

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 II**

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRONICO

LUIS FLORENTINO GUA ANGLA

Promoción 1978 - 2

Lima - Perú

1988

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 ESTUDIO DE RADIOENLACES Y CALCULOS	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 Tipo de Sistema a Implementarse	22
2.8 Configuración del Sistema	22
2.9 Cálculo de Propagación de Radioenlaces	22
CAPITULO III	
3.0 DISEÑO DE RADIOENLACE - CONSIDERACIONES ANALOGICAS	58

	<u>Pág.</u>
3.1 Diseño de Radioenlace - Conceptos Utilizados	58
3.1.1 Frecuencia Central RF	58
3.1.2 Capacidad Telefónica	58
3.1.3 Factor de Ruido del Receptor	58
3.1.4 Potencia del Transmisor	58
3.1.5 Valor RMS de la Desviación de Frecuencia	58
3.1.6 Frecuencia Más Alta de Banda Base	58
3.1.7 Valor del Sistema (Calidad)	59
3.1.8 Longitud del Tramo	59
3.1.9 Tipo de Antena	59
3.1.10 Longitud de los Alimentadores	59
3.1.11 Atenuación Unitaria de los Alimentadores	60
3.1.12 Ganancia de Antenas	60
3.1.13 Ganancia Total	60
3.1.14 Pérdida por Espacio Libre	60
3.1.15 Pérdida por Superficie Plana y por Obstáculo	61
3.1.16 Pérdida de los Alimentadores	61
3.1.17 Pérdida de los Circuitos de Derivación RF	61
3.1.18 Pérdida Total	62
3.1.19 Atenuación del Tramo	62
3.1.20 Nivel de Recepción	62
3.1.21 Nivel de Silenciamiento	62
3.1.22 Margen de Ausencia de Fading	62
3.1.23 Relación S/N Térmico por Tramo	62
3.1.24 Potencia de Ruido Térmico (N)	63
3.1.25 Potencia de Ruido Térmico de la Sección	63
3.1.26 Ruidos Térmicos Residual e Intermodular	64
3.1.27 Total de Ruido Fijo de la Sección	64
3.1.28 Potencia Total de Ruido de la Sección	64
3.1.29 Desarrollo Teórico de los Cálculos de Propagación	64
3.1.29.1 Diagrama de Perfiles	65
3.1.29.2 Radio de la Primera Zona de Fresnell	65
3.1.29.3 Cálculo de Altura de Antena	66
3.1.29.4 Obstáculos	67

	<u>Pág.</u>	
3.1.29.5	Altura Optima de Antena	67
3.1.29.6	Cálculos de Radioenlace	68
3.1.29.7	Tipo y Ganancia de Antena	68
3.1.29.8	Longitud de los Alimentadores	69
3.1.29.9	Pérdidas	69
3.1.29.10	Pérdida de los Alimentadores (L_{fd})	69
3.1.29.11	Pérdida en los Circuitos de Derivación R_f (L_{be})	69
3.1.29.12	Otras Pérdidas	69
3.1.29.13	Pérdida Total (L_t)	69
3.1.29.14	Atenuación del Tramo (Al)	70
3.1.29.15	Cálculo de Nivel de Recepción sin Fading (Pr)	70
3.1.29.16	Nivel de Silenciamiento (Psq)	70
3.1.29.17	Margen de Ausencia de Fading (Fo)	70
3.1.29.18	Relación Señal de Ruido Térmico (s/n)	70
3.1.29.19	Potencia de Ruido Térmico Ponderado	71
3.1.29.20	Cálculo de la Potencia de Ruido Térmico Medio Horario	71
3.1.29.21	Cálculos de Desviación Standard	72
3.2	Consideraciones Analógicas	72
3.2.1	Nivel de Voz por un canal	72
3.2.2	Relación s/n	73
3.2.3	Desviación de Frecuencia Efectiva (F)	74
3.2.4	Indice de Modulación Efectivo (m)	75
3.2.5	Ruido Térmico	75
3.2.6	Potencia de Ruido por Unidad de Frecuencia (P)	76
3.2.7	Potencia del Tomo de Prueba (S)	76
3.2.8	Consideraciones Acerca de la Relación s/n	77
3.2.9	Potencia de Entrada al Receptor (Pr)	77
3.2.10	Pérdida del Espacio Libre (γ)	78
3.2.11	Relación s/n cuando hay m Repetidores	78
3.2.12	Relación s/n considerando el Desvanecimiento	78
3.2.13	Potencia del Ruido Térmico Medio Horario FM	78
3.2.14	Potencia del Ruido Térmico en las Secciones con Desvanecimiento Simultáneo	80

3.2.15	Potencia del Ruido Térmico en el Resto de las Secciones (Fórmula Experimental)	80
3.2.16	Potencia del Ruido Térmico en las Z Secciones	80
3.2.17	Desviación Standard por Tramo	81
3.2.18	Ruidos de Intermodulación	82
3.2.18.1	Ruidos de Intermodulación por Distorsión No Lineal	82
3.2.18.2	Conclusiones	83
3.2.19	Ruido de Interferencia	83
3.2.19.1	Ruido de Interferencia de Espectro Continuo	83
3.2.19.2	Ruido de Interferencia de Espectro Discreto	85
3.2.20	Interferencia en los Sistemas de Microondas	85
3.2.20.1	Interferencia del Mismo Canal	85
3.2.20.2	Interferencia de Canal Adyacente	85
3.2.21	Ruido debido a Distorsión del ECO	86
3.2.21.1	ECO en un Alimentador	86
3.2.22	Ruido Total	86
3.2.23	Circuito de Pre-Enfasis	87
3.2.24	Recomendación CCIR	87

CAPITULO IV

4.0	INGENIERIA DEL PROYECTO FILOSOFIA DEL SISTEMA	89
4.1	Esquema de la Red	89
4.2	Plan de Ruta	89
4.3	Perfiles de los Radioenlaces	89
4.4	Altura de Torres y Antenas	90
4.5	Plan de Canalización	90
4.6	Filosofía de Operación del Sistema	90
4.6.1	Telefonía	90
4.6.2	Télex y Datos	90
4.7	Configuración del Sistema	

	<u>Pág.</u>
4.8 Esquema de Equipamiento	91
4.9 Sistema de Tierra y Pararrayos	91
4.10 Sistema de Energía	91
4.11 Obras Complementarias	92
4.11.1 Obras Civiles	93
4.11.2 Línea de Alimentación de Energía	93
4.11.3 Cable Multipar de Interconexión	93
4.12 Especificaciones Técnicas	93
4.13 Presupuesto Estimado del Proyecto	93
4.13.1 Costos Unitarios	93
4.13.2 Costo Total	94
CAPITULO V	
5.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS, SISTEMA DE RADIO	116
5.0.1 Generalidades	116
5.0.2 Especificaciones Generales	116
5.0.3 Transmisor	117
5.0.4 Receptor	117
5.1 Sistema Múltiplex Telefónico	117
5.1.1 Generalidades	117
5.1.2 Especificaciones Técnicas	118
5.2 Componentes Aéreos	119
5.2.1 Antenas	119
5.2.2 Alimentadores	119
5.2.3 Torre para Soporte de Antena	119
5.3 Sistema de Energía	120
5.3.1 Banco de Baterías	120
5.3.2 Estabilizador de Voltaje (AVR)	121
5.3.3 Rectificador - Cargador Simple	122
5.3.4 Autotransformador en Seco Monofásico	122
5.3.5 Línea Aérea Monofásica (Línea de Transmisión de Energía)	123
5.4 Sistema de Protección	123
5.4.1 Sistema de Tierra	123

	<u>Pág.</u>
5.4.2 Pararrayos	124
5.5 Otros	124
5.5.1 Repuestos	124
5.5.2 Herramientas	124
5.5.3 Manuales de Instalación, Operación y Mantenimiento	125
5.5.4 Embalaje	125

CAPITULO VI

6.0 PRESUPUESTO CONSIDERADO DEL PROYECTO	126
6.1 Presupuesto Considerado	126
6.2 Cuadro VI.1	126
6.3 Cuadro VI.2	126
6.4 Cuadro VI.3	126
6.5 Cuadro VI.4	127

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

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

PLANOS

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 fí sicas 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 analógicas 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 Armiño. 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 localizadas 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 hidraúlico.

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 Electrolima, Centramín 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 hallada 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. HUANCVELICA	PRESA TABLACHACA	C.M. MANTARO	C.M. RESTITUCION	S.E. CAMPO ARMIÑO	S.E. HUAYUCACHI	ENTEL PERU HUANCAYO	TOTAL N° DE CANALES
S.E. HUANCVELICA	1	2	2	1	2	2	2	10
PRESA TABLACHACA	2	1	6	2	2	2	2	16
C.M. MANTARO	2	6	1	6	2	6	6	28
C.M. RESTITUCION	1	2	6	1	2	1	6	16
S.E. CAMPO ARMIÑO	2	2	2	2	1	6	6	20
S.E. HUAYUCACHI	2	2	6	1	6	1	6	22
ENTEL PERU HUANCAYO	2	2	6	6	6	6	1	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.

Teleprotec

ción : Las señales de Teleprotección serán transmitidas en la banda de voz siguiendo en necesidad al igual que el servicio Télex con ttando para ello con los dispositivos imprescindibles para la seguridad de las instalaciones de potencia que están constituídos 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 ESTUDIOS DE RADIOENLACES Y CALCULOS

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 Armiño	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° 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° Llamahuagui

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 carrosables), que llegan hasta las proximidades del Cerro en mención, uno de ellos por el camino que va de Tablachaca a Campo Amniño, 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 Tipo de Sistema a Implementarse

Para efecto del enlace entre los puntos geográficos expuestos anteriormente utilizaremos un sistema de modulación analógico también conocido como Multiplaje por División de Frecuencia (FDM), en el cual una portadora es modulada en frecuencia dentro del rango de audición de la voz humana.

