o = 32.45 + 20 \text{ Log } d \times f \quad \dots\dots (10)$$

donde :

d : distancia del tramo en km.

f : frecuencia media de trabajo en MHz

d : 4.55 km.

f : 2000 MHz

$$A_o = 32.45 + 20 \text{ Log } 4.55 + 20 \text{ Log } 2000$$

$$\text{efectuando cálculo : } A_o = 112 \text{ dB} \quad \dots\dots (11)$$

#### 3.5.6.4 Pérdidas en los Alimentadores (L<sub>fd</sub>)

Considerando la longitud total de los alimentadores;

L<sub>A</sub> = 19 m. ....C° Quinsa Chumpi

L<sub>B</sub> = 28 m. ....C.M. Mantaro

y el valor de atenuación unitaria : 2.5 dB/100 m =

0.025 dB/m

luego tendríamos:

L<sub>fd</sub> : Longitud alimentador (A + B) x atenuación  
unitaria del alimentador ..... (12)

$$L_{fd} = 47 \times 0.025 = 1.175$$

$$L_{fd} \cong 1.2 \quad \dots\dots (13)$$

#### 3.5.6.5 Pérdidas en los Circuitos de RF (Ac)

Dado por la fórmula siguiente:

Ac = pérdida inserción en Tx + Pérdida inserción  
en Rx ..... (14)

Las pérdidas de inserción son dados por el fabricante que se estima en nuestro caso 4.

$$AC = 4 \quad \dots\dots (15)$$

#### 3.5.6.6 Pérdida Total (Lt)

Está dado por la sumatoria de todas las pérdidas 11, 13 y 15. Para nuestro enlace este valor será de 117.2 dB.



### 3.5.6.7 Potencia de Transmisión (Pt)

Se obtiene a partir de la siguiente expresión :

$$P_t = 10 \text{ Log } P_{\text{mW}} \text{ (dBm)} \quad \dots\dots (16)$$

$P_{\text{mW}}$  : Potencia de transmisión expresada en miliwatios.

### 3.5.6.8 Nivel de Potencia a la Entrada del Receptor (Pr)

Para esta parte tenemos:

$$P_r = P_t + (G_t + G_r) - A_o - L_{fd} \text{ (dBm)} \quad \dots\dots (17)$$

En donde :

$P_t$  : Potencia de salida del transmisor en dBm

$G_t, G_r$  : Ganancia de antena de transmisión y recepción en dBi

$A_o$  : Pérdida de espacio libre en dB

$L_{fd}$  : Pérdida en los alimentadores en dB

Aplicando :

$$P_t = 27 \text{ dBm}$$

$$G_t = 25 \text{ dB}$$

$$G_r = 25 \text{ dB}$$

$$A_o = 112 \text{ dB}$$

$$L_{fd} = 0.025 \text{ dB/m } (L_t = 19 \text{ (m)}, L_r = 28 \text{ (m)})$$

$$L_{ft} = 0.025 \times 19 = 0.475 \text{ dB}$$

$$L_{fr} = 0.025 \times 28 = 0.7 \text{ dB}$$

$$P_r = 27 + 50 - 112 - (0.475 + 0.7)$$

$$P_r = -36.175 \text{ dBm}$$

$$P_r \cong -36.2 \text{ dBm} \quad \dots\dots (18)$$

### 3.5.6.9 Nivel de Umbral (Nivel de Ruido kTBF)

Obtenida por la fórmula :

$$N = 10 \text{ Log } kTBF \quad \dots\dots (19)$$

donde :

$$k = 1.36 \times 10^{-23} \text{ Joule/}^\circ\text{K constante de Boltzman}$$

- T : Temperatura absoluta (°k)  
(0°k = 273° C)
- B : Ancho de banda en FI en MHz
- F : Factor de ruido del receptor (dato del fabricante)

Aplicando:

- T = 20° C (promedio)
- B = 10 MHz
- F = 8 dB

Por tanto:

$$N = 10 \log 1.36 \times 10^{-23} + 10 \log 297 + 10 \log 10^7 + 10 \log 8$$

$$N = -95.9 \text{ dBm} \quad \dots\dots (20)$$

#### 3.5.6.10 Probabilidad de Desvanecimiento tipo Rayleigh ( $P_R$ )

De la siguiente relación :

$$P_R = (f/4)^{1.2} Q \times d^{3.5} \quad \dots\dots (21)$$

y para :

$$d = 4.55 \text{ km.}$$

$$f = 2 \text{ GHz}$$

$$Q = 2.1 \times 10^{-9} \text{ (zona montañosa)}$$

tenemos:

$$P_R = \left(\frac{2}{4}\right)^{1.2} \times 2.1 \times 10^{-9} \times (4.55)^{3.5}$$

$$P_R = 1 \times 10^{-7} \quad \dots\dots (22)$$

#### 3.5.6.11 Probabilidad Tiempo Permisible de Interrupción

El objetivo para el cual la relación de error de bit excede de  $10^{-6}$  en un circuito real es como sigue :

$$T = 0.005 \times \frac{L}{200} \quad (\%)$$

$$T = 5 \times 10^{-5} \times \frac{L}{200}$$

donde, L : longitud del salto (km)



$$\text{De} : T = t \times \frac{d}{D} (\%) \quad \dots\dots (23)$$

donde :

t : probabilidad del tiempo de interrupción en el circuito de referencia.

D : longitud del circuito de referencia.

d : longitud del tramo

Por lo tanto:

$$t = 0.005$$

$$D = 180 \text{ (200 km)}$$

$$d = 4.55 \text{ (km)}$$

zona montañosa

tenemos:

$$T = 0.005 \times 10^{-2} \times \frac{4.55}{200}$$

$$T = 1.1 \times 10^{-6} \quad \dots\dots (24)$$

#### 3.5.6.12 Margen de Desvanecimiento (Fd)

$$\text{De} : Fd = 10 \log \frac{P_i}{T} \quad \dots\dots (25)$$

donde:

PR : Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh

T : Probabilidad de tiempo permisible de interrupción

Por lo tanto:

$$Fd : 10 \log PR - 10 \log T$$

De la ecuación (24):

$$Fd = 10 \log 1 \times 10^{-7} - 10 \log 1.1 \times 10^{-6}$$

$$Fd = -10.4 \text{ dB} \quad \dots\dots (26)$$

#### 3.5.6.13 Relación C/N por Ruido Térmico

Con :

a) Sin desvanecimiento

$$(C/N)_o = Pr - 10 \log kTBF \text{ (dB)} \quad \dots\dots (27)$$

b) Con desvanecimiento

$$(C/N)_d = Pr - Fd - 10 \log kTBF \text{ (dB)} \dots (28)$$

Para :

a) De las ecuaciones 18 y 20 reemplazando en la ecuación 27.

$$\begin{aligned}(C/N)_o &= -36.2 - (-95.9) \\ (C/N)_o &= 59.7 \text{ dB} \quad \dots\dots (29)\end{aligned}$$

b) De las ecuaciones 18,20 y 26 en la ecuación 28.

$$\begin{aligned}(C/N)_d &= -36.2 - (-10.4) - (-95.9) \\ (C/N)_d &= 70.1 \text{ dB} \quad \dots\dots (30)\end{aligned}$$

Se ha considerado un margen de desvanecimiento de -10.4 dB.

En conclusión podemos decir que al tener un  $F_d$  negativo, la relación C/N sin desvanecimiento viene a ser igual al C/N con desvanecimiento, ya que en la práctica al tener un margen de desvanecimiento negativo lo asumimos como cero.

#### 3.5.6.14 Relación C/N por Ruido causado por Interferencia

Dado que:

$$C/N = d/u - F_d + ENV \dots (\text{dB}) \quad \dots\dots (31)$$

En donde:

$d/u$  : Proporción entre la potencia deseada (Desired) y la potencia de la onda no deseada (Undesired).

$F_d$  : Margen de degradación por desvanecimiento diferencial (\*).

ENV : Margen por empleo de la curva envolvente del patrón de radiación de las antenas (\*\*).

### 3.6 Pérdida por Obstáculo

La atenuación por obstáculo se muestra en la parte de anexo figura III.7.

a) Altura del Obstáculo ( $h_e$ )

$$h_e = h_s - h_{a1} + \frac{d_1}{d} (h_{a1} - h_{a2}) + \frac{d_1 d_2}{2 Ka} (\text{m}) \dots\dots (32)$$

donde:

$h_s$  : altura del obstáculo sobre el nivel del mar en m.



- $h_{a1}, h_{a2}$  : Altura de las antenas sobre el nivel del mar (transmisión y recepción)  
 $d$  : distancia entre las dos estaciones  
 $d_1, d_2$  : distancias al obstáculo más prominente, en km.

b) Radio de la primera zona de Fresnel

$$h_o = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{F_{\text{GHz}} \cdot d}} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots (33)$$

c) Si  $h_o/h_e < 3$

$$L_s = 20 \log \frac{h_e}{h_o} + 16 \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots (34)$$

donde:

$L_s$  : Atenuación por obstáculo

Si  $\frac{h_e}{h_o} < 3$ , la atenuación por obstáculo se muestra en la figura III.8 en la parte de anexos.

Por consiguiente tenemos para el enlace C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro:

$$d_1 = 4.0 \text{ km.}$$

$$d_2 = 0.55 \text{ km.}$$

$$d = 4.55 \text{ km.}$$

$$f = 2 \text{ GHz}$$

$$a = 6370 \text{ km.}$$

$$1/2Ka = 0.0588 \quad (k = 4/3)$$

$$h_e = ?$$

$$h_{a1} = 9 \text{ m.}$$

$$h_{a2} = 18 \text{ m.}$$

$$h_s = 2,150 \text{ m.}$$

luego:

$$h_o = 17.3 \sqrt{\frac{4.0 \times 0.55}{2 \times 4.55}} \quad \dots\dots (35)$$

$$h_o = 8.50 \text{ m.}$$

$$h_e = 2,150 - 3,909 + \frac{4}{4.55} (3,909 - 1918) + 4 \times 0.55 \times 0.0588$$

$$h_e = -854 \text{ m.} \quad \dots\dots (36)$$

$$h_e/h_o = -1.00 \quad \dots\dots (37)$$

Como  $h_e/h_o < 3$ , vamos a la figura III.8 del anexo , para denotar la atenuación por obstáculo que viene a ser  $\simeq -1$  dB.

### 3.7 Probabilidad del Tiempo de Interrupción por Desvanecimiento (Ti)

$$T_i = \frac{PR}{f_d} \quad \dots\dots (38)$$

En donde:

PR : Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh.

$f_d$  : Profundidad de desvanecimiento que empeora la tasa de errores a un valor menor que el criterio.

En número positivo:

$$f_d = 10^{\frac{(f_d) \text{ dB}}{10}} \quad \dots\dots (39)$$

Por tanto el criterio de probabilidad del tiempo de interrupción para:

$$Pr = -36.2 \text{ dBm} \quad , \quad (C/N)'_d = 18.5 \text{ dB}$$

$$10 \log PR = -70 \text{ dB}$$

$$10 \log kTBF = -95.0 \text{ dBm}$$

$$d = 4.55 \text{ km.}$$

$$(f_d) \text{ dB} = Pr - 10 \log kTBF - (C/N)'_d \text{ (dB)} \quad \dots\dots (40)$$

$$(f_d) \text{ dB} = -36.2 - (-95.9) - 18.5$$

$$(f_d) \text{ dB} = 10^{\frac{41.2}{10}} = 13182.6$$

$$PR = 10^{\frac{-70}{10}} = 1 \times 10^{-7}$$

$$T_i = \frac{1 \times 10^{-7}}{13182.6} = 7.59 \times 10^{-10} \text{ (\%)} \quad \dots\dots (40)$$

$$T = 0.005 \times \frac{4.55}{200} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ (\%)} \quad \dots\dots (40)$$

Este resultado significa que cuando tengamos una potencia de entrada al receptor, sin desvanecimiento de  $-36.2$  dBm ,



la probabilidad del tiempo de interrupción por desvanecimiento (o la probabilidad de que se exceda la tasa de errores de  $10^{-6}$ ) es de  $7.59 \times 10^{-10}$  por ciento, que satisface el criterio de  $1.1 \times 10^{-6}$  por ciento.

- 
- (\*) En la interferencia por (F/B)r, O/R u otra ruta, la influencia del desvanecimiento a la onda deseada y la onda no deseada es diferente.

La figura III.5 mostrada en la parte de anexos muestra esta relación. Por ejemplo si ocurre el desvanecimiento en el tramo z - y y la relación C/N del tramo x - y, mejora. Al contrario, si ocurre en el tramo x - y, baja la potencia de la onda deseada, que ocasiona el empeoramiento de la relación C/N.

Generalmente se usa 15 dB para este margen.

- (\*\*) En los cálculos de interferencia se usa la curva envolvente de la directividad de la antena, tal como se muestra en la figura III.6 de dicho anexo.

Por lo tanto, en los cálculos de interferencia por O/R u otras rutas hay que compensar la diferencia entre los picos y fondo de la curva.

Generalmente se usa 4 dB para este margen.

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO -LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

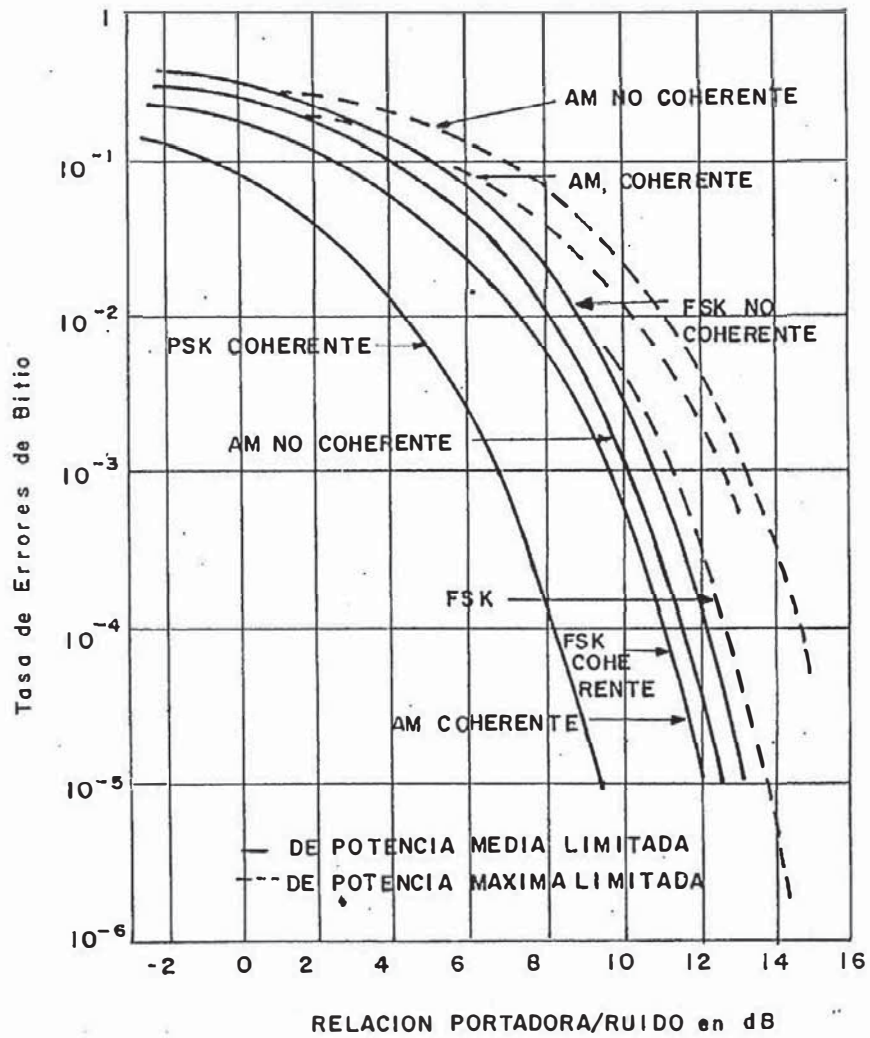


FIG. III.1

TASA DE ERRORES DE BITIO EN  
FUNCION DELA RELACION C/N



## C A P I T U L O   I V

### 4.0 INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 4.1 Ubicación del Proyecto

Debido al carácter de refuerzo al Sistema de Transmisión de la Región Central; el área de influencia de la L.T. Mantaro-Lima es determinada por el Sistema Interconectado de la Región Centro-Norte. El área de ubicación del Proyecto está comprendida entre los Departamentos de Lima, Junín y Huancavelica. Esta zona se caracteriza por su difícil geografía encontrándose altitudes de hasta más de 4,500 m.s. n.m. El Proyecto está particularmente relacionado con la C.H. Mantaro ubicado en el Departamento de Huancavelica , Provincia de Tayacaja, Distrito de Colcabamba.

#### 4.2 Conformación General de la Red y Estaciones a Enlazar

La Red de microondas se ha planificado teniendo en cuenta el desarrollo de la red eléctrica para dar servicio a las instalaciones del Sistema Interconectado Centro.

En lo que concierne a este proyecto, se tratará en detalle la porción de la red que está relacionada con las subestaciones y Centrales de Generación. Bajo otros estudios, pero de manera coordinada, se desarrollará enlaces hacia la futura S.E. Zapallal, importante instalación que recepcionará la energía producida por la C.H. Sheque y se convertirá en el punto de interconexión con la Región Norte.

La red general del sistema así como la descripción y ubicación de las estaciones terminales que la Empresa Electricidad del Perú deberá implementar se muestran en la figura IV.1 y acápite 4.6.

Para conformar la red de repetidoras y estaciones terminales se consideraron dos alternativas: La primera tomando como base la labor de campo que se efectuó con personal de la firma Brown Boveri Co. y la segunda tomando como premisa el estudio de gabinete realizado en las oficinas de Electroperú.

Luego de un análisis detallado de los resultados obtenidos en ambos casos, se optó por decidirse a los datos obtenidos en el campo ya que aquellos se ajustaban más a la realidad para el cálculo y diseño correspondiente.

En base a los resultados de los Estudios de Gabinete y de Campo para conformar la red de Repetidoras y Estaciones Terminales se consideraron aspectos generales como son:

Para el estudio se han empleado las cartas del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:100,000 con curvas de nivel cada 50 metros de altura. Esta resolución de las cartas no es suficiente para indicar exactamente las alturas de los puntos de ubicación de las estaciones de radio; por tanto, para señalar las cotas y coordenadas para este Estudio se ha trabajado con la mayor precisión posible que permiten las cartas, habiéndose complementado con prospecciones en campo de los enlaces bajo estudio.

Se recomienda sin embargo, verificar la calidad de los enlaces por el Contratista antes de su construcción.

En general, esta red de microondas se construirá en zonas montañosas, en donde se encuentran cerros elevados y valles profundos, lo que obliga al empleo de repetidoras para establecer la comunicación entre las estaciones.

Los siguientes criterios se han tomado en cuenta por el estudio cartográfico:



- Ubicación de las Instalaciones de Electroperú.
- Estaciones existentes de la red de microondas de Entel Perú.
- Ubicación de las estaciones de radio de la red VHF / UHF actual de Electroperú, para el mantenimiento de las líneas de alta tensión del Mantaro.
- Mínimo número de estaciones repetidoras, sobretodo de las repetidoras existentes.
- Ruta óptima de los enlaces troncales tomando en cuenta su ampliación de futuras áreas.
- Facilidad de acceso a las diferentes instalaciones (repetidoras) de manera de disminuir al máximo los costos de instalación y de mantenimiento.

Los puntos que se tomarán para el enlace son: La S.E. Huancavelica juntamente con el C° Piscapucro por presentar este punto buenas características de visibilidad y propagación, la señal llegada aquí deberá ser retransmitida hacia el C° Atocpunta que se encuentra muy próximo a la Presa Tablachaca (5.90 Km en línea recta) donde existirá una estación terminal; esta señal se deberá retransmitir a su vez hacia el C° Quinsa Chumpi que se encuentra próximo a la S.E. Campo Amniño (4.95 Km en línea recta) Casa de Máquinas Mantaro y Casa de Máquinas Restitución; pero con las condiciones geográficas del lugar no permiten tener línea de vista directa hacia la Estación de Mantaro por lo que se cree necesario elevar unos metros la antena y de esta manera se evitaría el deterioro e interrupción del grado de servicio; luego se retransmitirá dicha señal hacia el C° Llamahuaqui, la cual se encuentra próxima a la Estación Terminal de la S.E. Huayucachi para luego enlazar finalmente con la Estación de Entel Perú Huancayo y de allí continuar con la comunicación a través de la ruta existente de la misma Empresa de Telecomunicaciones hasta la S.E. San Juan en Lima.





- Para el servicio de procesamiento de datos a distancia, se deberá asignar canales de alta velocidad (no definidos a la fecha) que puedan estar entre los 1,200 a 4,800 Bd. Si bien es cierto que con las técnicas de compresión, se puede transmitir los 2,400 baudios en un solo canal, se prefiere separar 2 canales, en previsión de la utilización de las velocidades mayores. Este servicio se deberá considerar prioritariamente para instalaciones en donde existan o se ubiquen a las sedes administrativas.

Comercialmente existen equipos de 120 y de 132 canales, pudiendo cualquiera de los dos tipos cumplir con la demanda de canales para los enlaces troncales.

Para los enlaces secundarios, se cuentan en el mercado con equipos de 30 y 60 canales (24 canales extraordinariamente) que pueden ser instalados en estas rutas. Tal como se mencionó anteriormente cualquiera de los equipos con las capacidades de canal señalados podrían atender con suficiente holgura a los enlaces secundarios.

Considerando los equipos de 30 y 60 canales antes señalados, se puede elegir a los equipos de 30 canales para atender a las estaciones que no tengan previsión de extensión hacia otros puntos y los de 60 canales para enlaces con posible ampliación. La solución expuesta daría lugar a tres diversos tipos de equipamiento en la red total, por lo que puede adoptarse, para fines de mantenimiento, hacer las instalaciones de toda la red con equipos de 30 canales (con los multiplex equipados en número apropiado), debiendo ser posible adoptar esta solución en

acuerdo al costo de los equipos para las diferentes capacidades, que puedan ser encontrados en el mercado, tomando en consideración que los equipos terminales para las capacidades señaladas son construidos con sub-sistemas similares siendo sus costos comparativamente semejantes.

Resumiendo, se puede decir que la red troncal debe construirse con equipos de 120-132 canales y las redes secundarias con equipos de 30 canales, debiendo preferir, para este último caso, equipos de menor capacidad para los enlaces que no se prevea su ampliación, si es que desde el punto de vista económico resultase conveniente, incluyéndose en ese análisis a las facilidades de mantenimiento y la diversificación de repuestos que conlleva una y otra solución.

Otra posibilidad para construir los enlaces hacia las estaciones terminales de baja densidad de canales consiste en derivar en la estación repetidora apropiada, mediante filtros de radio-frecuencia, el grupo o grupos de canales necesarios y luego transmitirlos hasta la estación de interés con equipos de radio UHF, que se acomodan mejor para transmitir baja capacidad de canales, pudiéndose encontrar equipos entre 6 y 60 canales en ese rango de frecuencia, con las ventajas de economía y facilidad de mantenimiento inherentes, aparte de la mejor estabilidad frente a los desvanecimientos (fading). La adopción de esta solución debe tomarse en armonía con las condiciones de propagación del enlace.

#### 4.3.2 Plan de Frecuencia

De acuerdo al plan de frecuencia a utilizar se ha elegido de manera de conseguir un plan eficiente y



confiable a las normas de la buena ingeniería y de las recomendaciones que los Organismos Internacionales han estipulado al respecto. Para la elección se analizará la banda de 1.7 a 2.3 GHz, no tomándose en cuenta otras frecuencias pensando en la ampliación de la red hacia la zona del Norte. La ventaja de este rango de frecuencias es que se puede, bajo ciertas circunstancias, prescindir del equipo de presurización y facilitar con ello la utilización de alimentación a partir de celdas solares, lo cual puede resultar conveniente en ciertas ocasiones. Para el esquema de transmisión propuesto, no se requiere necesariamente de la alimentación a partir de celdas solares, pero en la ampliación de la red puede resultar necesario en alguna repetidora este tipo de alimentación.

Asimismo en la banda de 2 GHz los mayores márgenes de desvanecimiento y la posibilidad de utilizar líneas y antenas sin presurización, hace interesante el uso de esta banda.

En el cálculo de los enlaces, se ha considerado este rango de frecuencia, que corresponden a la banda en discusión. La poca variación de sus parámetros de propagación frente a los cambios climáticos es una ventaja adicional de esta banda de frecuencia.

#### 4.4 Plan de Ruta de los Enlaces

Para la concepción y planeamiento de la estructura de la Red de Microondas se ha tomado en cuenta diversas consideraciones, que se detallan más adelante, con las cuales se ha tratado de conjugar las distintas alternativas y exigencias con el objeto de llegar a establecer una estructura óptima tanto del punto de vista de los servicios que prestará la red así como el de su costo inicial y de su

mantenimiento futuro.

En la figura IV.2.1,2 se puede apreciar gráficamente el Plan de Ruta.

#### 4.5 Perfiles de Radioenlaces

Con la finalidad de hacer los cálculos, que servirán para determinar las características del Sistema, se hace necesario contar con los perfiles de todos los saltos, los cuales se muestran en las figuras IV.3 a IV.12.

Con la evaluación de los resultados se determinará la altura y ubicación física de las torres y las alturas, a las cuales deberán instalarse las antenas.

Asimismo, la longitud de los tramos y la conformación de los terrenos permitirán la potencia del transmisor y la ganancia de las antenas.

#### 4.6 Descripción Técnica de Ubicación de las Estaciones

4.6.1 Instalación existente de Estaciones Repetidoras de Radio propia como pertenecientes a Entel-Perú S. A. en actual operación con el fin de utilizar la infraestructura existente de torres y caminos de acceso.

Se ha tomado en cuenta las dificultades para compartir la torre de la Estación Washington de Entel-Perú S.A., punto importante para la interconexión de los enlaces hacia el Sur, Norte y Centro. Asimismo, el recorrido de la línea de transmisión obliga a erigir algunas estaciones repetidoras en lugares distintos a los de Entel-Perú con la intención de utilizarlas en conjunto con la red de radiomóviles para el mantenimiento de las líneas de alta tensión.



#### 4.6.2 Número y Acceso a las Estaciones Seleccionadas

Con el fin de disminuir el número de estaciones repetidoras, se han evaluado emplazamientos para las repetidoras que puedan brindar saltos considerables en longitud y que ofrezcan a su vez derivaciones hasta las estaciones terminales de manera inmediata.

Por otro lado, tomando en cuenta que los caminos de acceso tienen un costo bastante elevado, incluyendo caminos carrozables, es que en el planeamiento de las estaciones repetidoras se ha tomado en cuenta los caminos circundantes y la facilidad de acceso o de construcción de caminos a los emplazamientos que no cuenten con ello.

#### 4.6.3 Expansión Futura de los Radioenlaces

La red de radioenlaces definida en este Proyecto - del Sistema Interconectado, en cuanto a la ubicación de las estaciones de radio deberá tener la flexibilidad suficiente para extenderlos hacia los demás puntos de generación eléctrica a lo largo de la ruta que comprende la Línea de Transmisión Manta-ro-Lima y luego hacia las zonas norte y sur del país.

#### 4.6.4 Ubicación de las Estaciones de Retransmisión

En este punto se especifican para cada uno de los lugares de retransmisión las vías de acceso, condiciones ambientales y perfiles.

##### C° Llamahuaqui

Se encuentra ubicado en la parte Sur-Oeste de la ciudad de Huancayo, a una altura de 4,438 m.s.n.m., y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 75° 12' 45"  
 Latitud Sur : 12° 11' 33"

En lo que respecta a facilidades de acceso, existe una carretera que permite llegar hasta aproximadamente 3 Km. de distancia del punto deseado, por lo que se tendrá que construir la parte que falta. Desde este punto existe línea de vista hacia los Cerros Quinsa Chumpi y Atocpunta, por lo que es muy apropiado para ubicar en este lugar el retransmisor.

Referente a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno se puede decir que predominan las lluvias, neblina y las descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta en la instalación de casetas, líneas de transmisión, tipo de torres y antenas, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### C° Quinsa Chumpi

Se encuentra ubicado en la parte Oeste del Campaneto de Campo Armuño, a una altura de 3,900 m.s.n.m., y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 74° 41' 34"  
 Latitud Sur : 12° 21' 47"

Cuenta este punto con una vía de acceso (trocha carrozable), que permite llegar con movilidad hasta aproximadamente 300 mts. de distancia del punto deseado, se tendrá entonces que mejorar este camino y construir la parte que falta.

Se cuenta además con área suficiente para la instalación de torres y casetas, si se aplana convenientemente la parte alta de este Cerro. Desde este lugar existe línea de vista con los C°Llamahuaqui y Atocpunta, cercanos a la ciudad de Huancayo y Represa de Tablachaca, lo que favorece para elegir este lu-



gar como punto de retransmisión.

Referente a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno, se puede decir que predominan las lluvias, neblina y las descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta en la instalación de las casetas, tipo de torres y antenas, líneas de transmisión, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### C° Atoqunta

Se encuentra ubicado a una altura de 4,445 m.s.n.m. y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 74° 48' 55"

Latitud Sur : 12° 24' 55"

En cuanto a facilidades de accesibilidad, cuenta con dos vías de acceso (trochas carrosables), que llegan hasta las proximidades del Cerro en mención, uno de ellos por el camino que va de Tablachaca a Campo Amuño, tomando el desvío en el Paso "El Danubio" (4,180 m.s.n.m.) y otro por la ruta que va de Tablachaca hacia Pampas. En ambos casos se tendría que mejorar estos caminos y construir la parte que falta.

Este Cerro ofrece buenas perspectivas para el enlace con el C° Quinsa Chumpi y con cerros que rodean las ciudades de Huancayo y Huancavelica.

El área que ofrece este Cerro para construir una caseta con torre arriestrada, es muy limitada, contando solamente con el espacio requerido para la infraestructura existente.

Referente a las condiciones climatológicas de la zona

na y topográficas del terreno, se puede decir que predominan las lluvias, neblinas y las descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta en la instalación de la caseta, tipo de torres y antenas, línea de transmisión, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### C° Piscapucro

Se encuentra ubicado a una altura de 4,575 m.s.n.m. y tiene por coordenadas:

Longitud Oeste : 74° 58' 33"  
 Latitud Sur : 12° 44' 03"

Cuenta este punto con vía de acceso (vía de herradura) que permite llegar con movilidad hasta aproximadamente 200 mts. de distancia del punto deseado, además de existir línea de vista hacia el C° Atocpunta y S.E. Huancavelica, por lo que es apropiado para ubicar una estación repetidora. Se cuenta además con área suficiente para la instalación de torres y casetas.

Con respecto a las condiciones climatológicas de la zona y topográficas del terreno, se puede decir que predominan las lluvias y descargas eléctricas, lo que se debe tener en cuenta para la instalación de casetas, torres y antenas, líneas de transmisión, instalación de pararrayos y características de ambiente para la instalación de los equipos.

#### 4.7 Altura de Torres y Antenas

Debido a que un frente de onda electromagnética concentra la mayor parte de su potencia en el 60% del primer elipsoide de Fresnel, que tiene como focos a los puntos de transmisión y recepción, se hace imprescindible el mantener es-



te volumen libre de interferencia de obstáculos (montañas, edificios, bosques, etc.). Por lo que en cada caso se define una altura para las antenas que en última instancia determinan la altura física de la torre que la soportará. Además de contar con toda la infraestructura de la red de repetidoras del Sistema de Televisión instalada para la "Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo" en la región central. La figura IV.13 muestra la gráfica necesaria.

#### 4.8 Cálculo de Propagación

Los cálculos de propagación están considerados en los cuadros II.1 al 10 del Capítulo II, los cuales se han efectuado tomando en consideración los siguientes parámetros:

Frecuencia de RF	2 GHz
Potencia de Transmisión	27 dBm
Figura de Ruidos	8 dB
Ancho de Banda FI	10 MHz
Sistema de Modulación	4 PSK
Ganancia de Antena	31 dBi/28 dBi/25 dBi
Atenuación de Cable Coaxial	2.5 dB/100m
Relación BER s/n	$10^{-6}$
BER del Sistema	$10^{-6}$
Confiabilidad	99.99%

#### 4.9 Plan de Canalización

La figura IV.14 muestra el plan de canalización Múltiplex en donde se indica la distribución de los circuitos telefónicos entre las diferentes localidades comprendidas en el proyecto.

#### 4.10 Filosofía del Proyecto

##### - Telefonía

Los usuarios de las estaciones terminales tendrán acceso con facilidades de discado directo a la Red Telefónica Nacional mediante la utilización de los canales tele

fónicos extendidos de la Central PRX de Huancayo.

- Télex y/o Facsímile

La red a implementarse ofrece las ventajas de poder transmitir télex y datos.

La interconexión a la Red Télex Nacional se podrá efectuar en Huancayo. Uno de los canales telefónicos entre el usuario y Huancayo equipado con su respectivo Multiplex Telegráfico, deberá estar distribuido para tal fin.

Este servicio por ser de canal de baja velocidad puede ser compartido con los dedicados a la telefonía.

Los usuarios del servicio tendrán las facilidades de acceso automático desde el teleimpresor instalado en sus oficinas.

- Datos

Para la transmisión de datos se podrá utilizar un canal telefónico y el equipamiento necesario, aparte de los terminales, tales como los Modems que se instalarán tanto en Lima como en las oficinas del usuario (estaciones terminales) ubicadas en los centros de generación y distribución de energía.

- Teleprotección

La señal a transmitir en este caso, utilizará la banda de voz, además por ser este servicio al igual que el de Télex, canal de baja velocidad, puede compartirse igualmente con los asignados a la telefonía.

#### 4.11 Configuración del Sistema

La figura IV.15 muestra la configuración general del Sistema en el que se indica el encaminamiento de las señales desde el usuario hasta la ciudad de Huancayo y entre los



mismos usuarios.

#### 4.12 Esquema del Equipamiento

La figura IV.16 muestra en forma esquemática el equipamiento de radio y multiplex, requeridas en cada una de las Estaciones del Proyecto; además en el cuadro VI.2 del Capítulo seis se detalla la clase, cantidad de equipos y accesorios para la implementación.

#### 4.13 Sistema de Tierra y Pararrayos

La figura IV.17 muestra un sistema completo de protección contra descargas atmosféricas a instalarse en las estaciones consideradas. Además se hace una breve descripción de diferentes sistemas de protección en la parte de Anexos a considerar en cada una de las Estaciones. Inclusive se muestra un ejemplo de instalación típica con torre de 10m. cabina y panel solar mediante plano. Figura E.

#### 4.14 Sistema de Energía

Para garantizar la continuidad de operación del sistema ante eventuales interrupciones del suministro primario, el suministro de energía a las estaciones de radio se hará de acuerdo al tipo de estación que se desee alimentar. En el presente trabajo se han considerado tres tipos de estaciones para definir la alimentación:

- 1) Estación local
- 2) Estación repetidora próxima a fuentes de energía
- 3) Estación repetidora aislada

##### 4.14.1 Alimentación para Estación Local

La alimentación para Estación Local se hará a partir de los servicios auxiliares de la respectiva estación eléctrica. Con el objeto de asegurar la fiabilidad de la Red de Microondas se está proponiendo la instalación de un sistema de alimentación propia, es decir, cargador-rectificador y banco de ba-

terías, con capacidad de ocho horas de funcionamiento autónomo y donde sea necesario un regulador automático de voltaje (AVR).

La figura IV.18 muestra esquemáticamente los sistemas de energía requerida en cada Estación del Proyecto.

#### 4.14.2 Alimentación para Estación Repetidora próxima a Fuentes de Energía

La alimentación para este tipo de estaciones se hará mediante circuito de energía en 380 / 220 V.c.a. sobre postera de madera. Esta alimentación se tomará a partir de los servicios auxiliares de las subestaciones eléctricas.

En la caseta de los equipos se incluirá el rectificador-cargador con su respectivo Banco de Baterías que permita tener una autonomía de ocho horas.

Es importante indicar además que si la variación de la tensión primaria A.C. excede el 10%, se debe equipar esta Estación con un AVR.

#### 4.14.3 Alimentación para Estaciones Repetidoras Aisladas

Se ha considerado la utilización de la alimentación mediante celdas solares las que son totalmente dependientes de las condiciones climáticas del lugar de instalación; interesa el nivel de radiación diaria, así como la acumulación de polvo y otras sustancias que podrían impedir el normal funcionamiento de las mismas. Como requerimiento necesario pero no suficiente es deseable utilizar estos sistemas - en lugares de clima limpios; por esta razón se ha decidido utilizar este tipo de alimentación en la sierra donde la cantidad de radiación solar anual



es mayor y además la lluvia regular permita una conservación de las celdas solares, pudiéndose salvar con este tipo de alimentación las dificultades de acceso en la zona de la sierra.

#### 4.15 Obras Complementarias

Relación de las obras complementarias para la instalación del Proyecto:

- Obras Civiles

Las obras civiles se refieren básicamente a la construcción de casetas que servirán para albergar los equipos de radio, múltiplex y energía del Proyecto. Se ha estimado casetas de 4 x 4 m. para la mayoría de las estaciones.

Los equipos deberán disponerse tal como se indica en la figura IV.19.1,2, que muestra la vista de planta interior y la vista isométrica de una caseta típica para la disposición de los equipos.

- Línea de Alimentación de Energía

Debe indicarse que en las Estaciones Repetidoras se instalará un tendido de Línea de Alimentación aprovechando que por los poblados cercanos a dichas estaciones pasan las líneas de transmisión a 10 KVA, y estas tendrán que utilizar el transformador de baja tensión para entregar el rectificador 220 VAC.