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 de pendiente 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 (I) se detallan los procedimientos de los cálculos de propagación seguidos en este proyecto.

Equipo SHF - FDM

Frecuencia de RF	2 GHz
Potencia del Transmisor	27 dBm
Capacidad de Transmisión	120 Canales Telefónicos
Desviación de Frecuencia	200 KHz

Factor de Ruido	3.5 dB o menor
Ganancia de Antenas	2.5 dBi, 28 dBi y 31 dBi
Atenuación del Cable	2.5 dB/100 m para 2 GHz
Nivel de Silenciamiento	-81 dBm
Sistema de Modulación	FM

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

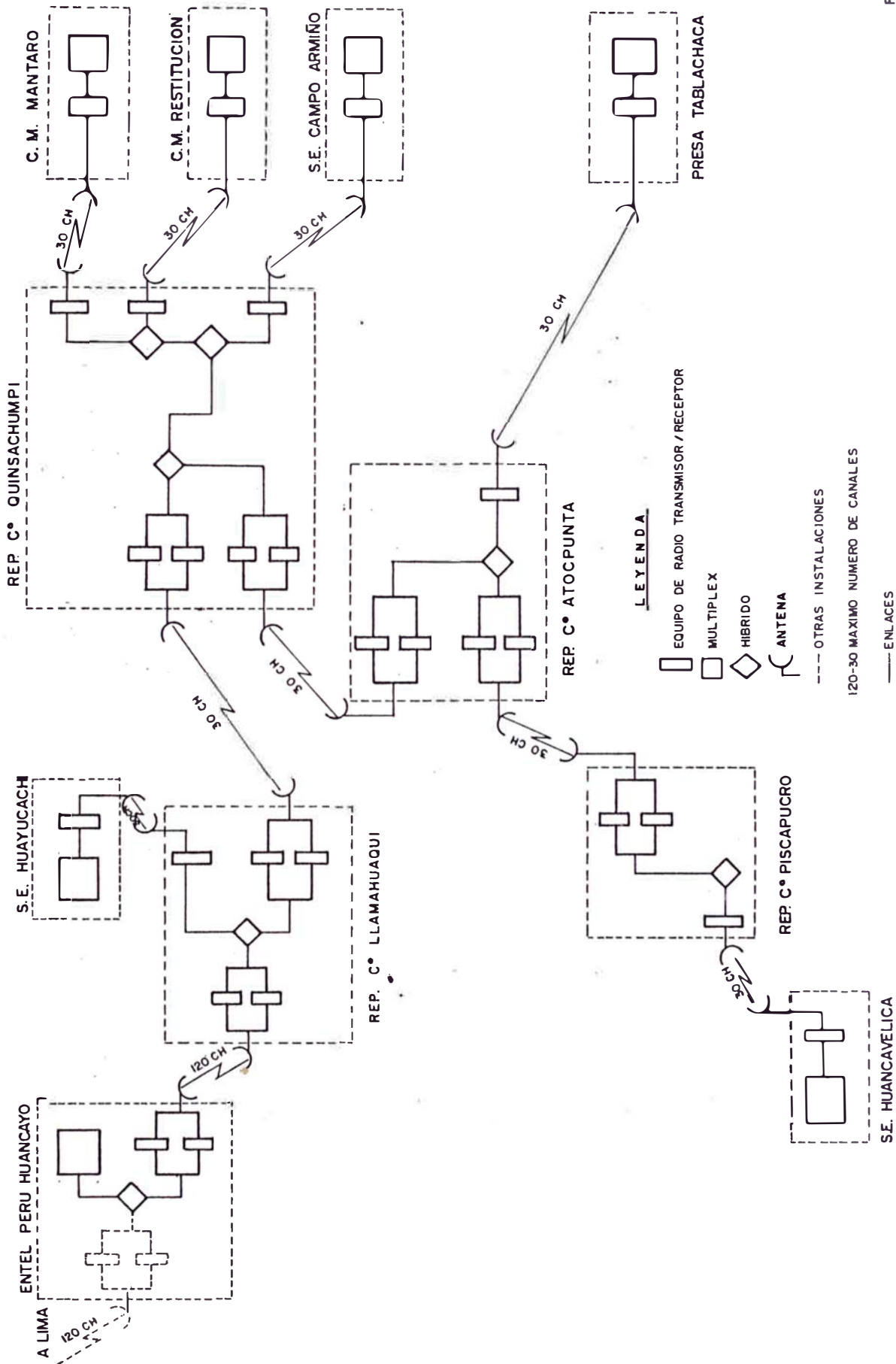


FIG. II. 2

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

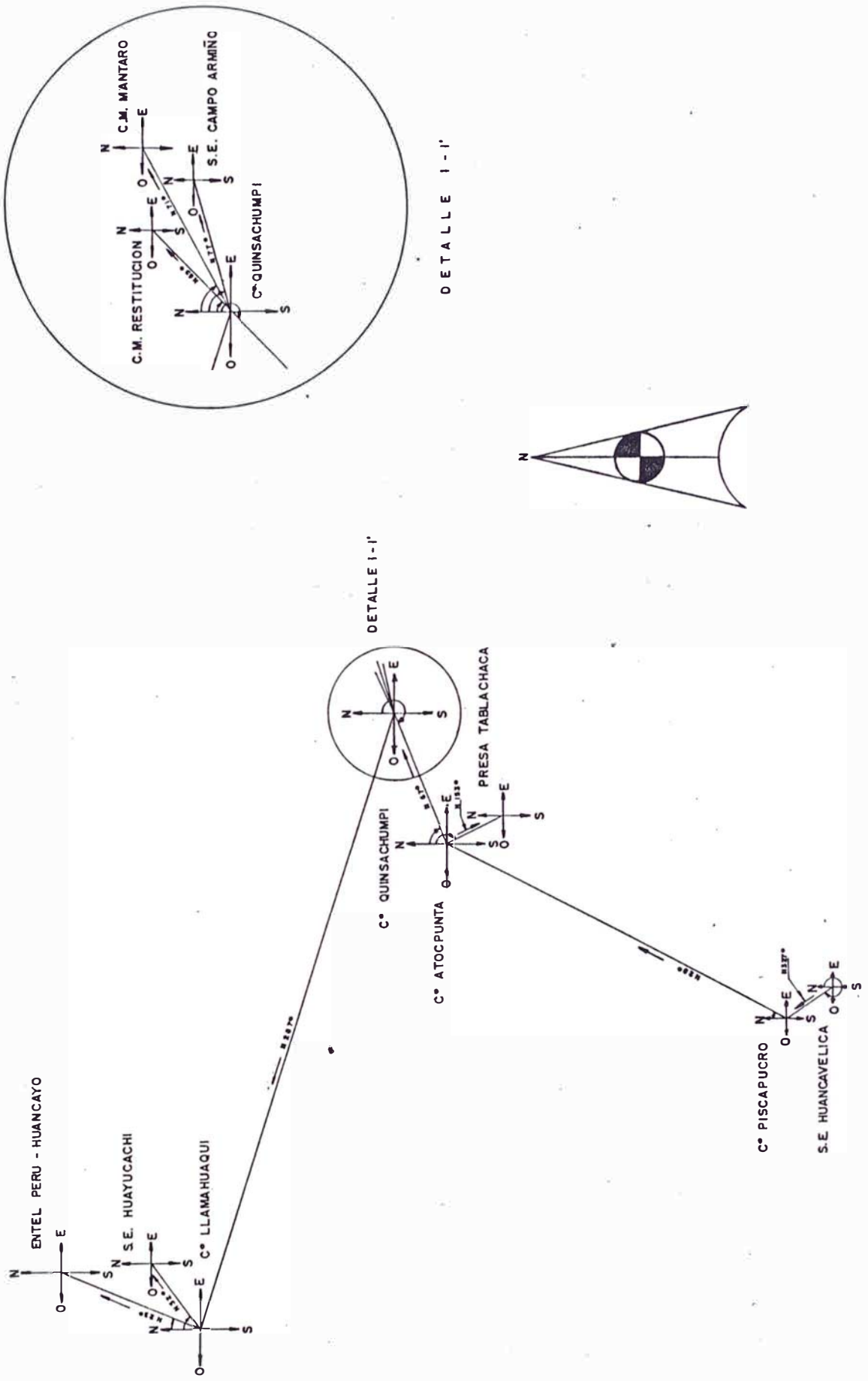


FIG. II. 3.1

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

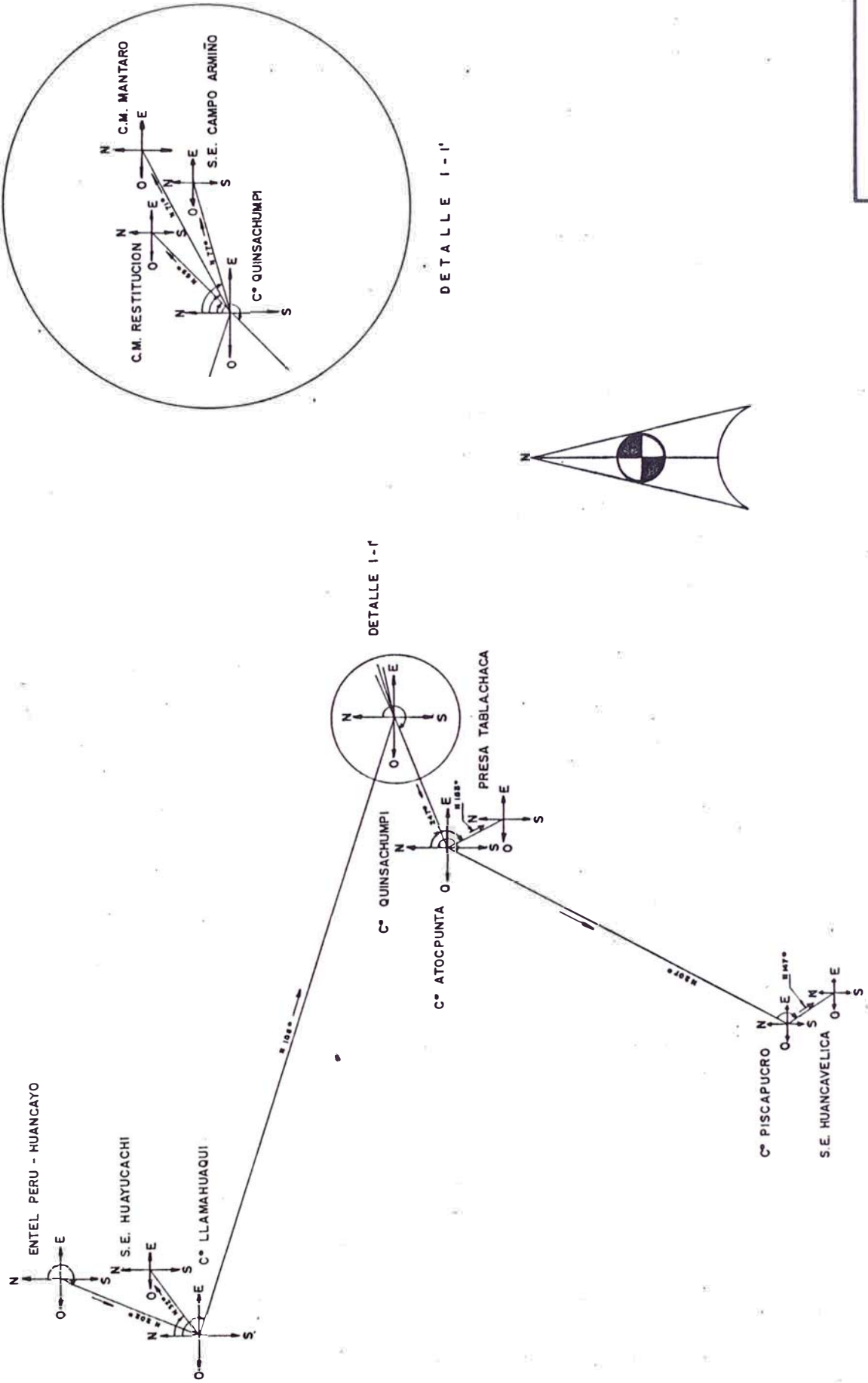


FIG. II . 3.2



- 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