- Alimentación a la Repetidora C° Llamahuaqui

En el planeamiento de los enlaces se ha considerado reducir al mínimo la instalación de equipos activos en zonas aisladas. En la red propuesta, por las condiciones de propagación y lo difícil de la topografía ha resultado inevitable la construcción de la repetidora activa que se ubicará en el C° Llamahuaqui a la cual hay que proveerla de la necesaria alimentación eléctrica, esti-

mada entre 3.0 a 5.0 KW para atender la carga de los equipos, dispositivos de control, posible equipo de pre-surización y resistencias para calefacción.

En este punto se puede contar con suministro propio de Energía, pues existe una línea de 10 kVA que pasa por el poblado de Huacrapuquio que dista del punto de re-transmisión aproximadamente 6 Km. en línea recta.

Para la elección del sistema de alimentación, se ha considerado las siguientes alternativas:

- Línea de 7.2 Kv monofásica desde la Subestación de Huayucachi.
- Celdas Solares
- Grupo diesel

Generadores termeléctricos, de gas y eólicos se han considerado de manera no muy detenida, en razón a que , para la demanda de la estación, su costo es comparativo con el de los otros sistemas, teniendo sin embargo menos confiabilidad y requiriendo por lo mismo un frecuente mantenimiento.

En el presente, se encuentra en curso en prever una L. T. de 7.2 kV a 5 KW desde la Subestación de Huayucachi hasta la repetidora Llamahuaqui con un recorrido aproximado de 8.5 Km., a un costo estimado promedio en U.S.\$ 8,000 por kilómetro línea instalada sobre postera de madera.

Tratándose de un punto nodal de mucha importancia en la red de microondas, debe asegurarse su suministro eléctrico, manteniendo una razonable reserva de A-H en las baterías.



En resumen, para la alimentación de la repetidora Llana huaqui, se recomienda una línea de alimentación desde la Subestación de Huayucachi o desde un punto cercano a la línea de 10 KVA cercano al poblado de Huacrapuquio , debiéndose preveer en su diseño la necesaria protección contra los efectos por descargas atmosféricas, así como un grupo diesel de 5 KW con arranque automático y supervisión a distancia de sus principales parámetros de funcionamiento. Un rectificador-cargador y un banco de baterías en carga flotante, debe preverse para la alimentación de los equipos de radio.

#### 4.16 Especificaciones Técnicas

Las Especificaciones Técnicas están contenidas en el Capítulo V de la presente Tesis. En él se detallan las características y parámetros principales que han servido como referencia para el diseño de radioenlace.

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

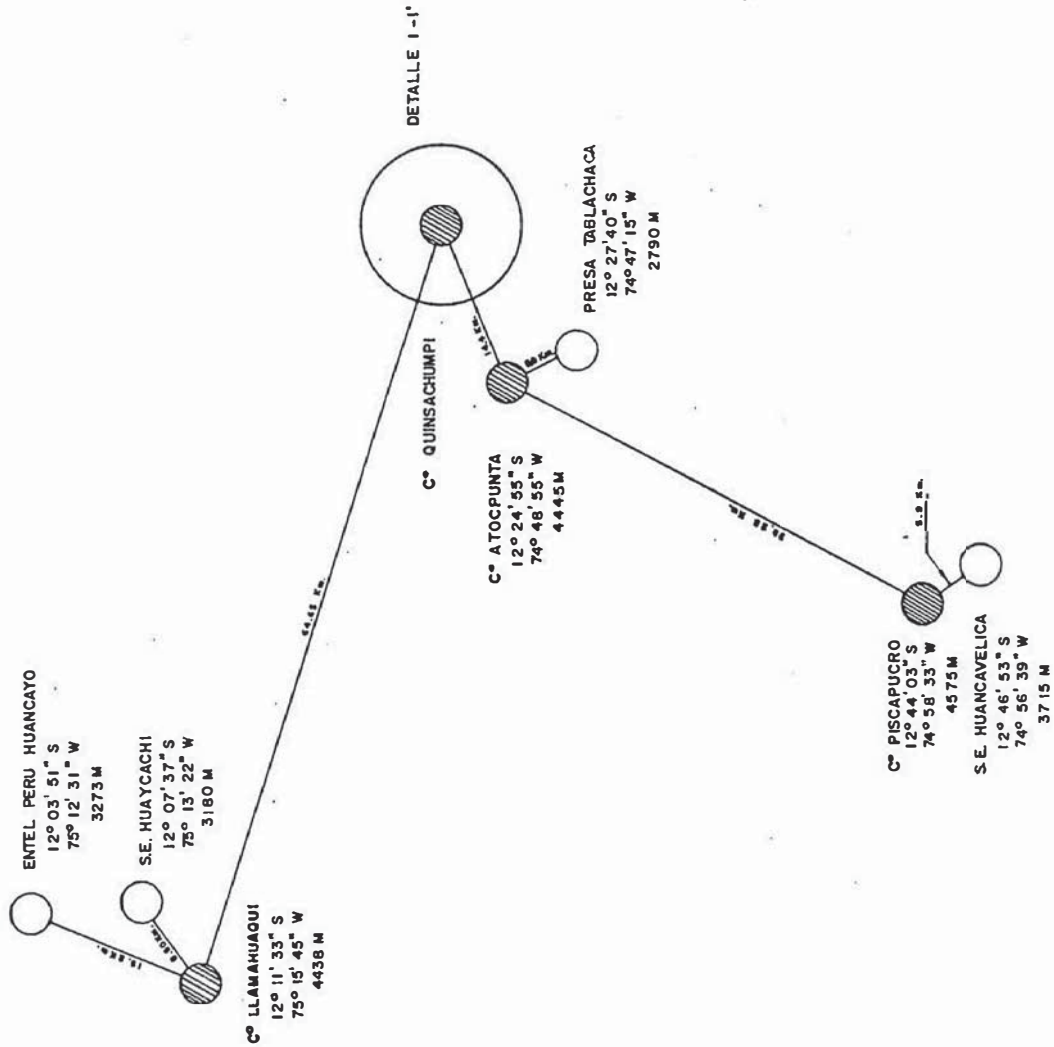
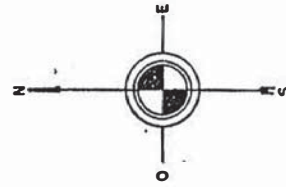
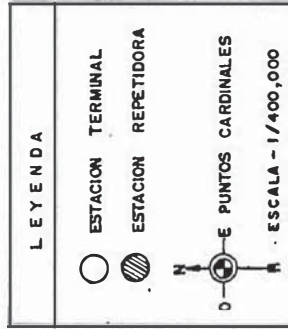
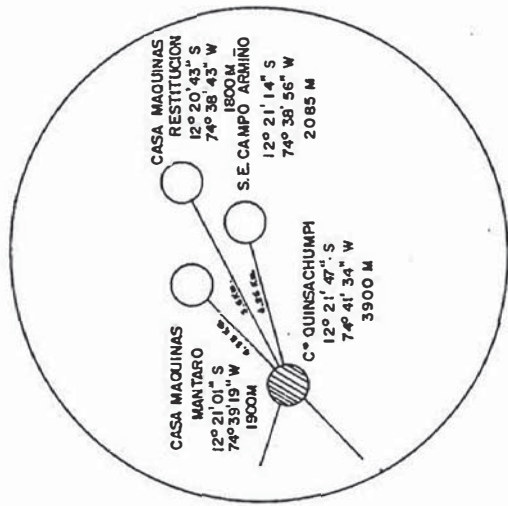


FIG. IX.1

RED GENERAL DEL SISTEMA



PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

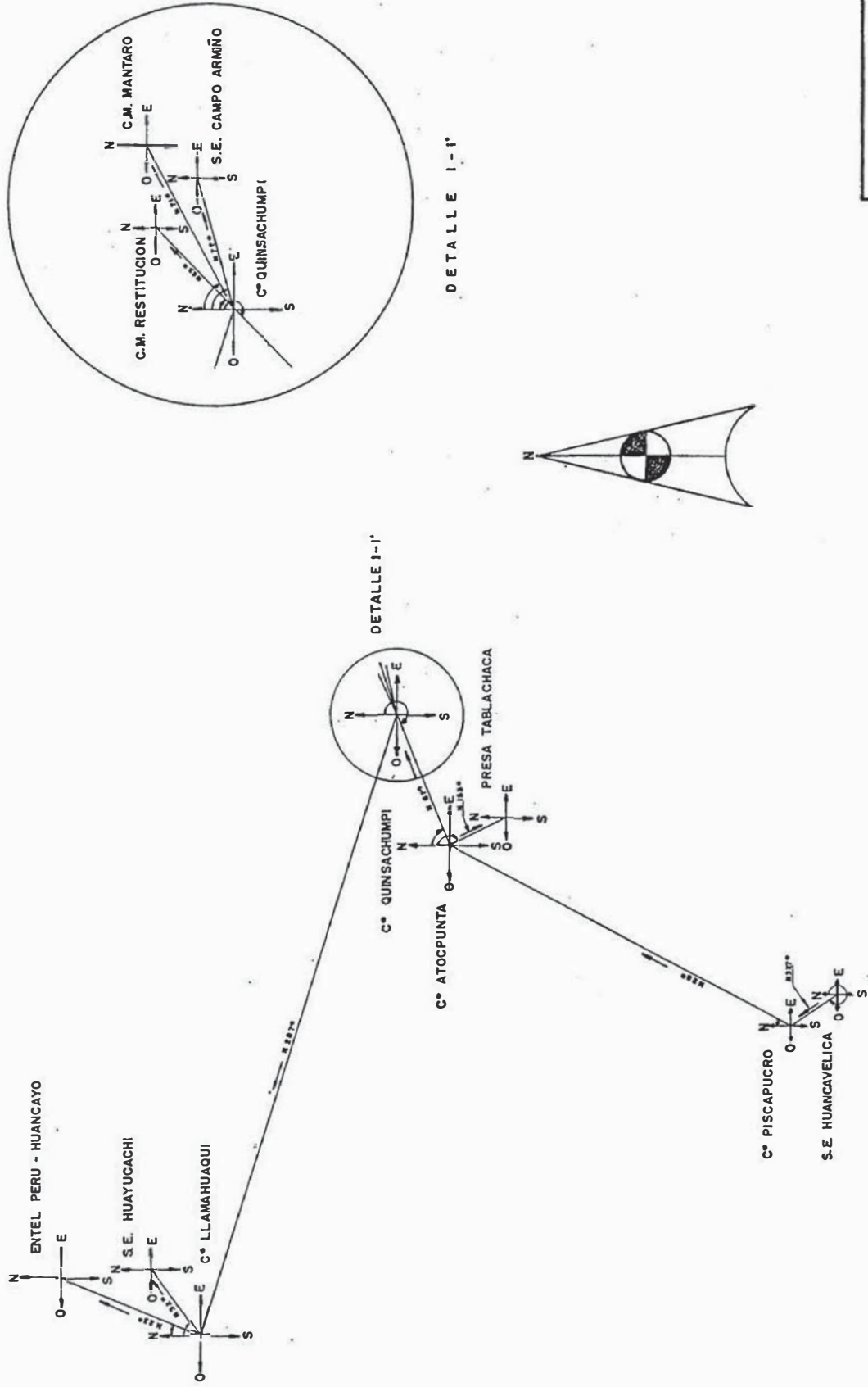


FIG. IV. 2.1

PLAN DE RUTA SEÑAL S.E. HUANCAYELICA  
 ENTEL PERU - HUANCAYO

PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

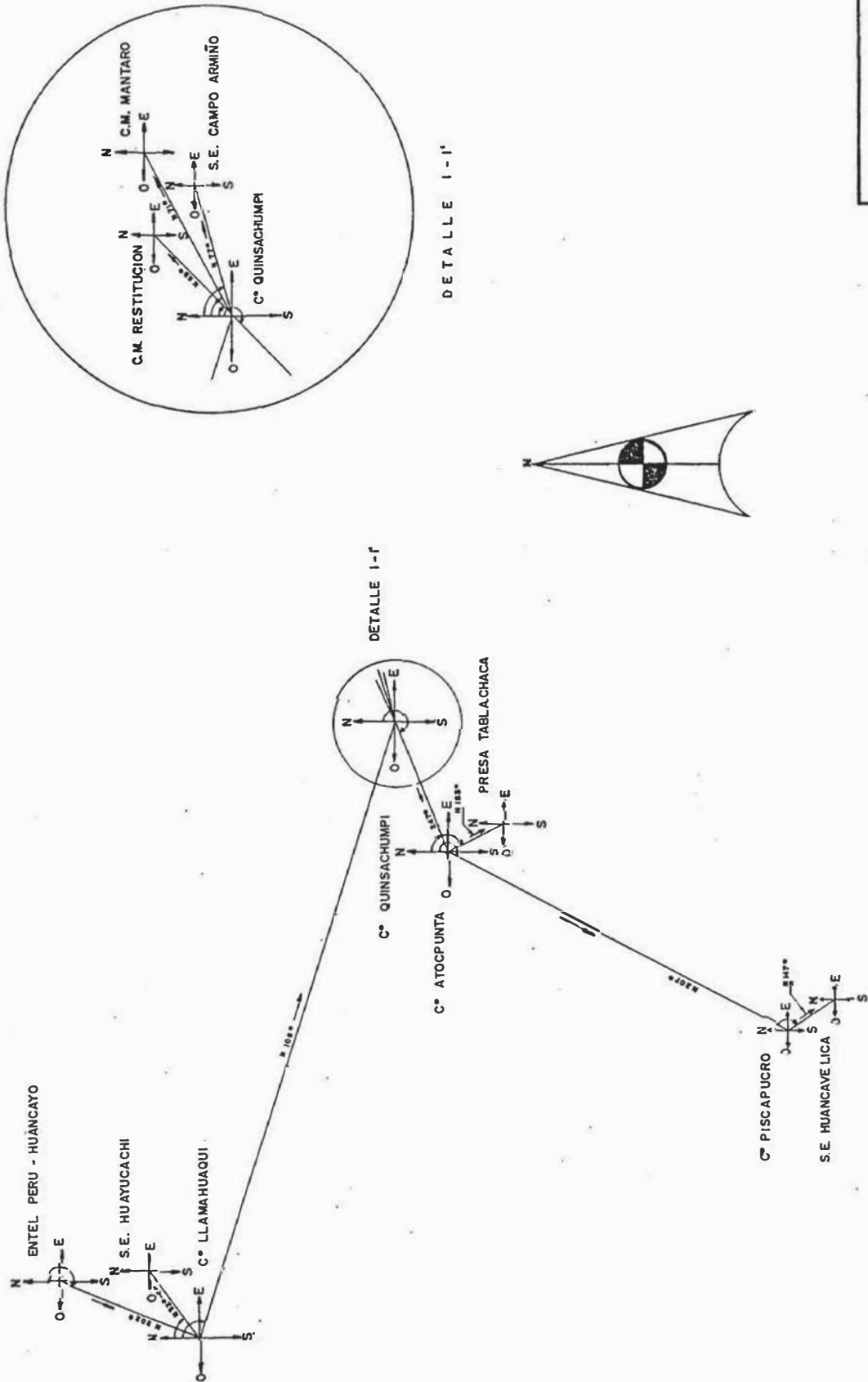


FIG. III. 2.2

PLAN DE RUTA SEÑAL ENTEL PERU  
 HUANCAYO - S.E. HUANCAYELICA



PROYECTO RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
 FNI ACF S E HUANCAMELICA - C° PISCAPURO

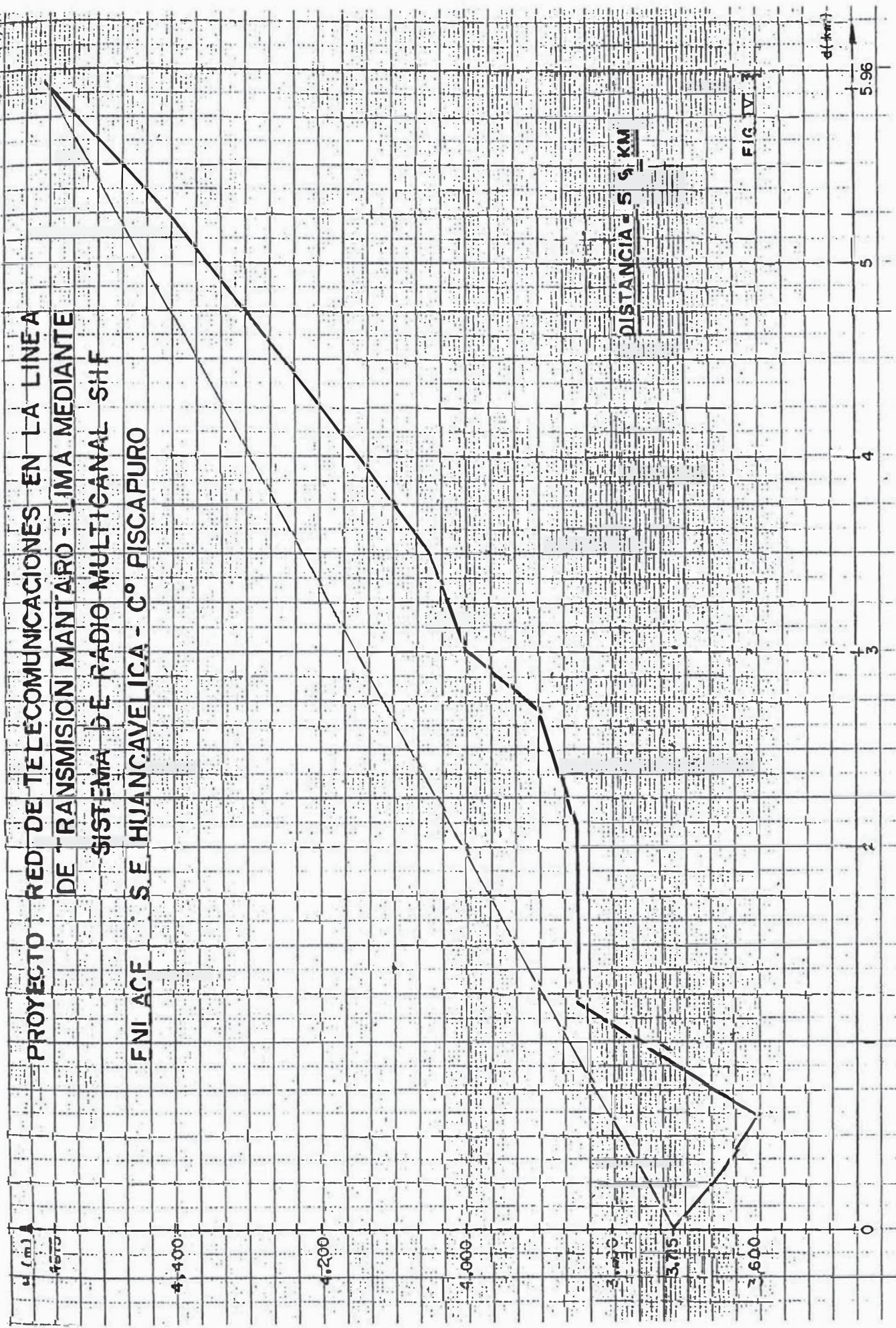


FIG IV



PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° PISCAPUCRO - C° ATOCPUENTA

DISTANCIA = 39.25 KM

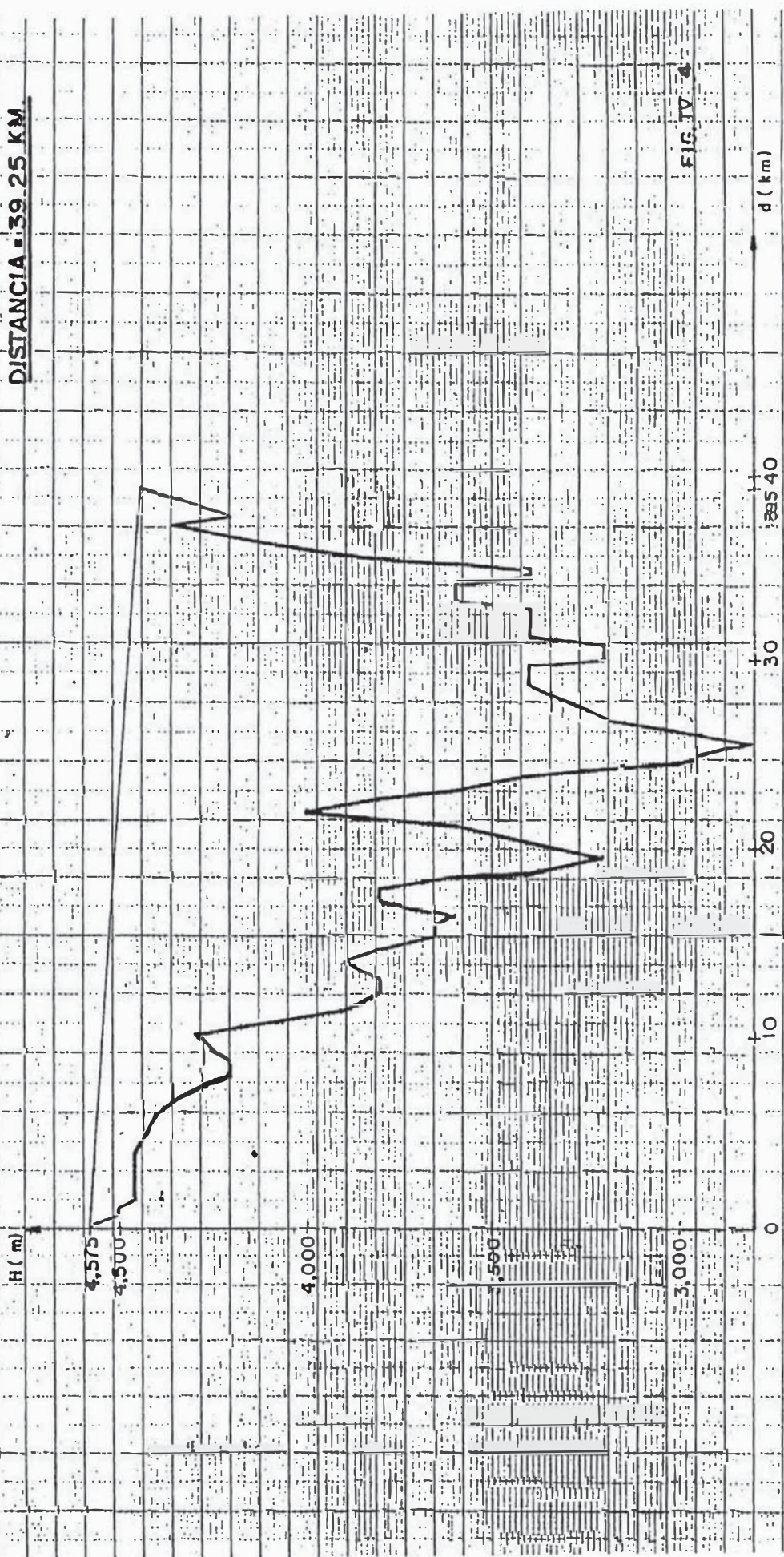


FIG. IV - 4



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
ENLACE: C° ATOCPUENTA - REPRESA TABLACHACA

DISTANCIA = 5.9 KM

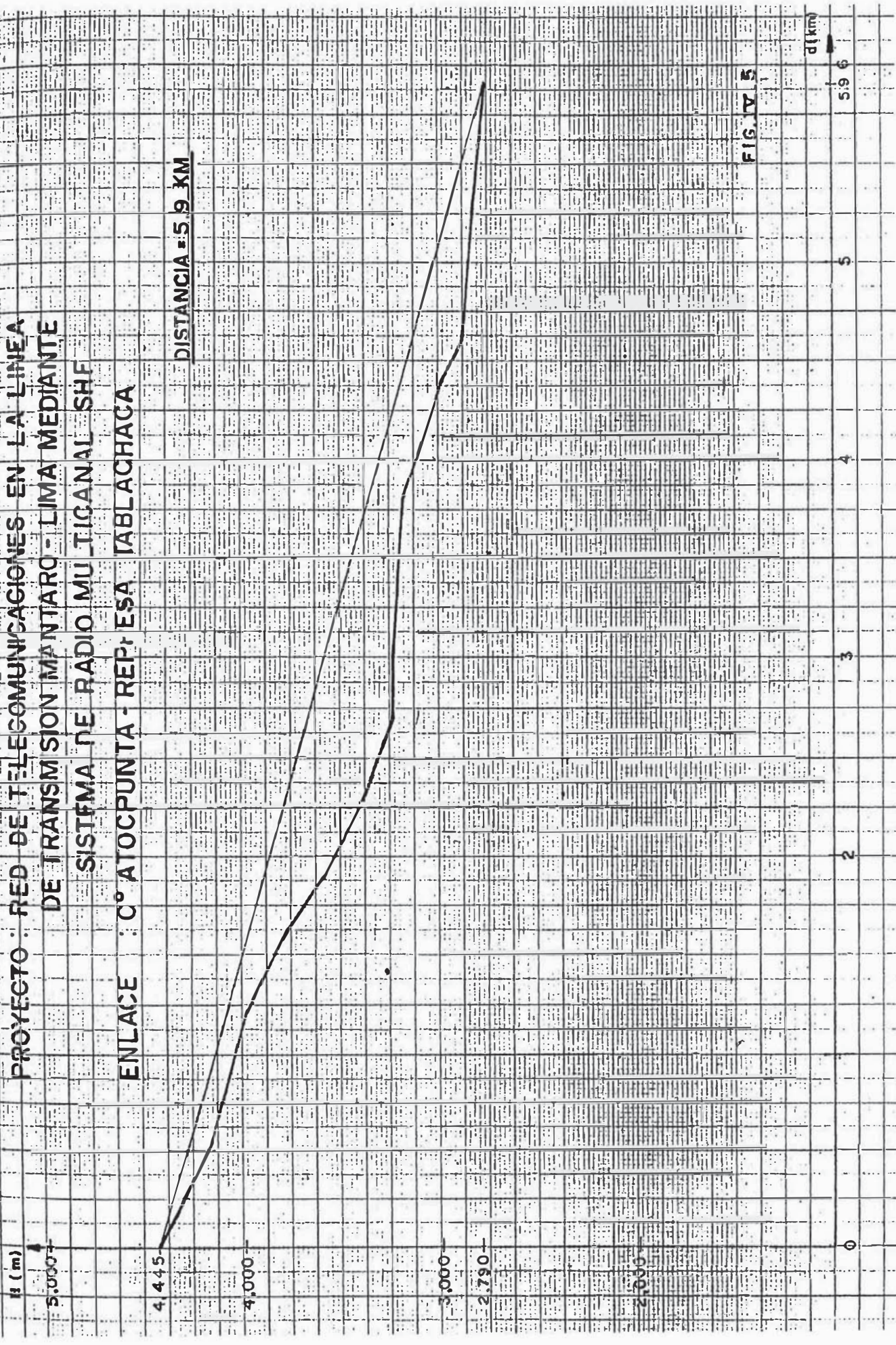


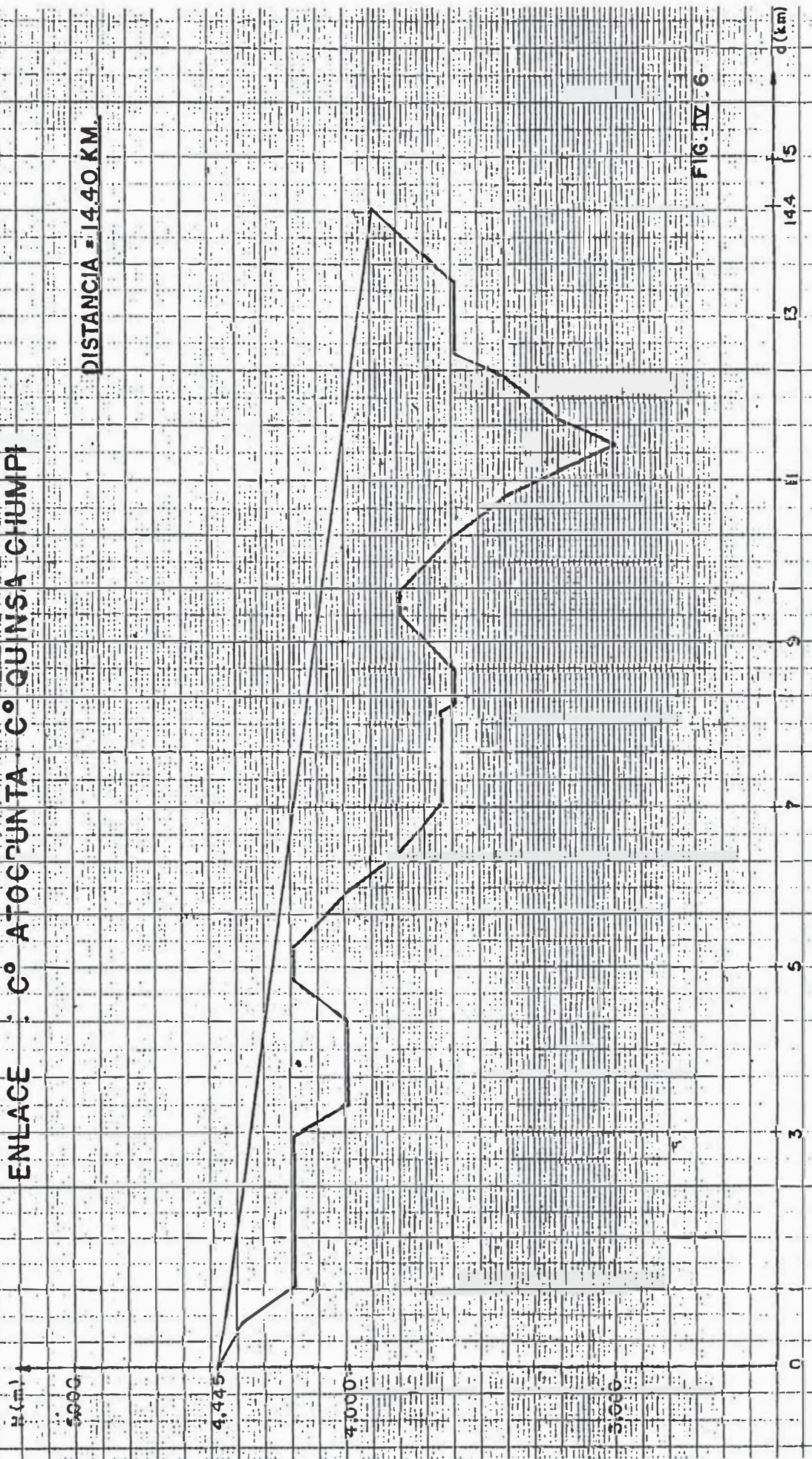
FIG. V. 5



PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° ATOCPUANTA C° QUINSA CHUMPI

DISTANCIA = 14.40 KM.





PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
ENLACE : C° QUINSA CHUMPI - S.E. CAMPO ARMIÑO

DISTANCIA = 4.95 KM.

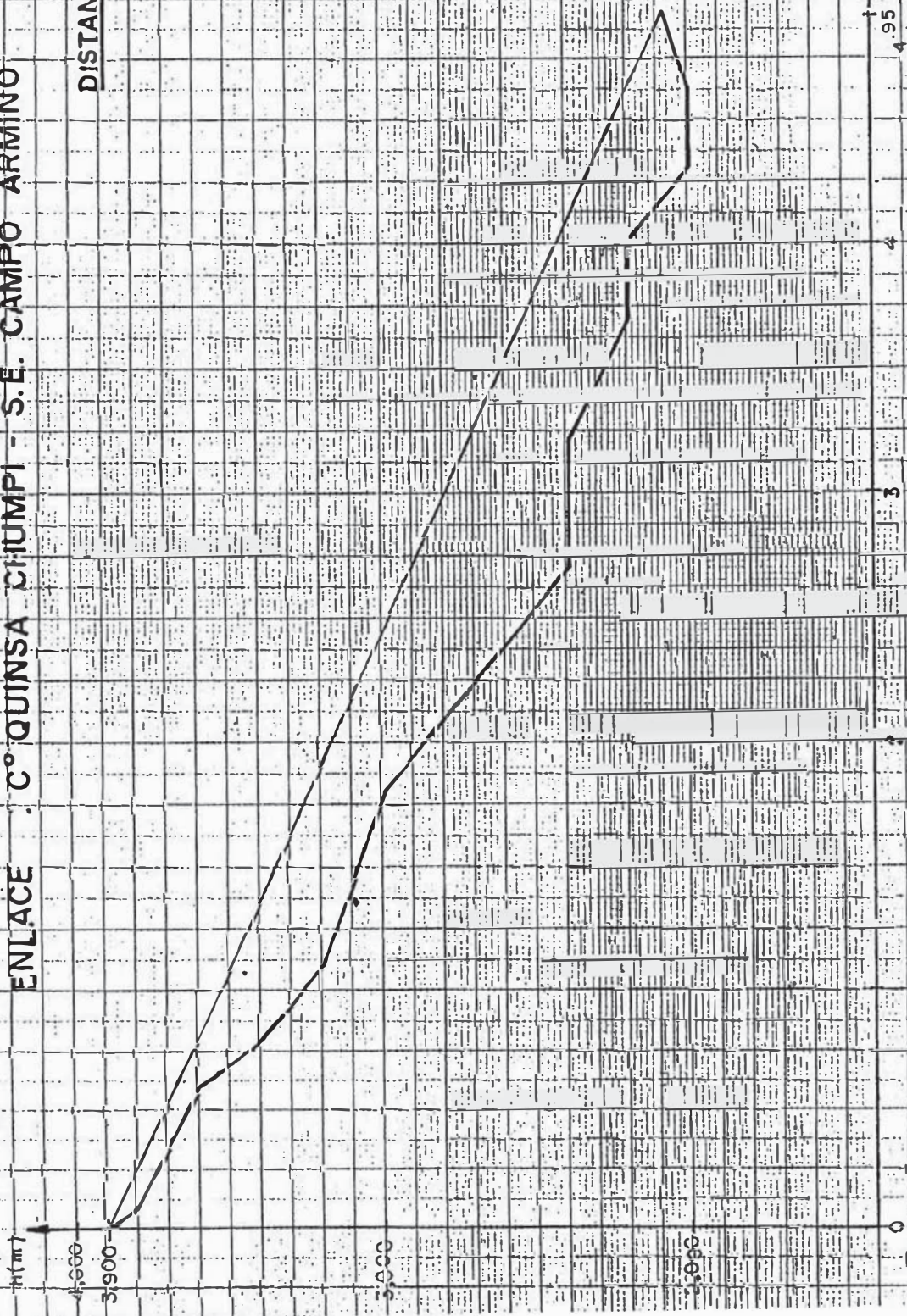


FIG. IV - 7



PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MUY TILCANAL SHF

ENLACE : C° QUINSA CHUMPI - C. M. RESTITUCION

DISTANCIA = 5.6 KM.