NOMBRE DE LA(S) CAPTA(S)	HUANCAVELICA - PAMPAS	C° PISCAPUCRO - C° ATOCPUNTA
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



- 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 - C° QUINSA CHUMPI
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
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

CODIGO(S)

25 n - 25 m

ESCALA

1 : 100,000

C° QUINSA CHUMPI - C° LLAMAHUAQUI

Fig. II.4.8



- 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 C° LLAMAHUAQUI - S.E. HUAYUCACHI
NOMBRE DE LA(S) CARTA(S)	HUANCAYO	
CODIGO(S)	25 m	
ESCALA	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

CODIGO(S)

25 m

ESCALA

1 : 100,000

C° LLAMAHUAQUI - ENTEL PERU HUANCAYO

Fig. II.4.10

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE
SISTEMA DE RADIO MULTICANALES
ENLACE : S.E. HUANCAMELICA - C° PISCAPURO

H (m)

4,575

4,400

4,200

4,000

3,800

3,715

3,600

DISTANCIA = 5.9 KM

FIG. II 5.1

0

2

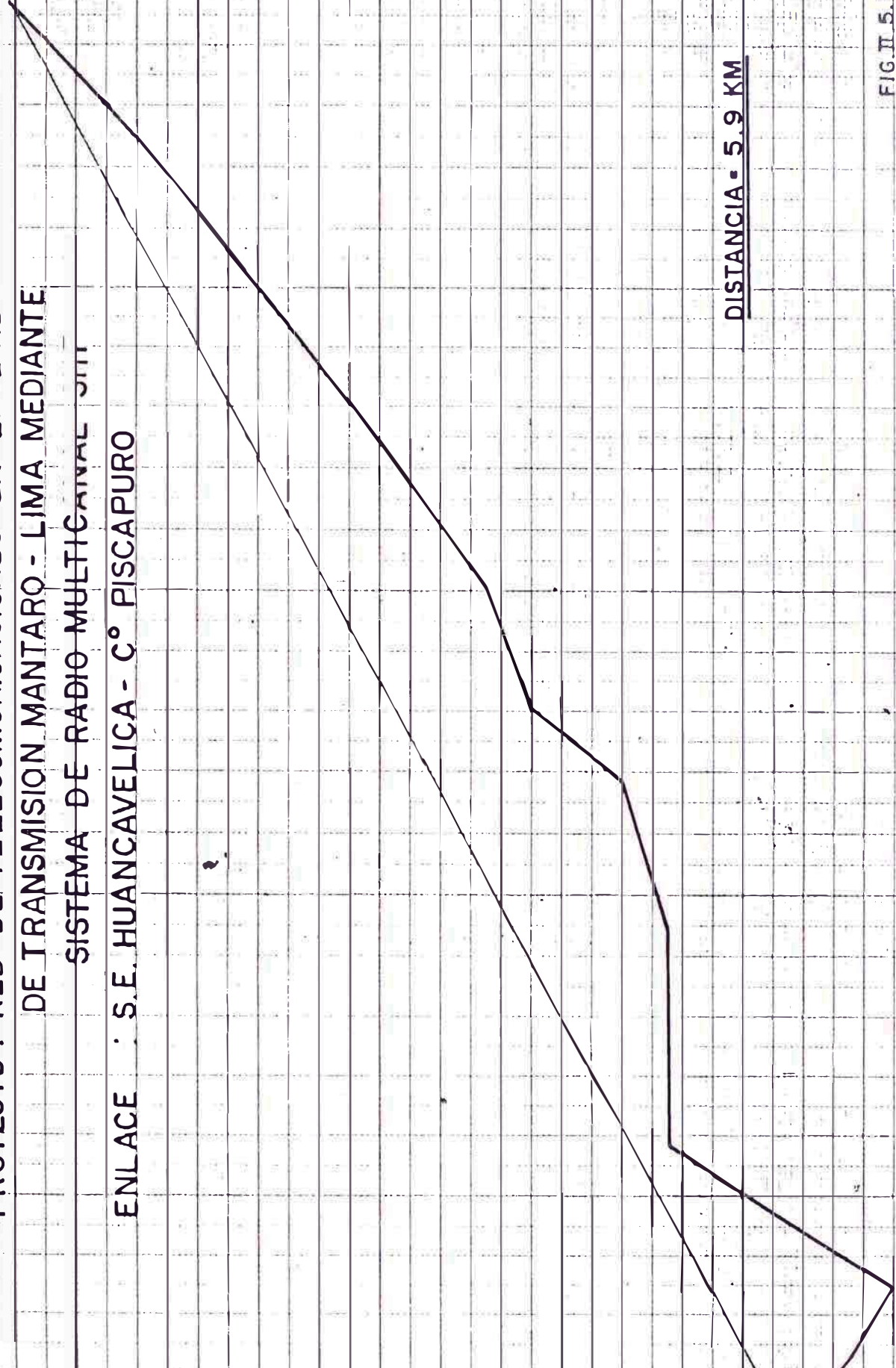
3

4

5

5.96

d(km)