H (m)

4,000

3,500

3,000

2,000

1,800

0

2

3

4

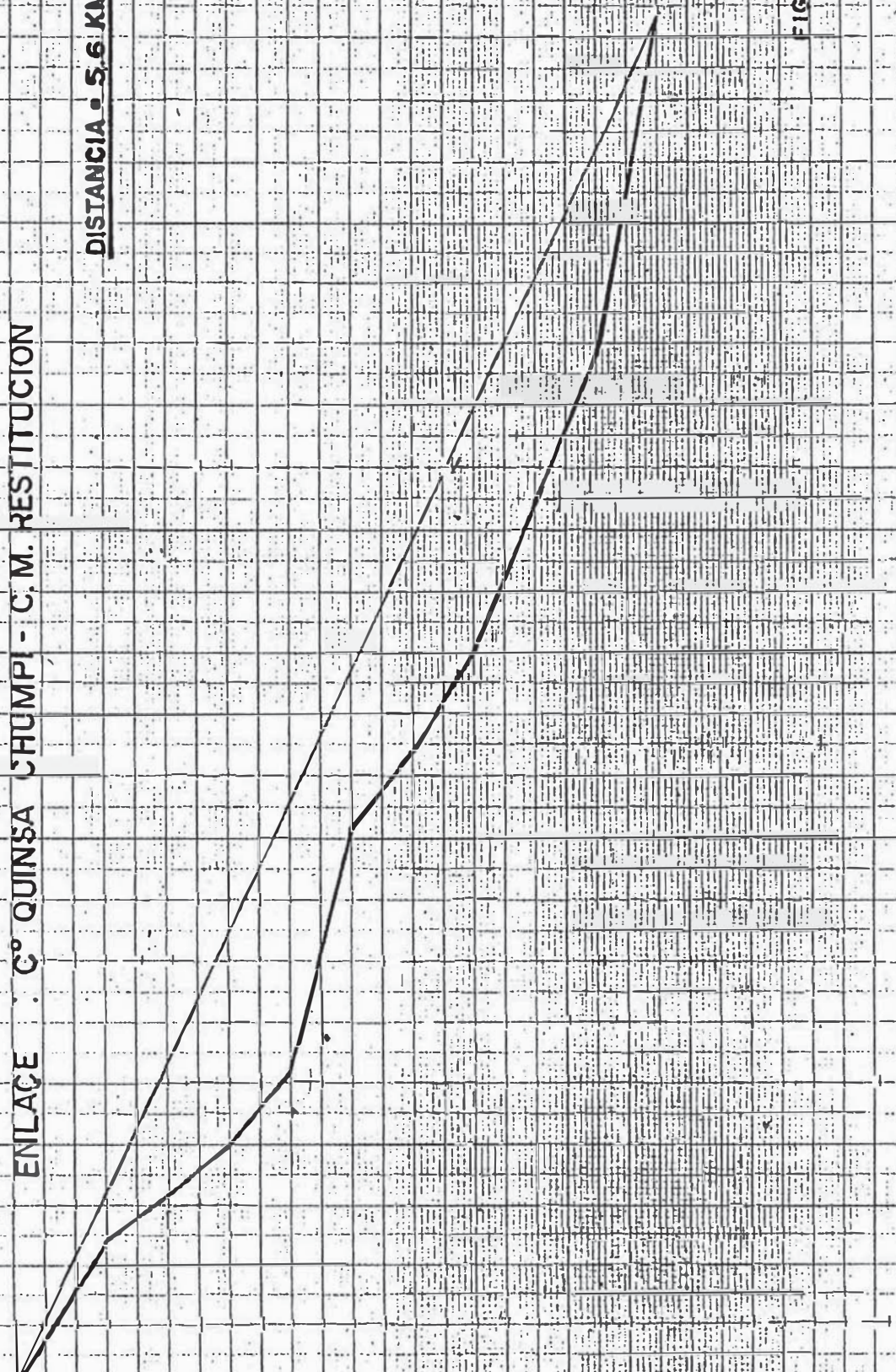
5

5.6

5

S (km)

FIG. IV 8





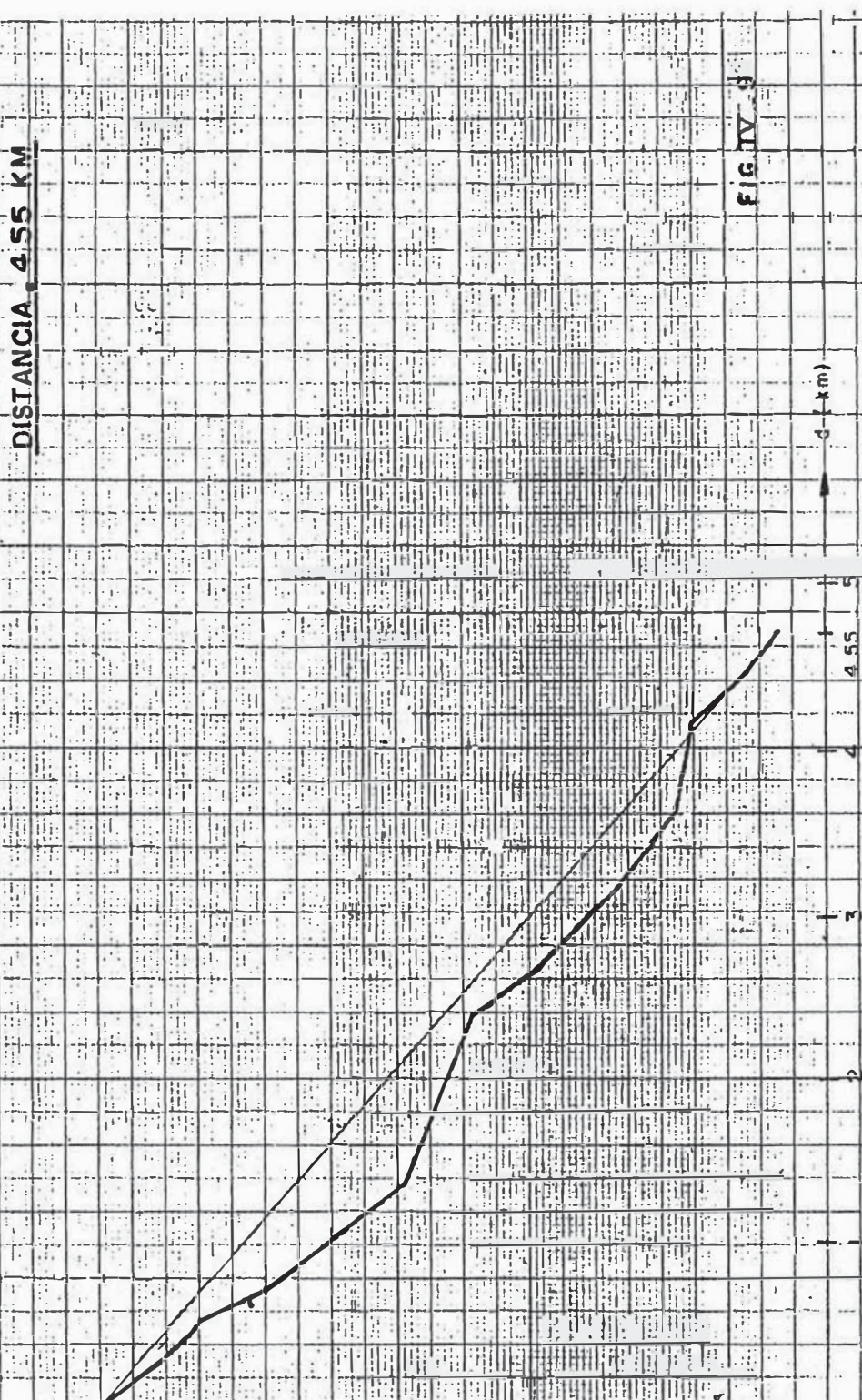
PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
 ENLACE: QUINSA CHUMPI - C.M. MANTARO

DISTANCIA: 4.55 KM

H (m) 4,000  
 3,900  
 3,500  
 3,000  
 2,500  
 2,000  
 1,900  
 0

d (km) 0 1 2 3 4 5

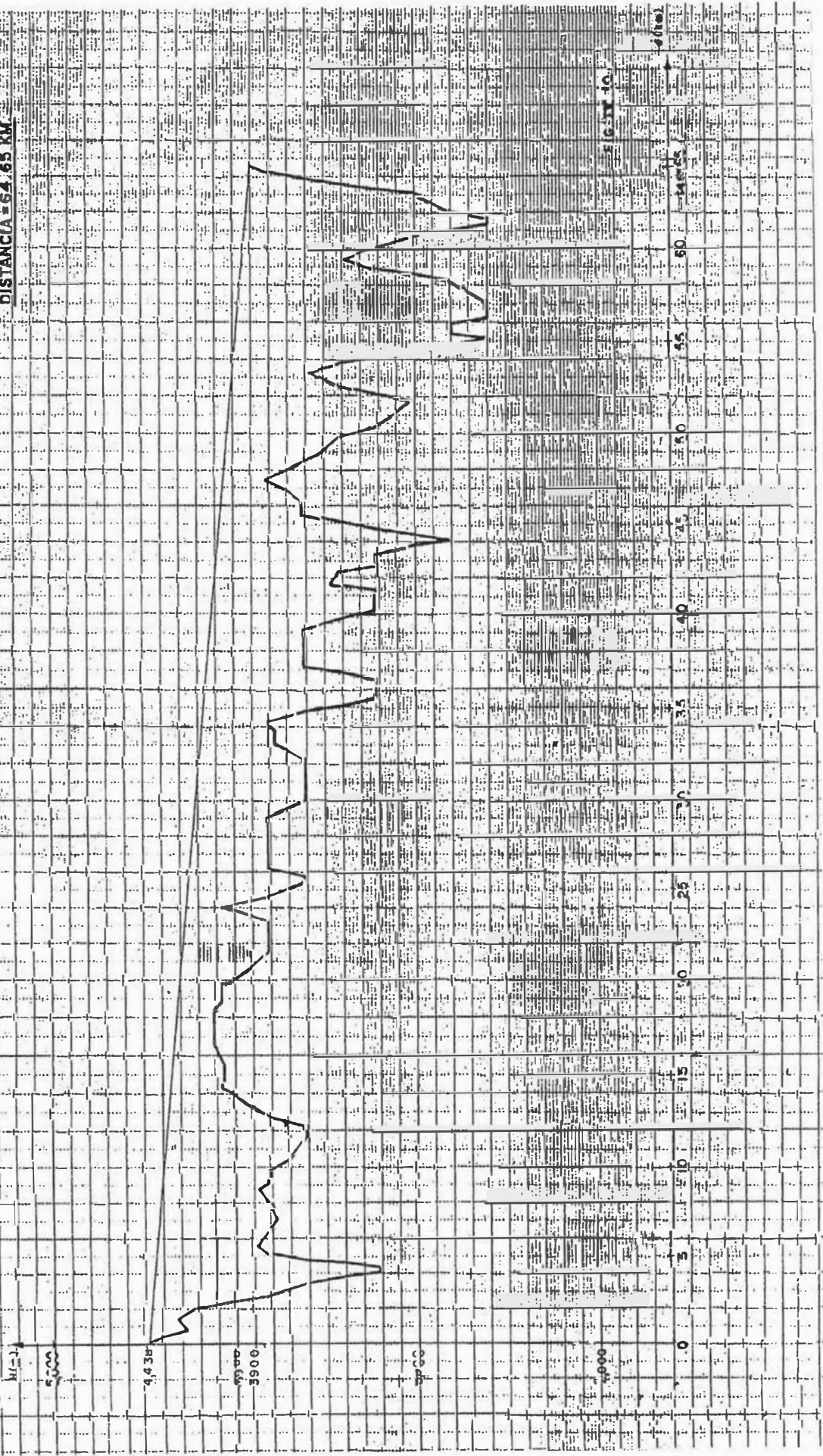
FIG. IV - 9





PROYECTO: RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
ENLACE: C° LIAMAHUAQUI - C° QUINSAÇHUMPI

DISTANCIA = 64.65 KM





PROYECTO · RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° LLAMAHUAQUI - S.E. HUAYUCAGCHI

DISTANCIA = 8.5 KM

4.500

4.438

4.000

3.500

3.180

3.000

0

d (km)

9

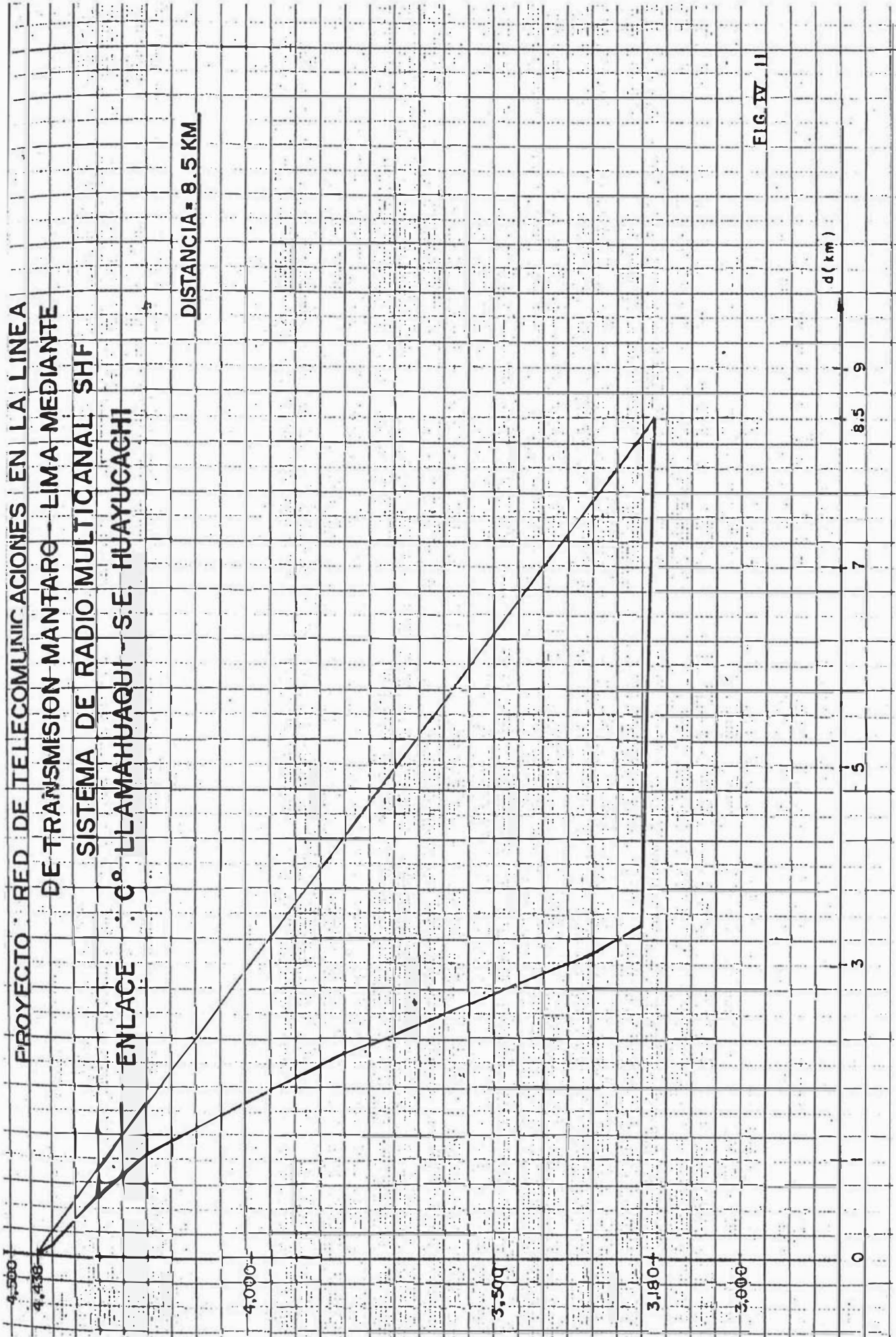
8.5

7

5

3

FIG. IV - II





PROYECTO . RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° LLAMAHUAQUI - ENTEL PERU HUANGAYO

DISTANCIA = 15.2 KM

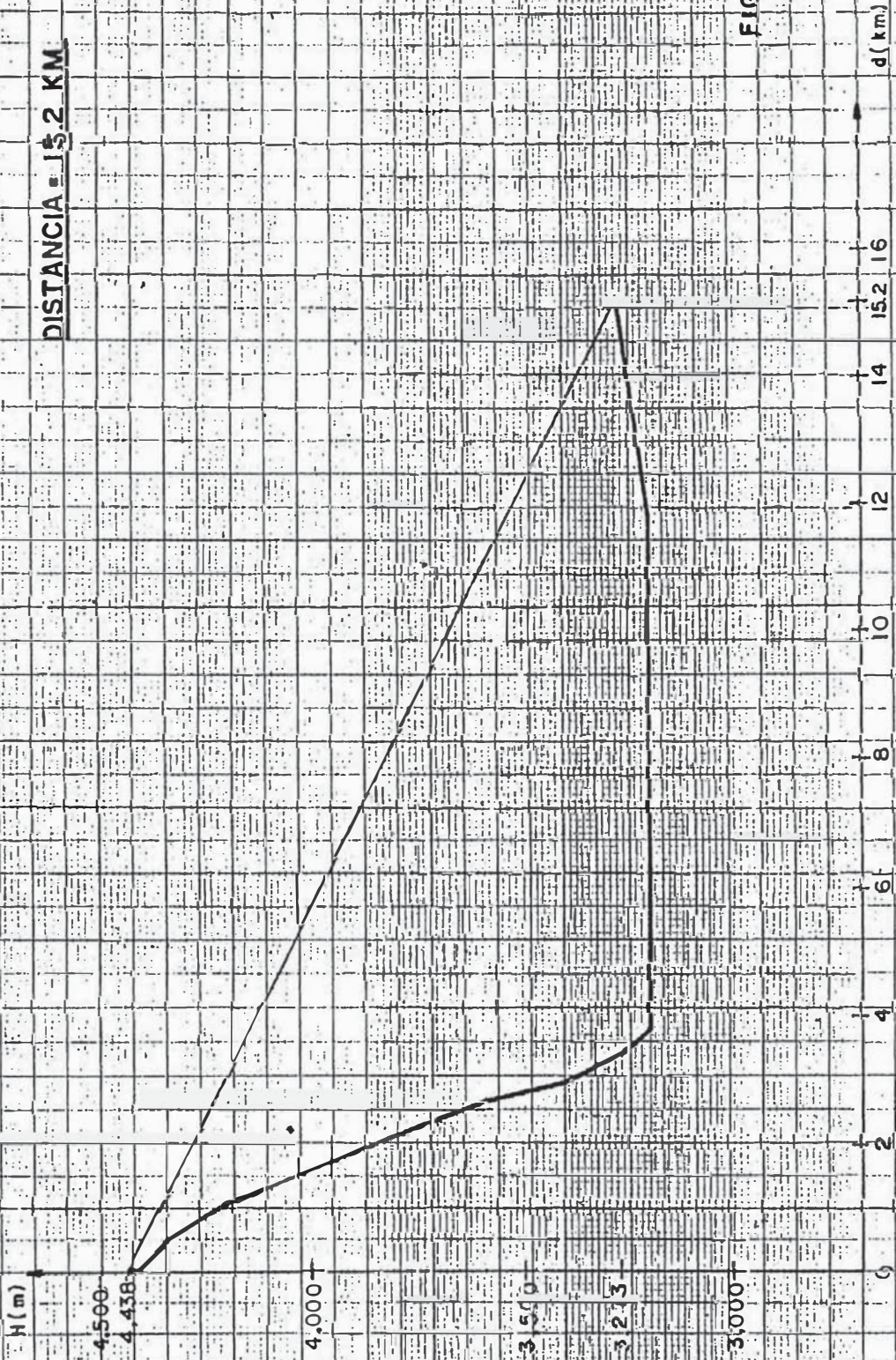


FIG IV 12











PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
 DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
 SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
 C.M. MANTARO

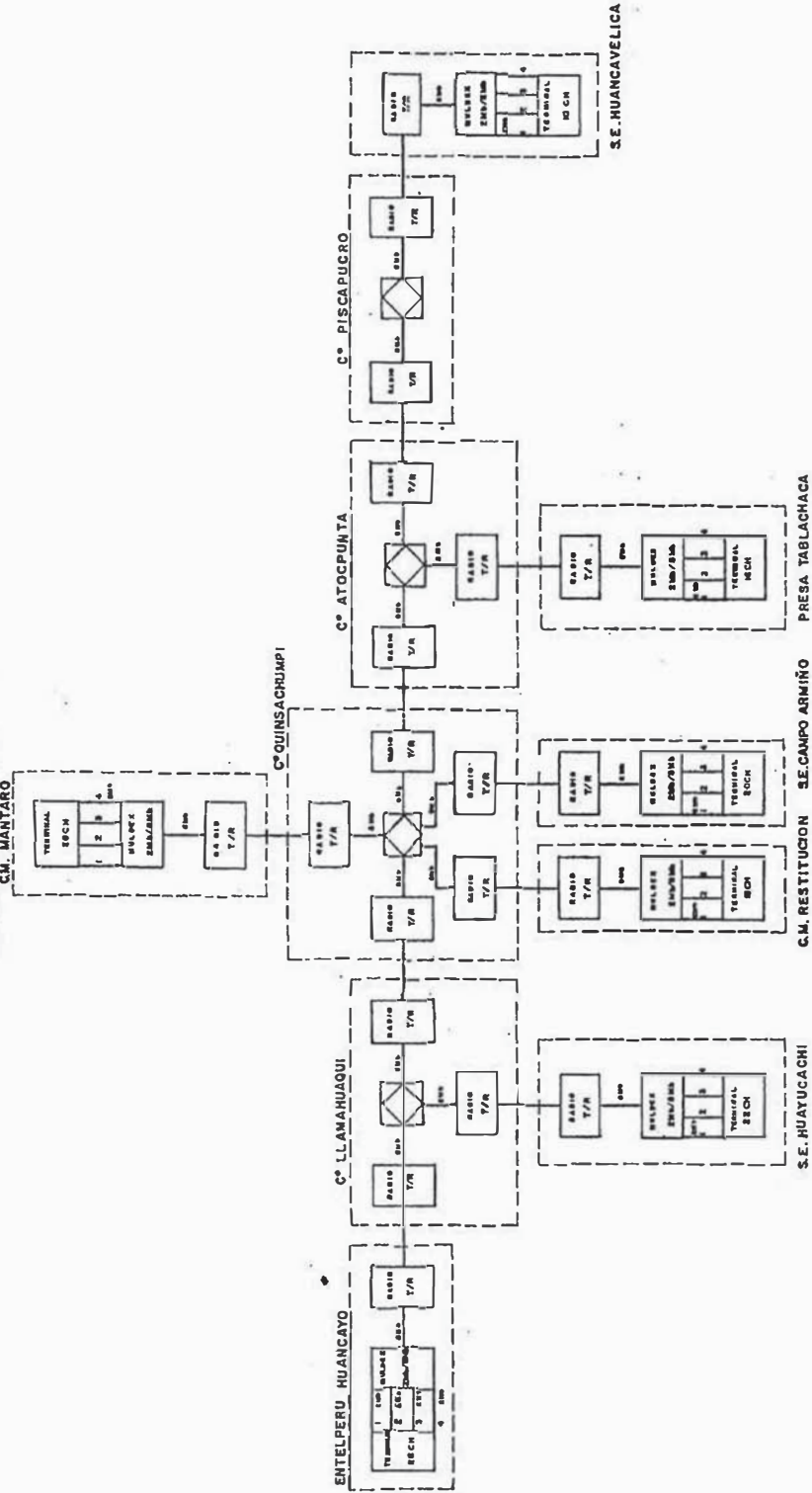


FIG. III. 16

ESQUEMA DEL EQUIPAMIENTO

LEYENDA

☐ HIBRIDO





# PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA DE TRANSMISION MANTARO- LIMA MEDIANTE SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

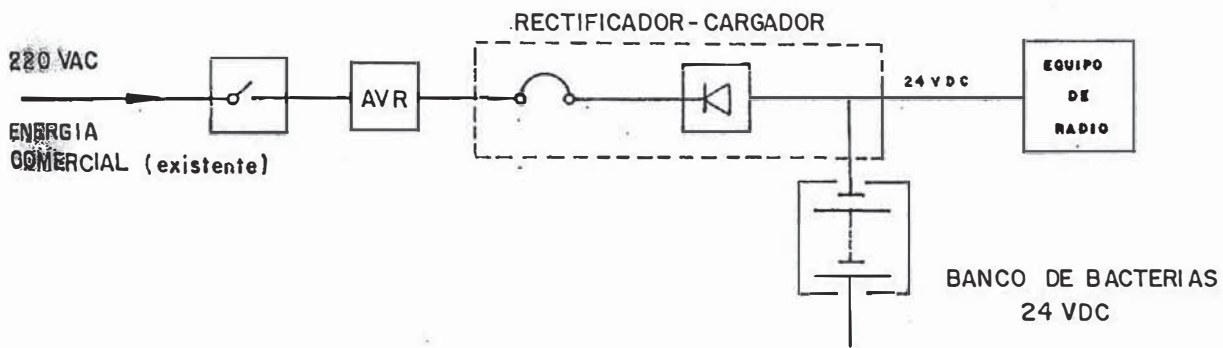
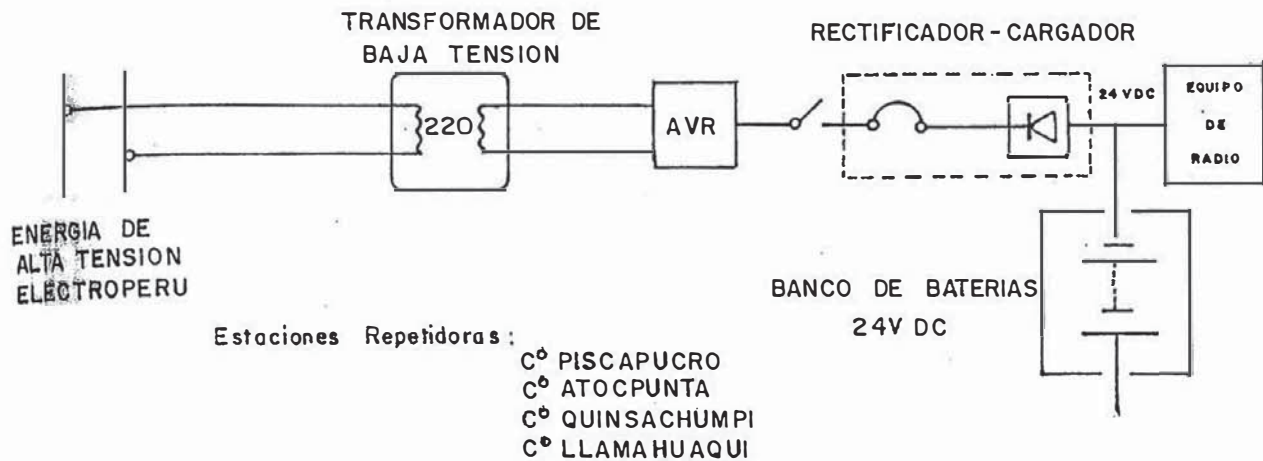
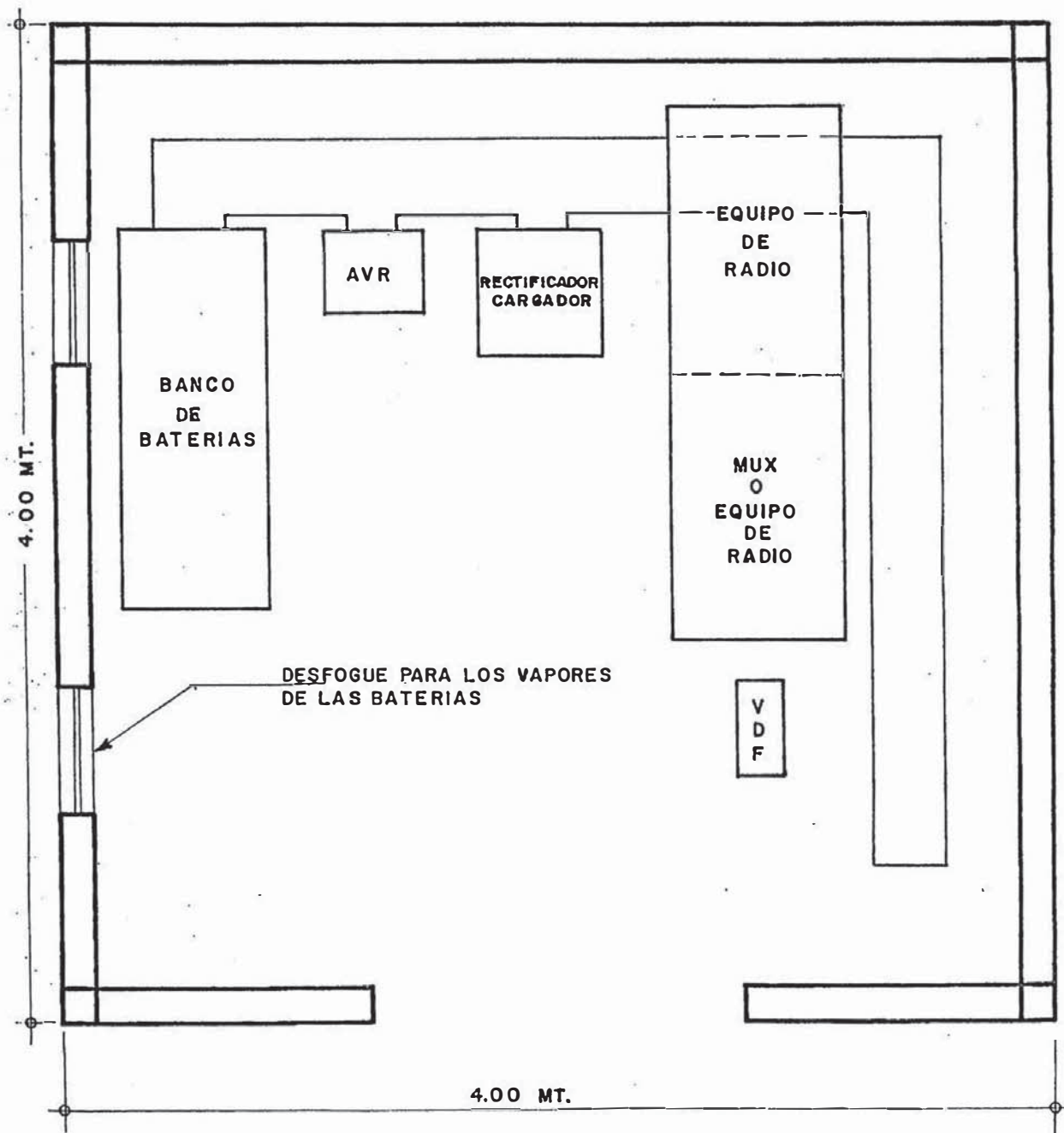


FIG. IV.18



PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
ASUNTO : VISTA DE PLANTA DE LA CASETA DE RADIO

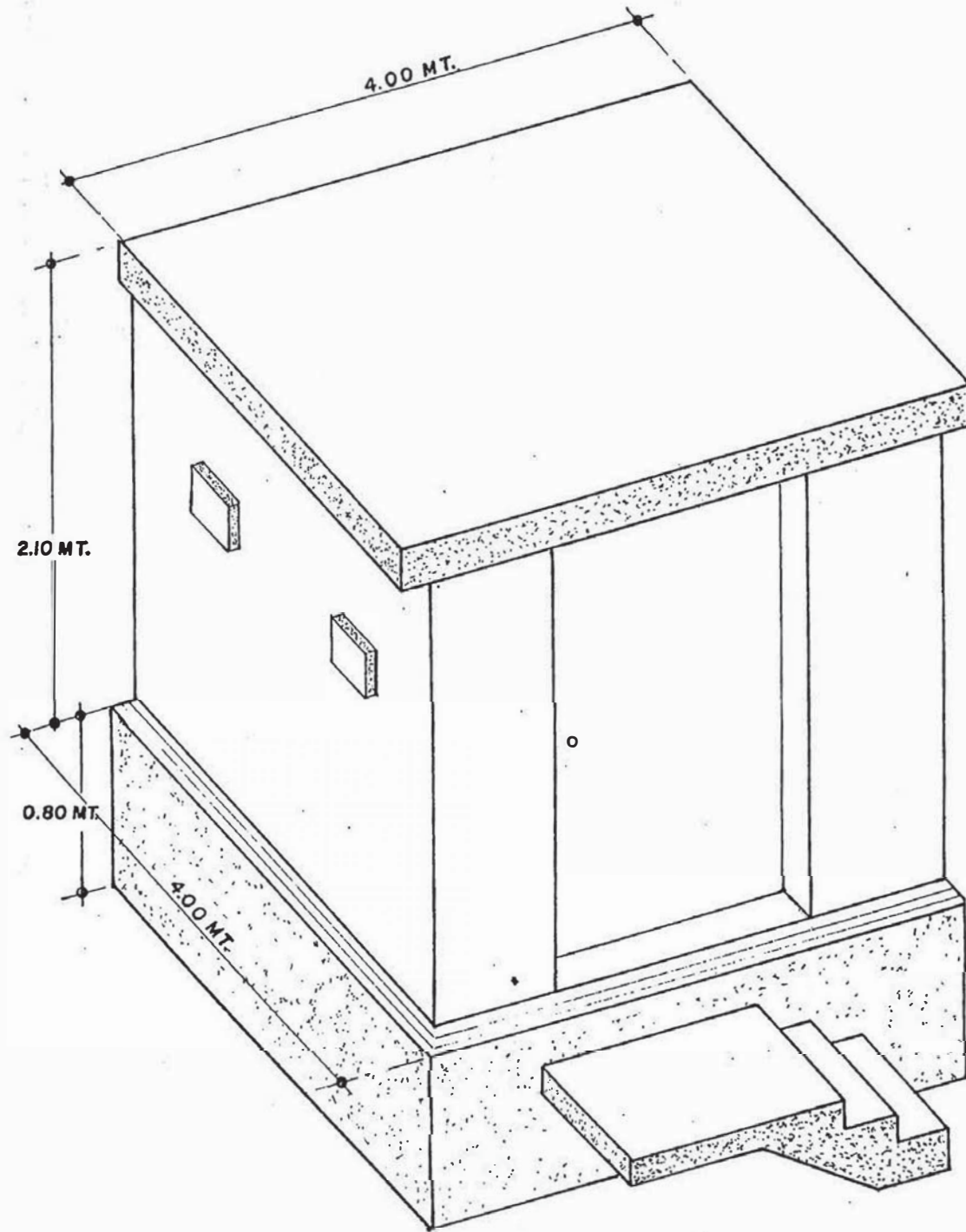


**LEYENDA**

AVR : REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE  
VDF : DISTRIBUIDOR DE FRECUENCIA DE VOZ

FIG. IV. 19.1

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA  
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE  
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF  
ASUNTO: VISTA ISOMETRICA DE LA CASETA DE RADIO



**CASETA PREFABRICADA**

**FIG. IV.19.2**



## C A P I T U L O V

### 5.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS, SISTEMA DE RADIO

#### 5.1 Generalidades

Este Capítulo trata del suministro del equipo y de los ser  
vicios asociados necesarios para la implementación de una  
red radio multicanal que servirá para el mantenimiento de  
la red de líneas de transmisión de alta tensión de Electroperú,  
instalados durante la Tercera Etapa de Mantaro III.

De modo general y cada vez que sea de interés para la Em  
presa el Licitador seguirá los consejos y recomendaciones  
del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones  
(CCIR). Las potencias de entrada y salida en cada circuito  
de radio frecuencia, deberán ser regulables.

El ajuste final de los niveles debe efectuarse en el momento  
de realizar las pruebas de aceptación provisional de  
los equipos.

Todos los componentes de los equipos deben ser probados en  
fábricas, cuyos protocolos de prueba debidamente sustentados,  
serán suministrados por el proveedor.

Los equipos deben tener puntos de prueba para verificar va  
lores importantes de tensión y corriente, a través del ins  
trumento indicador correspondiente y además tener una ga  
rantía de fabricación por un período de 24 meses, contados  
a partir de las pruebas de aceptación provisional de las  
instalaciones.

Se ha previsto el sistema de canales para SHF en número y

distribuidos como se muestra a continuación:

S.E. Huancavelica	- Presa Tablachaca ...	2 canales
	- C.M. Mantaro ...	2 canales
	- S.E. Campo Armíño ..	2 canales
	- S.E. Huayucachi ...	2 canales
	- Entel Perú Huancayo.	2 canales
Presa Tablachaca	- S.E. Huancavelica ..	2 canales
	- C.M. Mantaro ...	6 canales
	- C.M. Restitución ...	2 canales
	- S.E. Campo Armíño ..	2 canales
	- S.E. Huayucachi ...	2 canales
	- Entel Perú Huancayo.	2 canales
C.M. Mantaro	- S.E. Huancavelica ..	2 canales
	- Presa Tablachaca ...	6 canales
	- C.M. Restitución ...	6 canales
	- S.E. Campo Armíño ..	2 canales
	- S.E. Huayucachi ...	6 canales
	- Entel Perú Huancayo.	6 canales
C.M. Restitución	- Presa Tablachaca ...	2 canales
	- C.M. Mantaro ...	6 canales
	- S.E. Campo Armíño ..	2 canales
	- Entel Perú Huancayo.	6 canales
S.E. Campo Armíño	- S.E. Huancavelica ..	2 canales
	- Presa Tablachaca ...	2 canales
	- C.M. Mantaro ...	2 canales
	- C.M. Restitución ...	2 canales
	- S.E. Huayucachi ...	6 canales
	- Entel Perú Huancayo.	6 Canales
S.E. Huayucachi	- S.E. Huancavelica ..	2 canales
	- Presa Tablachaca ...	2 canales



- C.M. Mantaro ... 6 canales
- S.E. Campo Armiño .. 6 canales
- Entel Perú Huancayo. 6 canales

Entel Perú Huan  
cayo

- S.E. Huancavelica .. 2 canales
- Presa Tablachaca ... 2 canales
- C.M. Mantaro ... 6 canales
- C.M. Restitución ... 6 canales
- S.E. Campo Armiño .. 6 canales
- S.E. Huayucachi ... 6 canales

## 5.2 Sistema de Radio

Los equipos de radio conformarán un radioenlace simple para transmisión bidireccional de 120 canales telefónicos CC ITT.

El diseño de los circuitos deberá ser tal, que todos los componentes trabajen correctamente dentro de los valores especificados por sus respectivos fabricantes, además deben permitir ser reemplazados por otros equivalentes, sin modificación de los circuitos asociados a los mismos .

El acceso para reemplazar componentes y efectuar pruebas y mediciones, debe ser fácil con unidades modulares y enchufables. Los ajustes para efectuar el alineamiento deben ser estables y no críticos.