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

DISTANCIA = 39.25 KM



FIG. II.5.2

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

DISTANCIA = 5.9 KM

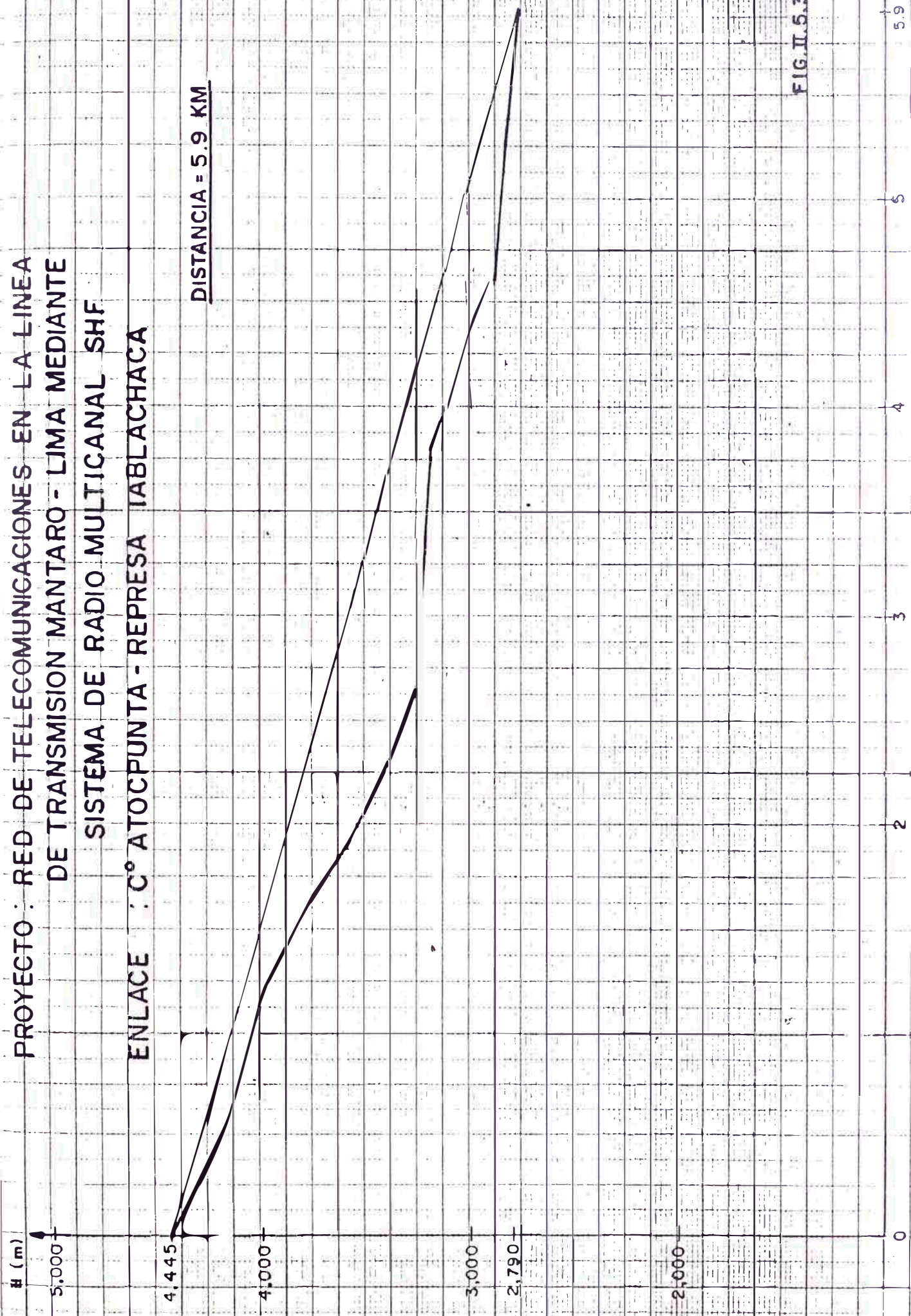


FIG. II. 5. 3

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

ENLACE : C° ATOCPUNTA - C° QUINSA CHUMPI

DISTANCIA = 14.40 KM.

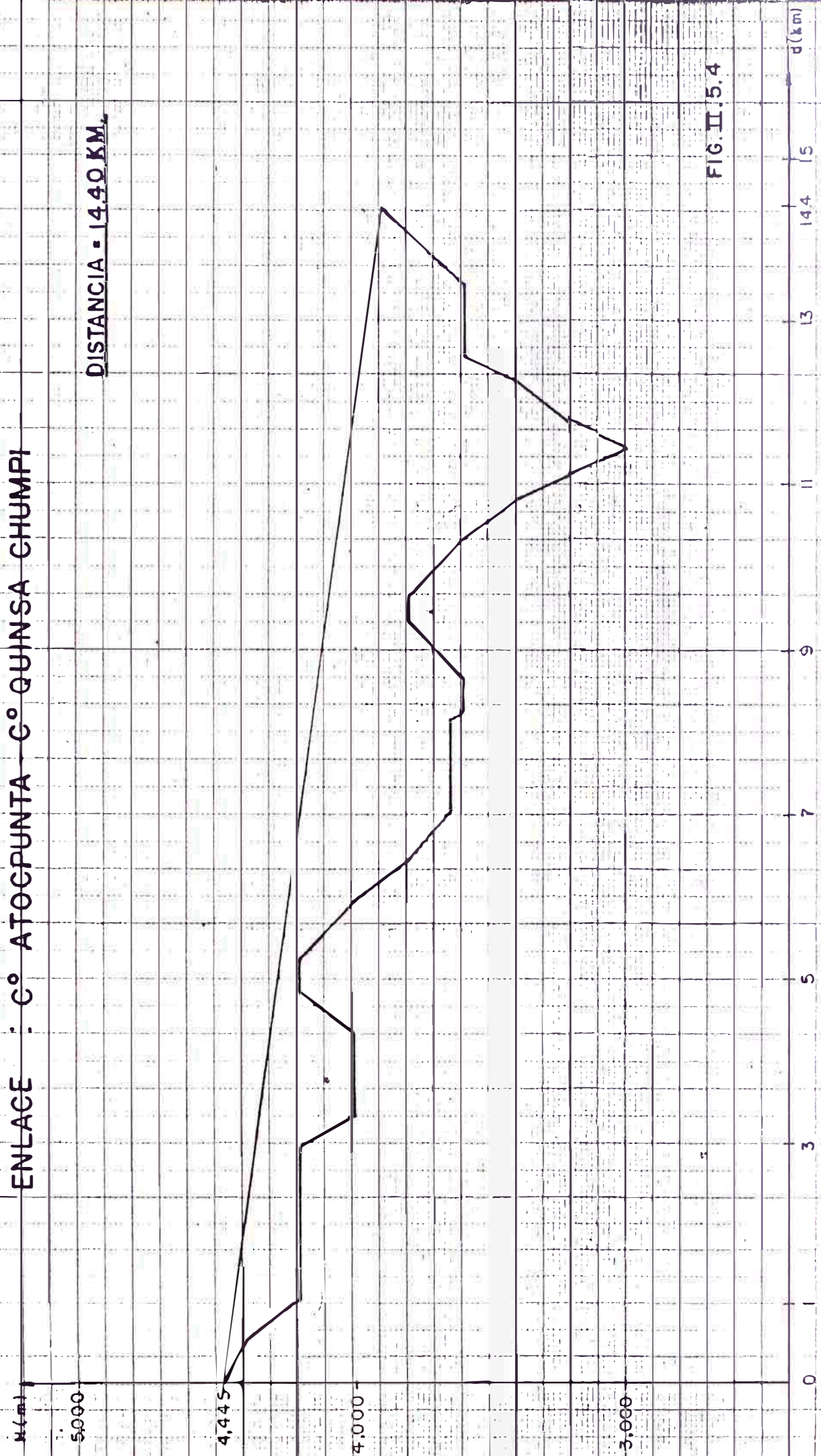


FIG. II.5.4

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

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

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

DISTANCIA = 4.95 KM.

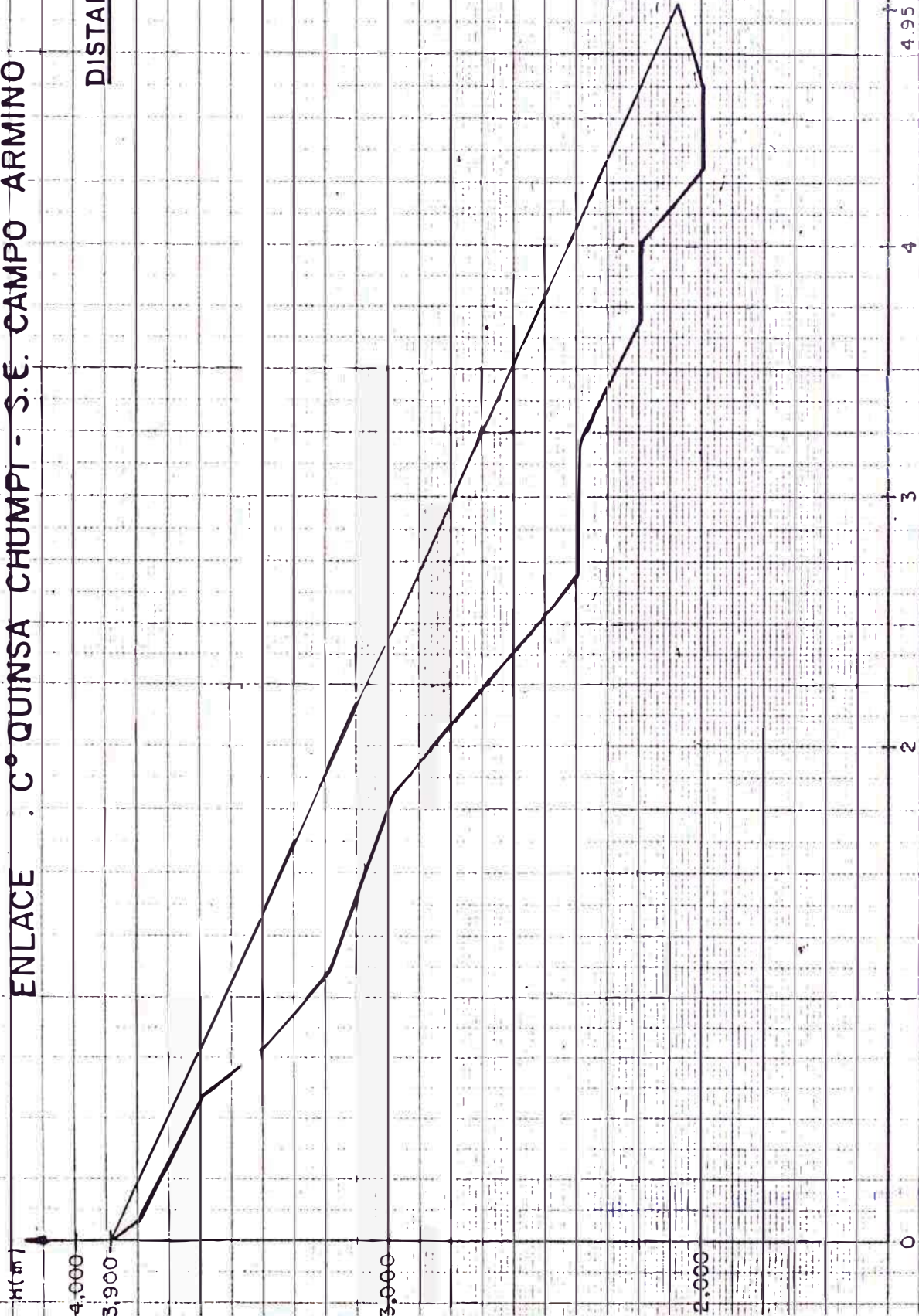


FIG II 5.5

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

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

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

DISTANCIA = 5.6 KM

H (m)