Los equipos y materiales objeto de las siguientes especificaciones se sujetarán a requerimientos de bajo consumo de energía y a las características climáticas y geográficas que a continuación se indican:

Estación	Altura m.s.n.m.	Temperatura °C		Grado de Con- taminación
		Mínima	Máxima	
Huancavelica	3715	-15	+30	Ninguna
Presa Tablachaca	2790	+ 5	+40	Ninguna
Campo Amniño	2085	+ 5	+40	Ninguna
C.M. Restitución	1800	+ 5	+40	Ninguna
C.M. Mantaro	1900	+ 5	+40	Ninguna
Huayucachi	3180	-15	+30	Ninguna
Entel Perú Huancayo	3273	-30	+50	Ninguna

### Especificaciones Técnicas

#### Equipo Terminal PCM - Parámetros del Sistema

Banda de Frecuencia	: 1.7 a 2.3 GHz
Capacidad de Transmisión	: 120 canales telefónicos bidireccionales (CTT)
Modulación	: 4 PSK
Potencia de Transmisión	: 27 dBm
Frecuencia de Reloj	: 2048 KHz $\pm$ 50 ppm
Fuente de Reloj	: Interna, esclava o externa
Velocidad de Muestreo	: 8 KHz

#### Interface de Puerta de VF

Impedancia	: 600 Ohmios balanceado
------------	-------------------------

#### Interface de Puerta de Señalización

Distorsión de Impulso de Marcación	: Dentro de $\pm$ 8 ms sobre un enlace
Bloqueo Normal	: Uno por tarjeta

#### Interface de 2,048 Kbit/s

Velocidad de bits	: 2048 kbits/s $\pm$ 50 ppm
Código	: HDB3
Tensión Máxima de Marca	: $\pm$ 2.37 V $\pm$ 10% conectada a la carga con resistencia de 75 ohmios



Impedancia : 75 Ohmios desbalanceado  
 Duración del Pulso : 244 + 25 ns  
 Pérdida permisible a la  
 Entrada : 0 - 6 dB a 1024 KHz

Interface de dato de 64 Kbits/s  
 Formato de Señal : Bipolar  
 Interface : Contradireccional y/o co-  
 direccional

Interface de Señalización de 64 Kbits/entre multi-  
 plexores

Dato de Señalización : NRZ (interface de fotoaco-  
 plador)

Reloj de 64 KHz y Reloj  
 de 8 KHz : NRZ (interface de fotoaco-  
 plador)

Monitoreo de Avería : Pérdida de señal entrante  
 de 2048 Kbit/s  
 Pérdida de alineamiento  
 de trama  
 Pérdida de alineamiento  
 de multitrama  
 Fallas de alimentación  
 Falla de interface de da-  
 to de señalización de 64  
 Kbits/s  
 Pérdida de reloj de trans-  
 misión de 2048 KHz  
 Pérdida de reloj de 8 K /  
 64K  
 Alarma remota

Alimentación

Tensión : -48 VCC  
 Consumo de Energía (Va-  
 tios) : bajo consumo

Temperatura Ambiente	
Garantizada	: -10°C a + 55°C
Humedad Relativa	: Hasta 95% arriba de los 40°C
Altitud	: Hasta 4800 m.s.n.m.

### 5.2.2 Transmisor

Potencia RF (transmisión)	: 27 dBm
Frecuencia de Transmisión	: 1.7 a 2.3 GHz
Estabilidad de Frecuencia	: $\pm 5 \times 10^{-5}$
Señal IF	
Frecuencia Central	: 70 MHz
Impedancia	: 75 ohmios desbalanceado
Tipo de Modulación	: 4 PSK

### Entrada de Señal Digital

Velocidad de Pulso	: 8.448 Mb/s
Forma de Onda	: NRZ
Impedancia	: 75 ohmios desbalanceado

### Canal de Servicio y Señal Supervisora

Rango de Frecuencia	: 0.3 a 8 KHz
Nivel de Entrada	: -30 dB/canal
Impedancia de Entrada	: 600 ohmios balanceado

### Energía requerida

Voltaje	: -48 Vcc
Consumo (Wattios)	: Bajo consumo ( $\pm 10\%$ exactitud comprendida en la eficiencia de la fuente de alimentación)



### 5.2.3 Receptor

Rango de Frecuencia : 1.7 a 2.3 GHz  
 Estabilidad de Frecuencia :  $\pm 5 \times 10^{-5}$   
 Figura de Ruído : 8

#### Señal IF

Frecuencia : 70 MHz  
 Nivel : 4 dBm  
 Independencia : 75 ohmios desbalanceado  
 Demodulación : Detección coherente  
 Nivel de Recepción  
 Entrada a  $10^{-6}$  BER : -80 dBm

#### Salida de Señal Digital

Velocidad de Pulso : 8.448 Mb/s  
 Forma de Onda : NRZ  
 Impedancia : 75 ohmios desbalanceado

#### Canal de Servicio y Señal Supervisora

Rango de Frecuencia : 0.3 a 8 KHz  
 Nivel de Salida : -20 dBm  
 Impedancia de Salida : 600 ohmios balanceado

#### Energía Requerida

Voltaje : -48 VDC  $\pm$  20%

### 5.2.4 Unidad Supervisora

Número de Estaciones Supervisadas : Igual o más de 3 estaciones

Número de alarmas locales : 5

Número de alarmas remota : 2 ítem/estación

Transmisión de la Señal	
de Alarma	: Interrupción de tono continuo
Canal de Servicio Local	
Ancho de Banda	: 300 - 3400 Hz
Señal Supervisora	: 4 - 8 KHz

### 5.3 Sistema Múltiplex Telefónico

#### Generalidades

Los equipos múltiplex deben cumplir con las recomendaciones del CCITT, respecto a ruidos, respuesta en frecuencia, diafonía, etc.

Deberán ser totalmente transistorizados, modulares, con paneles enchufables y de fácil acceso para fines de mantenimiento.

Por razones de economía el sistema múltiplex debe conformar una sola unidad (bastidor) con los equipos de radio.

Los equipos múltiplex deberán estar cableados internacionalmente, dentro del bastidor, hasta su capacidad máxima. El bastidor deberá estar provisto de un sistema de alarma, con indicaciones visuales que muestren el status del equipo. Deberá incluir además jacks para la medición de niveles en los puntos principales (entradas, salidas, portadoras, señalización, pilotos, etc.).

#### 5.3.2 Especificaciones Técnicas

Equipo Multiplexor	: 2 Mbs/8 Mbs (30 canales / 120 canales)
Fuente de Alimentación	
• Local	: 220 VAC $\pm$ 10%, 60 Hz $\pm$ 10%



- . Batería : 48 Vdc  $\pm$  20%

#### Características del Sistema

- . Capacidad : Hasta cuatro señales digitales de 2.048 Mb/s dentro de uno de 8.448 Mb/s
- . N° de Tribuario : 4
- . Bit Rate : 2.048 Mb/s  $\pm$  50 ppm  
8.448 Mb/s  $\pm$  50 ppm
- . Tipo de Multiplexión : Asíncrona bit por bit justificación positiva
- . Estructura de Trama : Según CCITT Rec. G742
- . Impedancia : 75 ohmios desbalanceado

#### Características Eléctricas

2 Mb/s según CCITT Rec. G703  
 8 Mb/s según CCITT Rec. G703  
 Código de Formato : HDB-3  
 o AMI (50% duty)  
 Salida de Pulsos ( niveles ) : 2.37 V  $\pm$  10%

### 5.4 Componentes Aéreos

#### 5.4.1 Antenas

El sistema de alimentación a la antena, se efectuará a través de un duplexor de RF, que permite separar la señal de transmisión de la recepción.

Se debe suministrar los planos y accesorios necesarios para el montaje de las antenas.

Antenas : Parabólicas (tipo Grid)  
 Frecuencia de Operación : 1.7 a 2.3 GHz  
 Ganancia : 25, 28 y 31 dBi

Impedancia : 50 ohmios asimétricos  
 Polarización : Lineal

#### 5.4.2 Alimentadores

La alimentación a las antenas se harán mediante cables coaxiales de las siguientes características:

Impedancia : 50 ohmios  
 Atenuación : 2.5 dB/100 mt. para 2 GHz  
 V S W R : 1.2 (máximo)  
 Dieléctrico : Sólido

#### 5.4.3 Torres para Soporte de Antenas

##### Especificaciones Técnicas

Tipo : Arriostrada  
 Sección : Triangular  
 Velocidad del Viento : 80 Km/hr  
 Desplazamiento máximo del extremo superior : 2.5° (en el plano vertical y horizontal)  
 Altura : Estación S.E. Huancavelica - 12 mts.  
 Estación C° Piscapucro - 12 mts.  
 Estación C° Atocpunta - 12 mts.  
 Estación P. Tablachaca - 12 mts.  
 Estación C° Quinsa Chumpi - 12 mts.  
 Estación S.E. Campo Armíño - 12 mts.  
 Estación C.M. Restitución - 12 mts.  
 Estación C.M. Mantaro - 28 mts.  
 Estación C° Llamahuaqui - 12 mts.



Estación S.E. Huayucachi-  
12 mts.

Estación Entel Perú Huan-  
cayo - 35 mts.

### 5.5 Sistema de Energía

Potencia continua a alimentar : 100 W, tensión 48 VCC

$$I = \frac{100}{48} = 2.08 \text{ A}$$

En consecuencia, el número de Amper-Hora diaria será:

$$N = 2.08 \times 24 = 50 \text{ A-H}$$

Considerando capacidad adicional para compensar los días de baja radiación, se asume 6 días de radiación nula.

$$NA = 6 \times 50 = 300 \text{ A-H}$$

Por otro lado se desea que la descarga de la batería llegue solamente al 40%, entonces la capacidad diaria será:

$$ND = \frac{50}{0.4} = 125 \text{ A-H}$$

y la capacidad del banco deberá ser:

$$NB = 300 + 125 = 425 \text{ A-H}$$

Para que tenga un buen rendimiento la capacidad final será:

$$NF = \frac{425}{0.65} = 654 \text{ A-H}$$

Para determinar el número de paneles solares se procede de la siguiente manera:

Asumiendo una pérdida del sistema de 20% se requerirá :

$$1.2 \times 50 = 60 \text{ A-H/día}$$

Seguidamente se estima una radiación para la zona de la sierra:

Enero ...	17276 kJ.m <sup>-2</sup>	Julio ...	21568 kJ.m <sup>-2</sup>
Febrero...	17582 kJ.m <sup>-2</sup>	Agosto ...	21710 kJ.m <sup>-2</sup>
Marzo ...	20826 kJ.m <sup>-2</sup>	Setiembre ...	21324 kJ.m <sup>-2</sup>
Abril ...	20826 kJ.m <sup>-2</sup>	Octubre ...	19280 kJ.m <sup>-2</sup>
Mayo ...	21130 kJ.m <sup>-2</sup>	Noviembre ...	16284 kJ.m <sup>-2</sup>
Junio ...	20050 kJ.m <sup>-2</sup>	Diciembre ...	14458 kJ.m <sup>-2</sup>

El promedio de radiación anual es : 19360 kJ.m<sup>-2</sup>

$$19360 \times \frac{1}{3600} = 5.377 \text{ horas de insolación pico}$$

Utilizando un panel que entregue 2.05 Amperios a 12 Voltios, tenemos que cada panel da:

$$5.377 \times 2.05 = 11.02 \text{ A-H/día}$$

Entonces el número de paneles sería:

$$n = \frac{60}{11.02} = 5.44$$

$$n = 6 \text{ paneles}$$

Para obtener la tensión requerida de 48 Voltios, se debe conectar dos bancos de 4 paneles en serie. Luego se necesitarían 6 series de 4 paneles conectados en paralelo.

#### 5.5.1 Paneles Solares

En lugares con dificultades de acceso, hemos considerado conveniente la alimentación mediante Paneles Solares.

Características de Wpp para las Estaciones Repetidoras:

C° Ilamahuaqui recomendable tener panel solar de 1500 Wpp

C° Quinsa Chumpi recomendable tener panel solar de 2500 Wpp

C° Atocpunta recomendable tener panel solar de 1500 Wpp



C° Piscapucro recomendable tener panel solar de 1000 Wpp

Considerando en precio de US\$ 10 por Wpp instalado más batería con regulador cuyo costo sería de US\$ 6,000 N.A.

#### 5.5.2 Banco de Baterías

El banco de baterías tiene como finalidad asegurar la continuidad del servicio en caso de interrupción del suministro primario AC.

Estas baterías operan en carga flotante.

#### Especificaciones Técnicas Generales

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| Tipo                      | : Plomo ácido - para uso estacionario  |
| Placas                    | : Las placas de polaridad diferente deben estar aisladas mediante separadores altamente resistente a la corrosión.             |
| Recipiente                | : De plástico transparente, resistente al calor y a los golpes con cubiertas selladas.   |
| Tapones                   | : De plástico de alta resistencia al ácido, a los impactos, a prueba de filtraciones y explosiones                             |
| Diámetro de los Orificios | : Adecuados para efectuar las mediciones del electrolito y el agregado de agua destilada.                                      |
| Electrodos y Separadores  | : Tanto positivos como negativos - deben estar suspendidos por soportes moldeados en las paredes y en el fondo del recipiente. |

- Bornes terminales : De aleación plomo-cobre, con una capacidad promedio de conducción igual al doble de la corriente de carga.
- Capacidad : Estará supeditada a la contratista, pero tendrá que tener una autonomía de 8 horas.

### 5.5.3 Estabilizador de Voltaje (AVR)

Estos equipos estarán contenidos en gabinetes de tipo autosoportado y tendrán las siguientes características:

- Capacidad : 3 KVA
- Tensión de Entrada : 220 VAC  
-20% y +15%
- Frecuencia : 60 Hz +5% y -5%
- Tensión de Salida : 220 VAC +2% y -2%
- N° de Fases : Uno (1)
- Eficiencia : 85% o mejor
- Tiempo de Recuperación : 1 segundo o mejor para el rango de variación de la carga de 0 a 6%
- Protección : Contra sobrecorriente y sobreten-  
sión con descargadores de líneas y provistos de circuitos RLC -  
puestos a tierra.
- Ventilación : Natural
- Estabilidad : Los componentes reactivos ( in-  
ductivas y/o capacitivas), no de-  
ben alterar la tensión de salida.

Contendrá además, un conmutador de cuchilla para de



jar el sistema de regulación fuera de servicio en caso de fallas prolongadas.

#### 5.5.4 Rectificador - Cargador Simple

Deberá ser de estado sólido con elementos adecuados para proporcionar un filtrado (dentro del 2% para una variación de la tensión alterna de entrada del 15%), provistos de fusibles rápidos de protección en la parte de corriente alterna y corriente directa, montado en forma compacta en un gabinete metálico.

##### Especificaciones Técnicas

Suministro de

Entrada	: 220 VAC + 10%
	60 Hz + 5%
	Cos $\phi$ : 0.8
Salida	: 24 VDC (nominal)
Capacidad	: 20 amp.
Regulación	: Debe ser posible regular la tensión de salida en forma manual o automática.

#### 5.5.5 Autotransformador en Seco Monofásico

Deberá cumplir con las normas de fabricación de Itintec.

##### Especificaciones Técnicas

Relación	: 380/220 VAC
Regulación	: + 5%
Frecuencia	: 60 Hz + 5%
Cos $\phi$	: 0.8
Potencia	: De 3 KVA a 4,800 m.s.n.m.
Refrigeración	: Natural

Deberá venir con todos los implementos necesarios para ser montado a la intemperie en el poste.

### 5.5.6 Línea Aérea Monofásica

Sección del	
Aluminio	: 6 AWG MCM 13.3 mm <sup>2</sup>
Equivalente Co	
bre	: 3.37 mm <sup>2</sup>
N° de Hilos	: 7
Diámetro del	
Conductor	: 4.66 mm.
Carga de Rup	
tura	: 265 Kg.
Resistencia CC	
a 20° C	: 2.170 ohm/Km
Peso	: 36.3
Tipo	: Forrado

### 5.6 Sistema de Protección

#### Sistema de Tierra y Pararrayos

Para la protección de los terminales de Huancavelica, Tablachaca, Campo Armiño, Restitución, Mantaro, Huayucachi y Repetidoras de Piscapucro, Atocpunta, Quinsa Chumpi y Llamahuasi, contra la acción de descargas atmosféricas ver fig. IV.17.

#### 5.6.1 Sistema de Tierra

Las placas de cobre del sistema de tierra, estarán internadas a una profundidad de 1.60 metros, y cubiertas por capas de 30% de sal industrial, 30% carbón vegetal y 40% de arena, están instaladas en forma vertical a una altura aproximada de 0.6 metros respecto del móvil de la tierra.

El pozo deberá poseer acceso para ventilación y humedecimiento periódico de los materiales mencionados.



La resistencia del sistema de tierra no deberá exceder de 8 ohmios.

#### 5.6.2 Sistemas de Pararrayos

Formado por varillas de cobre, terminados en punta, en contacto con el cable de bajada, el que a su vez estará unido en su parte inferior al sistema de tierra.

El soporte del pararrayo estará ubicado en el extremo superior del poste.

En lo referente a las Repetidoras : C° Piscapucro , C° Atocpunta, C° Quinsa Chumpi , C° Llamahuaqui y Terminales : Estación Huancavelica, Estación Tablachaca, Estación Campo Armiño, Estación Mantaro, Estación Huayucachi, los equipos de SHF serán interconectados a los sistemas de tierra existentes, cabe mencionar que estas estaciones cuentan con pararrayos; faltando por definir solamente la Estación Restitución.

### 5.7 Otros

#### 5.7.1 Repuestos

Deben suministrarse repuestos para el funcionamiento normal durante dos años, y deberá garantizarse dicho suministro durante cinco años a partir de la fecha de suscripción del contrato respectivo.

En las Estaciones que requieran sistemas de celdas solares y/o sistemas de protección, se deberá cotizar el suministro de partes y repuestos tales como: paneles solares, banco de baterías, varilla de cobre, cables de alimentación, placas de cobre, etc., asimismo se deben especificar los precios unitarios

de los repuestos.

### 5.7.2 Herramientas

Deben suministrarse en cada Estación un juego de herramientas para el mantenimiento de rutina del sistema.

Las herramientas deben estar contenidas en una caja adecuada, que facilite su transporte.

Adicionalmente, en caso de ser necesario herramientas especiales para el mantenimiento de las estaciones, se cotizará el suministro adecuado, de acuerdo a la experiencia del suministrador.

Dichas herramientas especiales deberán ser montadas en cajas portátiles.

### 5.7.3 Manuales de Instalación, Operación y Mantenimiento

Los manuales deberán contener los procedimientos de instalación, ajustes, alineamiento, pruebas, localización de fallas y cualquier otra operación, debiéndose indicar los equipos de pruebas y herramientas requeridas para cada procedimiento, incluyendo los diagramas de tallados de interconexión.

Los procedimientos aludidos deberán incluir los formularios de prueba con indicación de valores típicos de los parámetros a verificarse, así como de un listado de los instrumentos de medición necesario para llevar a efecto cada una de las pruebas, complementadas con diagramas de bloques que muestre la interconexión entre dichos instrumentos y los equipos sometidos a prueba.

Deben incluirse también instrucciones previas que



detallen los ajustes y precauciones que deben adoptarse cuando se reemplacen componentes del equipo.

#### 5.7.4 Embalaje

Todo el equipo debe ser embalado de manera tal que cumpla con las condiciones y requisitos que le merece el transporte desde la fábrica hasta las instalaciones de las respectivas Estaciones.

## C A P I T U L O VI

### 6.0 PRESUPUESTO CONSIDERADO DEL PROYECTO

#### 6.1 Presupuesto Considerado

El objetivo de este presupuesto es brindar una idea del orden de los costos requeridos para la construcción de la red indicada. Se hace notar que los precios varían de un suministrador a otro para equipos equivalentes, por lo que se ha tomado el precio promedio de equipos similares.

#### 6.2 Cuadro VI.1

El Cuadro VI.1 muestra el presupuesto necesario estimado de inversión para la construcción de los enlaces de microondas que incluye: los suministros, el transporte al sitio, los seguros, montaje, puesta en servicio y pruebas respectivas. Asimismo está considerado la Ingeniería de Detalle y los Gastos Administrativos que demanda la construcción del Proyecto. No está considerado los gastos de Supervisión por parte de Electroperú S.A.