4,000

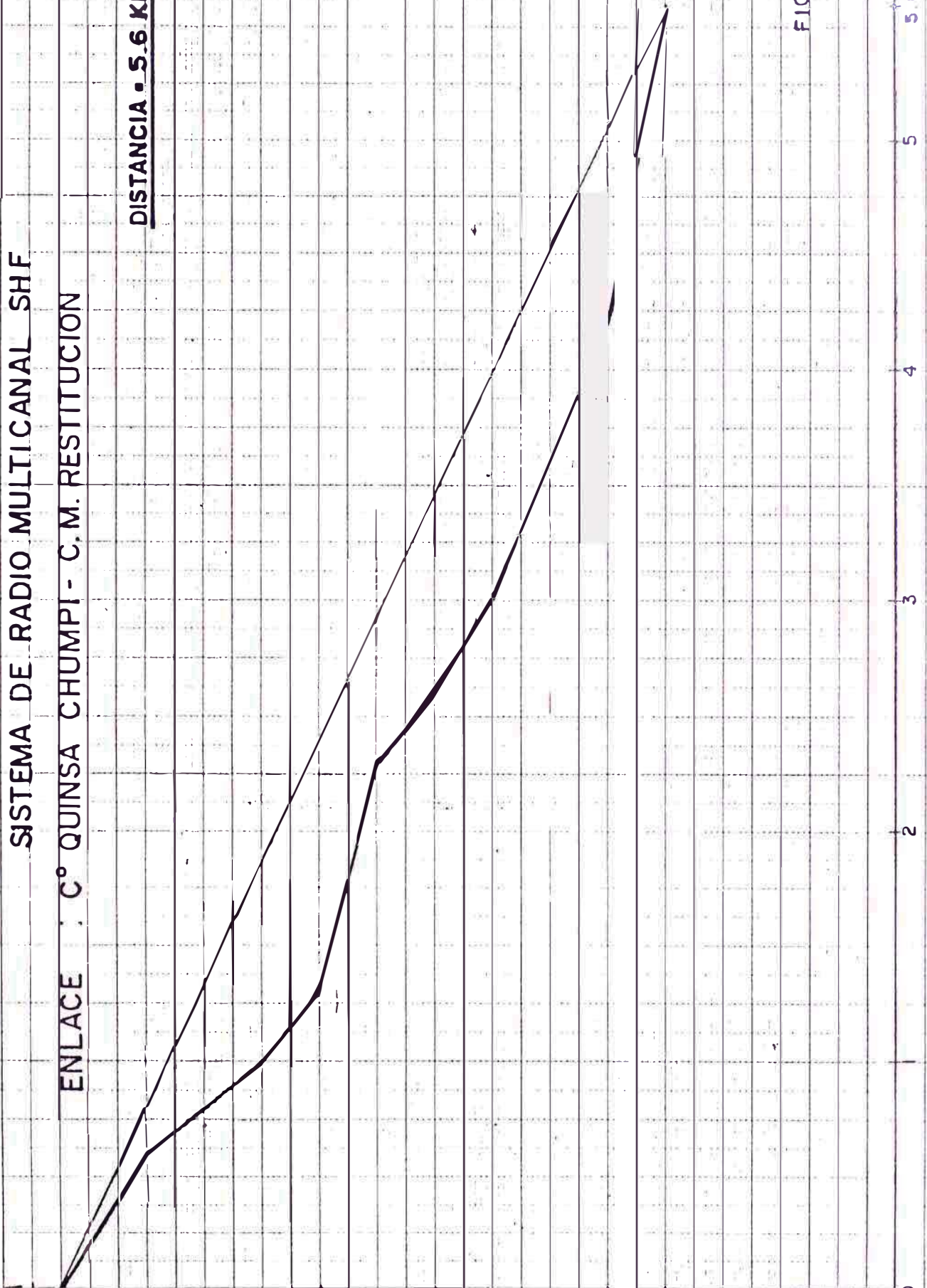
3,500

3,000

2,000

1,800

0



d (km)

6

5.6

5

4

3

2

FIG. II 5.6

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

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

DISTANCIA = 64.65 KM

H (m.)

5500

4433

4500

3900

3000

2000

0

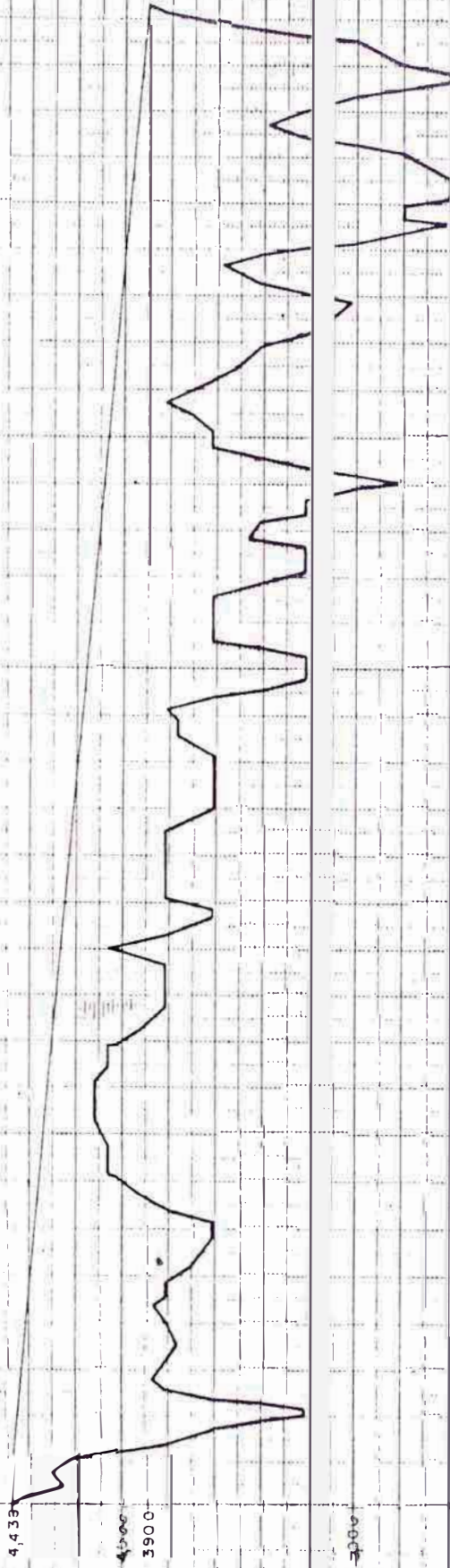


FIG. II.5.8

D (km)

64.6565

60

55

50

45

40

35

30

25

20

15

10

5

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF
ENLACE : C° LLAMAHUAQUI - S.E. HUAYUCACHI

DISTANCIA = 8.5 KM

4,500
4,438
4,000
3,500
3,180
3,000



FIG. II. 5. 9

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

ENLACE : C° LLAMAHUAQUI - ENTEL PERU HUANCAYO



FIG II 5.10

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO: II.1

1	A			S.E.	HUANCAVELICA	
2	B			C°	PISCAPUCRO	
3		TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ	2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH	120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db	3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm	27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz	200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz	552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db	156	
11	CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km	5.9	
12			TIPO DE ANTENA A		GRID	
13			TIPO DE ANTENA B		GRID	
14		L1	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m	20	
15		L2	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m	20	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100	2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db	25	
18		G2	ANTENA B	db	25	
19			OTROS	db	-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db	50	
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db	114	
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db	-	
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db	-	
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db	1	
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db	4	
26		L _o	OTRAS	db	1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db	120	
28	NIVELES	A1	ATENUACION DEL TRAMO	db	-70	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm	-43	
30		P _s	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm	-81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db	38	
32			RELACION SENAL A RUIDOTERMICO	db	86.3	
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp	2.4	
34		P _{iH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp	26.4	
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW	
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW	56
37			PIN	POR INTERFERENCIA	PW	
38			OTROS	PW		
39		TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP			
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING				

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO : II.2

		A	C°	ISCAPUCRO
		B	C°	TOCPUNTA
2				
3		TIPO DE EQUIPO	UNIDAD	
4	CARACTERIST CAS DE LOS EQUIPOS	f _o FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ	2000
5		N CAPACIDAD TELEFONICA	CH	120
6		P FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db	3.5
7		P _t POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm	27
8		F VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz	200
9		FRECUENCIA MAS A LTUDE BANDA BASE	KHz	552
10		M VALOR DEL SISTEMA	db	156
11		d LONGITUD DEL TRAMO	Km	39.25
12		TIPO DE ANTENA A		GRID
13		TIPO DE ANTENA B		GRID
14	L1 LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m	20	
15	L2 LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m	20	
16	ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100	2.5	
17	GANANC A	G1 ANTENA A	db	28
18		G2 ANTENA B	db	28
19		OTROS	db	
20		GT GANANCIA TOTAL	db	56
21	PERD DAS	A.0 POR ESPACIO LIBRE	db	130
22		A.1 POR SUPERFICIE PLANA	db	
23		A.2 POR OBSTACULO	db	-
24		Lfd DE ALIMENTADORES (A+B)	db	1
25		Lbc EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db	4
26		L0 OTRAS	db	1
27	L† PERDIDA TOTAL	db	136	
28	N VELES	A1 ATENUACION DEL TRAMO	db	80
29		P _r NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm	-53
30		P _s NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm	-81
31		F _o MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db	28
32		RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db	76.2
33		P _i POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp	
34	P _{tH} POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp	26.4	
35	RUIDOS F JOS	TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW	
36		PMD DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW	5.8
37		PIN POR INTERFERENCIA	PW	
38		OTROS	PW	
39		TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP	112
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING		

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO : II.3

1		A			C°	TOCPUNTA	
2		B			PRESA	ABLACHACA	
3.			TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ		2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH		120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db		3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm		27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz		200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz		552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db		156	
11		CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km		5.9
12				TIPO DE ANTENA A			GRID
13				TIPO DE ANTENA B			GRID
14	L1		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m		19	
15	L2		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m		20	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100		2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db		25	
18		G2	ANTENA B	db		25	
19			OTROS	db		-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db		50	
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db		114	
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db		-	
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db		-	
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db		1	
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db		4	
26		L _o	OTRAS	db		1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db		120	
28	NIVELES	A _l	ATENUACION DEL TRAMO	db		-70	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm		-43	
30		P _s	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm		-81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db		38	
32			RELACION SENAL A RUIDOTERMICO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	db		86.3	
33			P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp		2.4
34			P _{iH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp		2.4
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW		
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW		56
37			PIN	POR INTERFERENCIA	PW		
38			OTROS	PW			
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP		56	
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING				58.4	

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO : II.4

1		A			C°	ATOCPUNTA
2		B			C°	QUINSA CHUMPI
3			TIPO DE EQUIPO	UNIDAD		
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ		2000
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH		120
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db		3.5
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm		27
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz		200
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz		552
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db		156
11	CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km		14.4
12			TIPO DE ANTENA A			GRID
13			TIPO DE ANTENA B			GRID
14		L1	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m		21
15		L2	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m		20
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100		2.5
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db		25
18		G2	ANTENA B	db		25
19			OTROS	db		-
20		G _T	GANANCIA TOTAL	db		50
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db		122
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db		-
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db		-
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db		1
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db		4
26		L _o	OTRAS	db		1
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db		128
28	NIVELES	A ₁	ATENUACION DEL TRAMO	db		78
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm		-51
30		P _{sg}	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm		-81
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db		30
32			RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db		78.3
			POR TRAMO CON PRE - ENFASIS			
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA	P _{wcp}		15
			DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS			
34		P _{tH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA	P _{wcp}		
			SECCION EN AUSENCIA DE FADING			
35	RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW		56
36		PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW		
37		PIN	POR INTERFERENCIA	PW		
38			OTROS	PW		112
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP		
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION				
		EN AUSENCIA DE FADING				

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO : II.5

1		A			C°	QUINSA CHUMPI	
2		B			S.E.	CAMPO ARMIÑO	
3			TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ		2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH		120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db		3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm		27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz		200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz		552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db		156	
11		CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km		4.95
12				TIPO DE ANTENA A			GRID
13				TIPO DE ANTENA B			GRID
14	L1		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m		15	
15	L2		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m		20	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100		2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db		25	
18		G2	ANTENA B	db		25	
19			OTROS	db		-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db		50	
21	PERDIDAS	A•	POR ESPACIO LIBRE	db		113	
22		A•1	POR SUPERFICIE PLANA	db		-	
23		A•2	POR OBSTACULO	db		-	
24		Lfd	DE ALIMENTADORES (A+B)	db		1	
25		Lbc	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db		4	
26		L _o	OTRAS	db		1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db		119	
28	NIVELES	A1	ATENUACION DEL TRAMO	db		-69	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm		-42	
30		P _{sg}	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm		-81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db		39	
32			RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db		87.3	
			POR TRAMO CON PRE-ENFASIS				
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp		2	
34		P _{iH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp		2	
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW		
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW		56
37	PIN		POR INTERFERENCIA	PW			
38			OTROS	PW			
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP		56	
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING			58		

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO: II.6

1		A			C°	QUINSA CHUMPI	
2		B			C.M.	RESTITUCION	
3			TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ		2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH		120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db		3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm		27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz		200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz		552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db		156	
11	CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km		5.6	
12			TIPO DE ANTENA A			GRID	
13			TIPO DE ANTENA B			GRID	
14		L1	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m		17	
15		L2	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m		20	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100		2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db		25	
18		G2	ANTENA B	db		25	
19			OTROS	db		-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db		50	
21	PERDIDAS	A•	POR ESPACIO LIBRE	db		114	
22		A•1	POR SUPERFICIE PLANA	db		-	
23		A•2	POR OBSTACULO	db		-	
24		Lfd	DE ALIMENTADORES (A+B)	db		1	
25		Lbc	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db		4	
26		Lo	OTRAS	db		1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db		120	
28	NIVELES	A1	ATENUACION DEL TRAMO	db		-70	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm		-43	
30		P _{sg}	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm		-81	
31		F•	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db		38	
32			RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db		86.3	
			POR TRAMO CON PRE- ENFASIS				
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp		2.4	
34		P _{iH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp		2.4	
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW		
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW		56
37	PIN		POR INTERFERENCIA	PW			
38			OTROS	PW			
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP		56	
40			TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING			58.4	

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO: II.7

1	A			C°	QUINSA CHUMPI	
2	B			C.M.	MANTARO	
3			TIPO DE EQUIPO	UNIDAD		
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ	2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH	120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db	3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm	27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz	200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz	552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db	156	
11		CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km	4.55
12				TIPO DE ANTENA A		GRID
13				TIPO DE ANTENA B		GRID
14	L1		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m	19	
15	L2		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m	28	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100	2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db	25	
18		G2	ANTENA B	db	25	
19			OTROS	db	-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db	50	
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db	112	
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db	-	
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db	-	
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db	1.2	
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db	4	
26		L _o	OTRAS	db	1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db	118.2	
28	NIVELES	A _l	ATENUACION DEL TRAMO	db	-68.2	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm	-41.2	
30		P _s	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm	-81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db	39.8	
32			RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db	88	
			POR TRAMO CON PRE- ENFASIS			
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp	2	
34		P _{tH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp	2	
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW	
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW	56
37	PIN		POR INTERFERENCIA	PW		
38			OTROS	PW		
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP	56	
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING		58		

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO: II.8

1	A			C°	QUINSA CHUMPI	
2	B			C°	LLAMAHUAQUI	
3		TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ	2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH	120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db	3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm	27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz	200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz	552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db	156	
11	CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km	64.65	
12			TIPO DE ANTENA A		GRID	
13			TIPO DE ANTENA B		GRID	
14		L1	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m	21	
15		L2	LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m	20	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100	2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db	31	
18		G2	ANTENA B	db	31	
19			OTROS	db	-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db	62	
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db	135	
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db	-	
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db	-	
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db	1	
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db	4	
26		L _o	OTRAS	db	1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db	141	
28	NIVELES	A ₁	ATENUACION DEL TRAMO	db	79	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm	-52	
30		P _{sg}	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm	-81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db	29	
32			RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db	77.2	
			POR TRAMO CON PRE- ENFASIS			
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp	19	
34		P _{tH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp	34	
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW	56
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW	
37	PIN		POR INTERFERENCIA	PW		
38			OTROS	PW	112	
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP		
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING		146		

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO: II.9

1	A			C°	LLAMAHUA UT	
2	B			S.E.	HUAYUCACHI	
3		TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ	2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH	120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db	3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm	27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz	200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz	552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db	156	
11		CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km	8.5
12				TIPO DE ANTENA A		GRJD
13				TIPO DE ANTENA B		GRID
14	L1		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m	19	
15	L2		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m	20	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100	2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db	25	
18		G2	ANTENA B	db	25	
19			OTROS	db	-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db	50	
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db	117	
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db	-	
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db	-	
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db	1	
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db	4	
26		L _o	OTRAS	db	1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db	123	
28	NIVELES	A1	ATENUACION DEL TRAMO	db	-73	
29		Pr	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm	46	
30		Ps	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm	81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db	45	
32			RELACION SEÑAL A RUIDOTERMICO	db	83.3	
			POR TRAMO CON PRE-ENFASIS			
33		Pi	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERA	Pwcp	5	
			DO POR TRAMO CON PRE-ENFASIS			
34		PtH	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA	Pwcp	5	
			SECCION EN AUSENCIA DE FADING			
35	RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW	56	
36		PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW		
37		PIN	POR INTERFERENCIA	PW		
38			OTROS	PW		
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP	81	
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING				