#### 6.3 Cuadro VI.2

En el Cuadro VI.2 se muestra el cuadro general del equipamiento requerido para el sistema digital, en donde se indica la clase, cantidad de equipos y accesorios necesarios para la implementación.

#### 6.4 Cuadro VI.3

En el Cuadro VI.3 se incluyen los costos unitarios y totales FOB del equipamiento necesario para la implementación digital del Proyecto, costos al mes de febrero de 1986.



#### 6.5 Cuadro VI.4

En el Cuadro VI.4 se indica el costo total del sistema. Se estima el costo de instalación en 10% del respectivo costo de equipamiento; asimismo el transporte nacional e internacional y seguros se evalúa en el 7% de dicho costo.

Se indica también en este Cuadro los costos de impuestos de importación y otros derechos arancelarios; así como los costos correspondientes a las obras que deberán ser ejecutadas por la Empresa; también son costos al mes de febrero de 1986 y necesarios para la implementación digital.

Para los precios FOB de los equipos se han tomado el costo promedio de los distintos fabricantes, considerados con un reajuste a la fecha (marzo de 1986). Los otros costos, se han tomado como porcentajes del costo FOB de los equipos, de acuerdo a los índices más frecuentemente encontrados en ofertas reales, para proyectos similares al presente. La columna de "Transporte" incluye los seguros y fletes, tanto internacional como el transporte local. La columna de "Montaje, Pruebas y Puesta en Servicio" incluyen la ingeniería de detalle y los gastos administrativos de la construcción.

El monto estimado para el suministro, construcción y servicios requeridos asciende a US\$ 1'693,120; más S/. 75,800 x 10<sup>3</sup> en moneda nacional; haciendo un total equivalente a 1'768,920 US\$ N.A.

El cambio utilizado en moneda extranjera fue de US\$ 8,000 M.N. promedio ponderado en la segunda quincena del mes de febrero de 1985.

**CUADRO VI.1 PRESUPUESTO ESTIMADO DE INVERSION DEL PROYECTO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	S U M I N I S T R O			TRANSPORTE		MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO		SUB - TOTAL		TOTAL	
				EXTRANJERO		NACIONAL		FOB CIF	LOCAL	ME	MN x 10 <sup>3</sup>	ME x 10 <sup>3</sup>		MN x 10 <sup>3</sup>
				FOB UNIT ME	FOB TO- TAL ME	UNITARIO MN x 10 <sup>3</sup>	TOTAL MN x 10 <sup>3</sup>							
1	SHF - 11 Estaciones, 7 Terminales, 4 Repetidoras	U	7	31,200	218,400	-	-	9,600	1,000	57,600	-	285.60	1,000	286,600
2	Equipos de Radio Frecuencia 1 + 1, Estación Terminal	U	11	2,210	24,310	-	-	1,400	1,000	8,160	-	33.87	1,000	34,870
3	Equipos de Radio Frecuencia 1 + 1 Estación Repetidora	U	4	31,200	124,800	-	-	17,000	1,600	100,800	-	242.60	1,600	244,200
4	Armarios Metálicos	U	11	2,210	24,310	-	-	1,200	1,000	7,140	-	32.65	1,000	331,650
5	Antena Gridpack	U	24	4,550	109,200	-	-	4,200	500	25,200	-	138.60	500	139,100
6	Sistema de Alimentación a Base de Paneles Solares	U	4	26,000	104,000	-	-	4,000	400	24,000	-	132.00	400	132,400
7	Material de Montaje	Jgo	24	1,300	31,200	-	-	1,200	200	7,200	-	39.60	200	39,800
8	MUX 30 canales	U	7	23,400	163,800	-	-	6,300	600	37,800	-	207.90	600	208,500
9	MUX 12 canales	U	2	11,700	23,400	-	-	1,000	100	5,400	-	29.80	100	29,900
10	Torre 12 mts. autoportada	U	7	-	-	4,000	28,000	-	1,500	-	2,000	-	31,500	31,500
11	Sistema de Protección	U	7	-	-	2,000	14,000	-	700	-	1,000	-	15,700	15,700
12	Caseta 4 x 4	U	1	-	-	5,000	5,000	-	1,000	-	3,000	-	9,000	9,000
13	Ampliación Caseta Existente	U	3	-	-	2,500	7,500	-	2,000	-	3,700	-	13,200	13,200
14	Repuestos	Jgo	-	-	195,000	-	7,500	-	-	-	-	202.50	-	202,500



**CUADRO VI.1 PRESUPUESTO ESTIMADO DE INVERSION DEL PROYECTO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	S U M I N I S T R O			TRANSPORTE		MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO		SUB - TOTAL		TOTAL	
				EXTRANJERO		NACIONAL		FOB CIF	LOCAL	ME	MN x 10 <sup>3</sup>	ME x 10 <sup>3</sup>		MN x 10 <sup>3</sup>
				FOB UNITAL ME	FOB TOTAL ME	UNITARIO MN x 10 <sup>3</sup>	TOTAL MN x 10 <sup>3</sup>							
15	Instrumentos	Jgo	-	-	260,000	-	10,000	-	-	-	270.00	-	270,000	
16	Entrenamiento	U	4	-	78,000	-	-	-	-	-	78.00	-	78,000	
											1,693.12	75,800	1,768,920	

NOTA.- Los precios estimados que se dan a continuación están expresados en Dólares Americanos para el equipamiento a adquirirse en el extranjero y en Moneda Nacional los costos de casetas y torres que se puedan adquirir en el país.

**R E Q U E R I M I E N T O**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ESTACION S.E. HUANCAYELICA	ESTACION Cº PTSCAPUCRO	ESTACION Cº PATOPUNTA	ESTACION PRE SA TABIACHA-CA	ESTACION Cº QUINTA CHUM-P	ESTACION S.E. CAMPO ARMINO	ESTACION C.M. RESTIUCION	ESTACION C.M. MANTARO	ESTACION Cº LLAMAHUAQUI	ESTACION S.E. HUAYUCACHI	ESTACION EM-TEL PERU HUANCAYO	TOTALES
1	Transmisor-Receptor Digital 2 GHz - 120 CHS - 27 dBm	c/u	1	2	3	1	5	1	1	1	3	1	1	20
2	Equipo Múltiplex y PCM capac. máxima 120 CHS	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	1	7
3	Sistema Híbrido	Set	-	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	4
4	Antena Grilla 25 dB de ganancia	c/u	1	1	2	1	4	1	1	1	2	1	1	16
5	Antena Grilla 28 dB de ganancia	c/u	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
6	Antena Grilla 31 dB de ganancia	c/u	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	2
7	Cable coaxial 2.5dB/100 mt.	mts.	20	40	60	20	92	20	120	28	60	20	45	525
8	Grapas de fijación de cable coaxial y abrazaderas	c/u	10	20	30	10	42	10	10	18	30	10	35	225
9	Conectores de cable coaxial a equipo de radio y antena	c/u	2	4	6	2	10	2	2	2	6	2	2	40
10	Sistema de tierra y pararrayos	conj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	10
11	Rectificador/cargador	c/u	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
12	Estabilizador de Voltaje AVR	c/u	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
13	Cuerpo mastil de 3 mts/cuerpo	c/cuerpo	4	4	4	4	4	4	4	7	4	4	-	43
14	Regleta 1	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	1	7
15	Regleta 2	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	-	6



**R E Q U E R I M I E N T O**

I T E M	DESCRIPCION	UNIDAD	ESTACION S. E. HUANCABELICA	ESTACION C° PISCAPUCRO	ESTACION C° ATOCPUNTA	ESTACION PRE SA TABLACHA-CA	ESTACION C° QUINSA CHUMPI	ESTACION S.E. CAMPO ARMIÑO	ESTACION C.M. RESTITUCION	ESTACION C.M. MANTARO	ESTACION C° LLAMAHUAQUI	ESTACION S.E. HUAYUCACHI	ESTACION EN-TEL PERU HUANCAYO	TOTALES
16	Central telefónica	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	-	6
17	Banco de Baterías	conj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
18	Autotransformador	c/u	-	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	4
19	Materiales de Instalación	conj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
20	Materiales de Instrucción	conj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11

CUADRO VI.3 COSTOS UNITARIOS Y TOTALES

ITEM	DESCRIPCION	COSTO \$ UNIDAD	ESTACION S.E. HUANCAYELICA	ESTACION Cº PISCAPURO	ESTACION Cº MOCUPUNTA	ESTACION PRESA TABLACHACA	ESTACION Cº QUINSA CHUMPI	ESTACION S.E. CAMPO ARMINO	ESTACION C.M. RESTITUCION	ESTACION C.M. MANTARO	ESTACION Cº TIAMAHUQUI	ESTACION S.E. HUAYUCACHI	ESTACION ENTEL PERU HUANCAYO	TOTALES
1	Transmisor-Receptor Digital - 2GHz 120 CHS 27 dbm ( 80ms)	14,500	14,500	29,000	43,500	14,500	72,500	14,500	14,500	14,500	43,500	14,500	14,500	290,000
2	Equipo Multiplex	600	6,000	-	-	9,600	-	12,000	9,600	16,800	-	13,200	16,800	84,000
3	Sistema Híbrido	300	-	300	300	-	300	-	-	-	300	-	-	1,200
4	Antena Grilla 25 dbi	1,750	1,750	1,750	3,500	1,750	7,000	1,750	1,750	1,750	3,500	1,750	1,750	28,000
5	Antena Grilla 28 dbi	1,900	-	1,900	1,900	-	-	-	-	-	-	-	-	3,800
6	Antena Grilla 31 dbi	2,000	-	-	-	-	2,000	-	-	-	2,000	-	-	4,000
7	Cable coaxial 2.5 db/100 mt.	4/mt.	80	160	240	80	368	80	80	112	240	80	180	1,700
8	Grapas de fijación de cable coaxial y abrazadera	3.5/unid	35	70	105	35	147	35	35	63	105	35	122.5	787.5
9	Conectores de cable coaxial a equipo de radio y antena	21	42	84	126	42	210	42	42	42	126	42	42	840
10	Sistema de tierra y pararrayos	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	11,000
11	Rectificador/Cargador más banco de bate- rias	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	49,500
12	Estabilizador de voltaje AVR	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	7,700
13	Cuerpo mastil de 3 mts.	500/cuerpo	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	3,500	2,000	2,000	-	21,500
14	Regleta 1	35	35	-	-	35	-	35	35	35	-	35	35	245
15	Regleta 2	40	40	-	-	40	-	40	40	40	-	40	-	240
16	Autotransformador	400	-	400	400	-	400	-	-	-	400	-	-	1,600
17	Materiales de Instalación	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	16,500
18	Materiales de Instrucción	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	11,000
			33,182	44,364	60,771	36,782	93,625	39,182	36,782	45,542	60,871	40,382	42,129.5	533,612.5



CUADRO VI.4 COSTO TOTAL DEL SISTEMA

EQUIPAMIENTO	
ESTACION TERMINAL S.E. HUANCABELICA	33,182
ESTACION REPETIDORA C° PTSCAPUCRO	44,364
ESTACION REPETIDORA C° ATOCPUNTA	60,771
ESTACION TERMINAL PRESA TABLACHACA	36,782
ESTACION REPETIDORA C° QUINSA CHUMPI	93,625
ESTACION TERMINAL S.E. CAMPO ARMIÑO	39,182
ESTACION TERMINAL C.M. RESTITUCION	36,782
ESTACION TERMINAL C.M. MANTARO	45,542
ESTACION REPETIDORA C° LLAMAHUAQUI	60,871
ESTACION TERMINAL S.E. HUAYUCACHI	40,382
ESTACION TERMINAL ENTEL PERU HUANCAYO	42,129.5
SUB TOTAL U.S. \$	533,612.5
2. INSTALACION DEL SISTEMA DE RADIO	53,361
3. COSTO DE LA LJNEA DE TRANSMISION DE ENERGIA	





## C O N C L U S I O N E S

- Se han estudiado una red de microondas que cubra las instalaciones de la red interconectada del centro del País, planificada para extenderse con facilidad hacia las regiones Norte y Sur , de manera de llegar a establecer un sistema coherente de radioenlaces direccionales.
- En los lugares escogidos como puntos de repetición, se ha tenido en cuenta el uso de los equipos existentes, es decir, utilizar la infraestructura de toda la configuración que el sistema requiere.

Cabe mencionar también el uso necesario de Paneles Solares en dichas Estaciones, debido a continuas fallas en los equipos suministrados de energía eléctrica causados además por las constantes descargas atmosféricas que se suceden en la Región Central del país; en especial, la estación repetidora ubicada en el C° Llamahuaqui que trabaja actualmente con grupo electrógeno quien a causa de fallas, por la presencia de fenómenos atmosféricos, falta de repuestos y gasto excesivo de combustible para el normal funcionamiento del equipo, es que funcionarios de Electrocentro de la S.E. de Huayucachi han estimado conveniente en reemplazar dicho equipo por una línea de alimentación de 7.2 Kv que unirá la S.E. de Huayucachi con la repetidora ubicada en el C° Llamahuaqui que dista aproximadamente 8.5 kilómetros en línea recta.

La ventaja de las celdas solares es que requieren poco mantenimiento, pero su costo inicial es mucho mayor que el de un grupo diesel para la misma potencia, además que, en caso de daño, no hay posibilidad de reparación, debiéndose reemplazar la parte o

partes dañadas. El costo de las celdas solares con capacidad suficiente para atender la alimentación de los equipos solamente, se estima aproximadamente en unos \$ 23,000. En cambio el grupo diesel tiene la inversión más baja y está habilitado para alimentar cargas tanto en corriente continua como en fuente de energía auxiliar que entrará a operar cuando falle la energía en corriente alterna. Hasta la puesta en marcha del grupo, los equipos de radio se alimentarán de batería conectadas en derivación. Un grupo diesel de 5 KW de potencia que se requiere, se estima en US\$ 3,000. Tomando en cuenta su operación intermitente, el grupo puede operar hasta 6 meses sin atención.

- De las alternativas escogidas para los análisis, se ha considerado la más conveniente para la estructuración de la red, para lo cual se ha efectuado todos los cálculos de transmisión.
- Los cálculos de la red se han efectuado considerando los objetivos y recomendaciones del CCIR y una confiabilidad del 99:99%. La confiabilidad asumida se considera suficiente tomando en cuenta que para las instalaciones de potencia se cuenta con otros medios de comunicación y ha de mantenerse también los costos razonables de inversión de la red de microondas.
- Se requieren equipos de mucha flexibilidad que permitan la inserción y derivación de los canales en las estaciones intermedias. Tanto así que el equipamiento recomendado para la red de repetidoras es el que se estima, daría una solución amplia e integral a la necesidad de llevar las comunicaciones a toda la zona del Mantaro.
- De las evaluaciones efectuadas, se ha considerado como alternativa que, para las estaciones remotas ubicadas en la zona del Centro el sistema de alimentación más conveniente es el de celdas solares. Además se debe utilizar un banco de baterías con capacidad en amper.hora conveniente, tomando en cuenta la carga a ser atendida y el sistema de alimentación utilizado.



- Se ha considerado la instalación de casetas prefabricadas para las estaciones ubicadas en la sierra, además de contar con casetas ya existentes.

La disposición de los equipos y las construcciones a efectuarse se harán de manera de atender las necesidades que por seguridad requieren las instalaciones del Proyecto.

- La alternativa a la Onda Portadora de Electroperú en su mayoría prestan servicio punto a punto entre las diversas subestaciones y central del SIC y, en algunos casos, se conectan en serie ( a nivel de audio) para llevar comunicaciones entre instalaciones de potencia no contiguas; la operación de la red telefónica , con ayuda de las centrales, efectúa una operación equivalente.

El número de interconexiones en serie tiene un límite debido a la distorsión y al ruido acumulado, estando el límite relacionado con el tipo de servicio a que está destinado el canal específico. Comúnmente los canales de onda portadora están orientadas a la transmisión de voz y datos a 200 Bd y, con menor frecuencia únicamente de voz.

Para los casos señalados se recomienda hasta tres conexiones de enlaces. Lo anterior no incluye las exigencias más estrictas para la transmisión de datos con alta velocidad. Lo mencionado resalta la necesidad de contar con una vía alternativa para las comunicaciones que utilizan la onda portadora.

- Se deberá de completar la red de radioenlaces del SIC hasta la zona de Lima para incluir las SS.EE. de Pachachaca, Pomacocha , Callahuanca y San Juan a modo de integrar completamente la Región Centro. Por tanto la uniformización de los equipos a emplear quedará completamente garantizada.
- Se ha iniciado las gestiones y trámites pertinentes para la separación de la frecuencia en la región centro del país orienta-

dos a los equipos de microondas.

- El presupuesto base para la construcción y equipamiento de la red de microondas de la Región Central es de US\$ 1'693,120 de los cuales S/. 75,800 corresponden a gastos en moneda nacional, haciendo un total de US\$ 1'768,920 N.A.
- Se podrá adoptar para los tramos cortos la banda de frecuencia de 7 GHz con la finalidad de abaratar los costos de los equipos en lo que se refiere a conseguir menor potencia de transmisión y una menor inversión en los equipos de radio.
- También podríamos considerar la funcionabilidad de la banda de UHF en los tramos cortos con la finalidad de obtener también menor costo de inversión en el proyecto considerado.
- Finalmente como nota concluyente podemos decir que el presupuesto base considerado del Proyecto se mantiene actualmente hasta la conclusión de los Estudios y desarrollo completo que mantiene ElectroPerú S.A. en su requerimiento de financiación para la L.T. Mantaro - Lima.



## B I B L I O G R A F I A

- BUDAVOX  
HANDBOOK OF TELECOMMUNICATION
  
- FUNDAMENTOS DE TRANSMISION PCM POR MICROONDAS  
INICTEL - SETIEMBRE 1983 - MISION JAPONESA
  
- FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE CONMUTACION DIGITAL  
INICTEL PERU - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
  
- LENKUR GIE INCORPORATED - ENGINEERING CONSIDERATION OF MICRO-  
WAVE SYSTEMS
  
- MOMOSAKI A. GERENCIA DE TRANSMISIONES DE ENTEL  
DISEÑO DE ENLACES PCM POR MICROONDAS CONTENTEL - PERU 1978
  
- PUBLICACION UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES  
"ASPECTOS ECONOMICOS Y TECNICOS DE LA ELECCION DE SISTEMAS DE  
TRANSMISION" - 1971
  
- PUBLICACION "UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES"  
CCIR - GINEBRA 1982
  
- TRANSMISION DE TELEFONIA MULTICANAL  
INICTEL - DIRECCION DE CAPACITACION - DIVISION DE TRANSMISIONES
  
- TOMIYOSHI DEGUCHI - EXPERTO EN MICROONDAS  
MANUAL DE DISEÑO DE ENLACES POR MICROONDAS  
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO - 1976