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

ASUNTO : CALCULOS DE PROPAGACION

CUADRO: II.10

1	A			C°	LLAMAHUAQUI	
2	B			CIUDAD	ENTEL PERU HY	
3		TIPO DE EQUIPO	UNIDAD			
4	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	f _o	FRECUENCIA CENTRAL RF	MHZ	2000	
5		N	CAPACIDAD TELEFONICA	CH	120	
6		P	FACTOR DE RUIDO DEL RECEPTOR	db	3.5	
7		P _t	POTENCIA DEL TRANSMISOR	dbm	27	
8		F	VALOR RMS DE LA DESVIACION DE FR	KHz	200	
9			FRECUENCIA MAS ALTA DE BANDA BASE	KHz	552	
10		M	VALOR DEL SISTEMA	db	156	
11		CARACTERIST. TRAMO	d	LONGITUD DEL TRAMO	Km	15.2
12				TIPO DE ANTENA A		GRID
13				TIPO DE ANTENA B		GRID
14	L1		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN A	m	20	
15	L2		LONGITUD DE ALIMENTADOR EN B	m	45	
16			ATENUACION UNITARIA DE LOS ALIMENT.	db/100	2.5	
17	GANANCIA	G1	ANTENA A	db	25	
18		G2	ANTENA B	db	25	
19			OTROS	db	-	
20		GT	GANANCIA TOTAL	db	50	
21	PERDIDAS	A _o	POR ESPACIO LIBRE	db	122	
22		A _{o1}	POR SUPERFICIE PLANA	db	-	
23		A _{o2}	POR OBSTACULO	db	-	
24		L _{fd}	DE ALIMENTADORES (A+B)	db	1.7	
25		L _{bc}	EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF	db	4	
26		L _o	OTRAS	db	1	
27		L _t	PERDIDA TOTAL	db	129	
28	NIVELES	A1	ATENUACION DEL TRAMO	db	-79	
29		P _r	NIVEL DE RECEPCION (SIN FADING)	dbm	-52	
30		P _s	NIVEL DE SILENCIAMIENTO	dbm	81	
31		F _o	MARGEN DE AUSENCIA DE FADING	db	29	
32			RELACION SEÑAL A RUIDO TERMICO	db	773	
			POR TRAMO CON PRE-ENFASIS			
33		P _i	POTENCIA DE RUIDO TERMICO PONDERADA POR TRAMO CON PRE-ENFASIS	Pwcp	19	
34		P _{tH}	POTENCIA DE RUIDO TERMICO DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING	Pwcp	19	
35		RUIDOS FIJOS		TERMICO REGIONAL DE LOS TX Y RX	PW	56
36			PMD	DE INTERMODULACION DE LOS MODEMS	PW	
37	PIN		POR INTERFERENCIA	PW		
38			OTROS	PW		
39			TOTAL RUIDOS FIJOS DE LA SECCION	PWOP	56	
40		TOTAL RUIDO FIJOS DE LA SECCION EN AUSENCIA DE FADING		75		

C A P I T U L O I I I

3.0 DISEÑO DE RADIOENLACE - CONSIDERACIONES ANALOGICAS

3.1 Diseño de Radioenlace - Conceptos Utilizados

3.1.1 Frecuencia Central RF :

Para realizar el cálculo de propagación es necesario tomar de la gama de frecuencia a usarse, una frecuencia fija solamente como referencia nuestro proyecto utilizará la frecuencia de 2 GHz.

3.1.2 Capacidad Telefónica

Es la capacidad máxima de circuitos telefónicos que puede transmitir el equipo de radio.

3.1.3 Factor de Ruido del Receptor

Este factor es propio de cada equipo debiendo ser lo menor posible y adecuarse a las recomendaciones fijadas por la CCIR y CCITT.

3.1.4 Potencia del Transmisor

Es la potencia de salida del transmisor que será tomada como referencia para obtener un nivel aceptable de recepción, está dada en dbm.

3.1.5 Valor RMS de la Desviación de Frecuencia

Esta desviación está sujeta al número de canales a transmitirse; para 120 canales según la recomendación del CCIR es de 200 KHz, generalmente se da en KHz p-p o en MHz p.p.

3.1.6 Frecuencia Más Alta de Banda Base

Para la transmisión de 120 canales telefónicos, el ancho de la banda base es de 60 ~ 552 KHz por lo que se observa que la frecuencia más alta es de 552 KHz.

3.1.7 Valor del Sistema (calidad)

Está dado por la fórmula

$$M = 139.08 + Pt - P + 20 \log \frac{f_o}{f_m} + Ip$$

donde :

- Pt : Potencia Rf del transmisor
- P : Factor de ruido del receptor
- f_o : Valor RMS de la desviación de frecuencia
- f_m : Frecuencia más alta de la banda base
- Ip : Factor de Ponderación Psophométrica = 2.5dB

3.1.8 Longitud del Tramo

Está dada por la distancia entre las dos estaciones, las cuales son dadas al realizar el perfil del trayecto.

3.1.9 Tipo de Antena

Está supeditada a la ganancia de antena a utilizarse pudiendo ser yagui o parabólica.

3.1.10 Longitud de los Alimentadores

Para determinar la longitud de los alimentadores que se van a usar se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- a) Se debe hacer un estimado del número y tamaño de las antenas que se prevé se instalarán en cada estación.
- b) Se debe tener en cuenta una longitud adecuada del alimentador entre la base de la torre y el equipo de radio.
- c) Debe tomarse en cuenta las posibles alturas - de la torre en base a los perfiles.

3.1.11 Atenuación Unitaria de los Alimentadores

Es la pérdida que existe al transmitirse una señal de RF; está de acuerdo a la frecuencia a emplearse en este caso se está considerando 2.5 dB/100 mts. , por ser mínima.

3.1.12 Ganancia de Antenas

En el tipo Parabólica está dada por la siguiente fórmula :

$$G_{db} = 20 \log B + 20 \log F_{GHz} + 17.8$$

donde:

B : diámetro de la antena (m)

F_O : frecuencia de trabajo (GHz)

3.1.13 Ganancia Total

Es la sumatoria de las ganancias de antena de las dos estaciones (Ganancia A + Ganancia B)

3.1.14 Pérdida por Espacio Libre

Viene dada por la fórmula :

$$\tau = 20 \log \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right) \quad (\text{dB})$$

donde:

λ : longitud de onda (mt)

La derivación de la fórmula por espacio libre trae consigo la radiación Isotrópica en donde la energía es irradiada por igual en todas direcciones.

Si uno estuviese mirando instantáneamente a la superficie de fase constante a algunos puntos de distancia d, desde el origen, ésta podría aparecer como una esfera de radio d.

Si uno estuviera interceptando la energía impidiendo sobre una porción pequeña de esta superficie con un área A, la energía interceptada, está sostenida de una relación a la energía total desde el origen

como el área total de la esfera, el cual es $4 \pi d^2$. Esta relación representa la pérdida entre un punto origen y la ganancia de alguna antena en términos de A que es igual a $\frac{4 \pi A}{\lambda}$, siendo λ la longitud de onda.

Con una substitución apropiada y convirtiendo en km y F en GHz, como una función inversa de longitud de onda.

La pérdida entre dos antenas Isotrópicas viene dado por:

$$L = 32.4 + 20 \log f + 20 \log d$$

donde :

L : Pérdida de transmisión en espacio libre

f : Frecuencia en MHz

d : distancia del salto en Km., también se calcula usando gráficos

3.1.15 Pérdida por Superficie Plana y por Obstáculo

Esta depende del perfil del trayecto, para eliminar ésta se tiene que hallar una altura adecuada de antena, de tal manera de tener una permisible línea de vista.

3.1.16 Pérdida de los Alimentadores

Está referida a la longitud total considerada en los alimentadores.

Para este cálculo simplemente se multiplica la atenuación especificada en dB/m por la longitud del alimentador considerada.

3.1.17 Pérdida en los Circuitos de Derivación RF

Es una característica propia de estos circuitos, es recomendable que sea menor o igual a 3.5 dB.

3.1.18 Pérdida Total

Es la sumatoria de todas las pérdidas
(21 + 22 + 23 + 24 + 25 + 26) (ver hoja de Cálculos)

3.1.19 Atenuación del Tramo

Está dado por la siguiente diferencia:
Atenuación del trayecto - ganancia total de las antenas

3.1.20 Nivel de Recepción

Está dado por la siguiente fórmula:
Atenuación del trayecto - Potencia del tramo

3.1.21 Nivel de Silenciamiento

Es el nivel diseñado por el fabricante para que un nivel predeterminado se corte la señal para que no intervenga el ruido propio del Sistema.

3.1.22 Márgen de Ausencia de Fading

Es la diferencia entre el nivel de recepción y el nivel de silenciamiento.

3.1.23 Relación s/n Térmico por Tramo

Son aquellos producidos en el espacio libre y en los equipos transmisores y receptores por efecto del calor; sobre los elementos del medio, está dado por la siguiente fórmula:

$$s/n = 10 \cdot \log \left(\frac{Pr}{KTBP} \right) \left(\frac{S}{fp} \right) + Ip$$

descomponiendo el logaritmo tenemos:

$$s/n = 10 \log Pr - 10 \log KTBP - 10 \log P + 20 \log S$$

$$\text{Donde :} \quad - 20 \log fp + Ip$$

$$10 \log$$

Pr : Potencia del transmisor en dBm y en condiciones de espacio libre

$$10 \log$$

P : Figura de ruido del Rx (dB)

- K : Constante de Boltzman 1.374×10^{-23} W
 T : Temperatura absoluta a 293°K
 B : Ancho de banda del canal $3,100$ Hz
 KTB : 1.248×10^{-14} MW
 10 log
 KTB : -139.04 dBm
- S : Desviación de frecuencia correspondiente al nivel de tono
 Prueba : 35 KHz
- fp : Frecuencia más alta de la banda base
- Ip : Factor de ponderación psophométrico igual a 2.5 dB, es el valor que hay que agregar a la potencia de ruido de espectro uniforme en la banda de 3.1 KHz para obtener la potencia psophométrica ponderada.

3.1.24 Potencia de Ruido Térmico (N)

Es la sumatoria de potencia de ruido térmico de cada tramo. Es una función de la potencia recibida y por lo tanto depende de la pérdida del trayecto.

Para calcular el ruido térmico FM en PWO_p se emplea la siguiente fórmula :

$$10 \log N = 90 - s/n$$

$$\log N = \frac{90 - s/n}{10}$$

$$N = \text{antilog} \frac{90 - s/n}{10}$$

$$N = \text{PWO}_p \text{ (Por tramo o sección)}$$

3.1.25 Potencia de Ruido Térmico de la Sección

Está referida al tramo en sí, referirse a los puntos 3.2.13, 3.2.14, 3.2.15, 3.2.16 y 3.2.17 de la segunda parte de este Capítulo.

3.1.26 Ruidos Térmicos Residual e Intermodular

Son ruidos fijos de cada equipo de acuerdo a los diseños del fabricante, deberán ser lo mínimo posibles y sujetos a las recomendaciones del CCIR y CCITT.

3.1.27 Total de Ruido Fijo de la Sección

Es la sumatoria de los ruidos fijos de cada tramo.

3.1.28 Potencia Total de Ruido de la Sección

Es la sumatoria de la potencia de ruido térmico de la sección en ausencia de fading y total de ruido fijo de la sección.

3.1.29 Desarrollo Teórico de los Cálculos de Propagación

Los Cuadros numerados del 1 al 10 del Capítulo II contienen los Cálculos de Propagación del Sistema, los cuales se han efectuado tomando en consideración los siguientes parámetros:

Frecuencia de RF	: 2 GHz
Potencia del Transmisor	: 27 dBm
Capacidad de Transmisión	: 120 Canales telefónicos
Desviación de Frecuencia	: 200 KHz
Factor de Ruido	: 3.5 dB o menor
Ganancia de Antenas	: 25 dBi, 28 dBi y 31 dBi
Atenuación del Cable	: 2.5 dB/100m para 2 GHz
Nivel de Silenciamiento	: - 81 dBm

3.1.29.1 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:

$$H = 0.0588 d \cdot d_1 \quad \text{para } k = 4/3$$

$$H = 0.1176 d \cdot d_1 \quad \text{para } k = 2/3$$

donde :

d : distancia entre los dos puntos

d1 : distancia del punto inicial al obstáculo más prominente

3.1.29.2 Radio de la Primera Zona de Fresnell

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

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

F : frecuencia en GHz

d : distancia entre los dos puntos

donde :

d1 : distancia punto inicial al obstáculo

d2 : distancia obstáculo punto final

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

Datos :

Primer obstáculo :

$$d_1 = 0.5 \text{ km}$$

$$d_2 = 4.05 \text{ km}$$

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

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

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

$$H_o = 8.16 \text{ m.}$$

Segundo obstáculo :

$$d_1 = 2.3 \text{ km}$$

$$d_2 = 2.25 \text{ km}$$

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

$$H_o = 13.04 \text{ m.}$$

igualmente para los demás puntos de obstáculos:

$$\begin{aligned} d1 &= 4.0 \text{ km} \\ d2 &= 0.55 \text{ km} \\ d &= 4.55 \text{ km} \\ F &= 2 \text{ GHz} \end{aligned} \quad \begin{aligned} Ho &= 17.3 \sqrt{\frac{4.0 \times 0.55}{2 \times 4.55}} \\ Ho &= 8.5 \text{ m.} \end{aligned}$$

Y

$$\begin{aligned} d1 &= 4.3 \text{ km} \\ d2 &= 0.25 \text{ km} \\ d &= 4.55 \text{ km} \\ F &= 2 \text{ GHz} \end{aligned} \quad \begin{aligned} Ho &= 17.3 \sqrt{\frac{4.3 \times 0.25}{2 \times 4.55}} \\ Ho &= 5.94 \text{ m.} \end{aligned}$$

El caso más crítico de obstaculidad ocurre para $d1 = 4.0$ km en donde el haz de microondas pasa por debajo del obstáculo a 12.5 m. considerando una tierra plana. De esta forma habrá que considerar una claridad mínima (ho_{\min}) para $K = 4/3$.

$$ho_{\min} = 8.5 \text{ m.}$$

3.1.29.3 Cálculo de Altura de Antena

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

Para $K = 4/3$

$$\begin{aligned} ha1 (K = 4/3) &= \frac{d}{d2} (ho + hs) - \frac{d1}{d2} (hg2 + ha2) \\ &+ 0.0588 dd1 - hg1 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

en donde de acuerdo al esquema 3.1 mostrado en el anexo 1

$ha1, ha2$ = altura de antenas en metros

$hg1, hg2$ = cotas de las estaciones en metros

ho = primera zona de Fresnell

hs = altura del obstáculo sobre el nivel del mar en metros

efectuando :

$$ha_1 (K = 4/3) = \frac{4.55}{0.55} (2150 + 8.5) - \frac{4.0}{0.55} (1900 + 18.0) \\ + 0.0588 \times 4.55 \times 4.0 - 3,900$$

$$ha_1 (K = 4/3) = 7.94 \text{ m.}$$

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 .

En tanto usaremos la siguiente expresión para calcular $ha_1 (K = 2/3)$

$$ha_1 (K = 2/3) = ha_1 (K = 4/3) - \frac{d \cdot h_0}{3d^2} + 0.0588 \cdot d \cdot d_1 \text{ (m)}$$

efectuando :

$$ha_1 (K=2/3) = 7.94 - \frac{4.55 \times 8.5}{3 \times 0.55} + 0.0588 \times 4.55 \times 4.0$$

$$ha_1 (K = 2/3) = 8.9 = 9 \text{ m.}$$

efectuando la comparación, escogeremos el mayor valor como altura de antena luego :

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

$$ha_1 = 18 \text{ m.} \quad (\text{C.M. Mantaro})$$

3.1.29.4 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 Fresnell para $K = 4/3$ y como máximo de interferencia $(1/3)R_i$ para $K = 2/3$ siendo H_0 = radio de la primera zona de Fresnell.

3.1.29.5 Altura Optima de Antena

El campo electromagnético recibido por la

antena receptora (Rx) varía periódicamente con la altura de ésta suponiendo fija una antena transmisora (Tx) (ver figura 3.2 de Anexo I), la altura entre máximo y mínimo depende de la fase relativa de la onda disturbing, siendo la diferencia de alturas:

$$\Delta h_2 = \frac{\lambda d}{4 h_1}$$

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

3.1.29.6 Cálculos de Radioenlace

Valor del Sistema : (M)

Tal como se ha descrito páginas atrás, el valor del Sistema nos proporciona el nivel de calidad del Sistema, para el proyecto que estamos realizando el cálculo de este valor está dado por la fórmula dada anteriormente, recopilando datos tendremos :

Considerando el mismo Enlace: (Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro)

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

$$P = 3.5 \text{ dB} \quad \text{colocando valores tendríamos:}$$

$$F = 200 \text{ KHz}$$

$$f_2 = 552 \text{ KHz}$$

$$I_p = 2.5 \text{ dB}$$

$$M = M_{(\text{dB})} = 139.08 + \dots - 3.5 + 20 \log \frac{200}{552} + 2.5$$

de donde tendremos :

M = el cual es el valor que aparece en la hoja de cálculos respectiva.

3.1.29.7 Tipo y Ganancia de Antena

Las antenas escogidas para este caso son las de tipo parabólica que se adecúan a este tipo de frecuencia ($f_0 = 2 \text{ GHz}$), las características técnicas de este tipo de antena son entre otras, las de dar ma-

por 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.

3.1.29.8 Longitud de los Alimentadores

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

3.1.29.9 Pérdidas

Pérdida por Espacio Libre : (A_{dB})

De acuerdo a los datos tendríamos:

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

$$f_0 = 2 \text{ GHz} \quad A_{(dB)} = 92.4 + 20 \log 2 + 20 \log 4.55$$

$$\text{efectuando cálculos : } A_{(dB)} = 111.6 = 112 \text{ dB}$$

3.1.29.10 Pérdida de los Alimentadores (Lfd)

Considerando la longitud total de los alimentadores

$$L_a = 19 \text{ mts. (C° Quinsa Chumpi)}$$

$$L_B = 28 \text{ mts. (C.M. Mantaro)}$$

y el valor de atenuación : $2.5 \text{ dB}/100 \text{ m.} = 0.025 \text{ dB/m}$

luego tendríamos:

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

$$L_{fd} = 1.2 \text{ dB}$$

3.1.29.11 Pérdida en los Circuitos de Derivación RF (Lbe)

3.1.29.12 Otras Pérdidas

Estimaremos una cantidad de 1 dB que está dentro de un rango permisible para este tipo de enlace.

3.1.29.13 Pérdida Total (Lt)

Está dado por la sumatoria de todas las pérdidas, calculadas en 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13. Para nuestro enlace este valor será de 118.2 dB.

3.1.29.14 Atenuación del Tramo (A1)

De acuerdo a la definición dada anteriormente :

$$A1 = I_t - (G1 + G2) \text{ reemplazando}$$

$$A1 = 118.2 - (25 + 25)$$

$$A1 = 68.2 \text{ dB}$$

3.1.29.15 Cálculo de Nivel de Recepción sin Fading (Pr)

Pr = atenuación del tramo - potencia del transmisor

reemplazando :

$$Pr = -68.2 - 27$$

$$Pr = -41.2 \text{ dBm}$$

3.1.29.16 Nivel de Silenciamiento (Psq)

Es un dato del equipo a utilizar para este caso :

$$P_{sq} = -81 \text{ dBm}$$

3.1.29.17 Margen de Ausencia de Fading (Fo)

Fo = nivel de silenciamiento + nivel de recepción sin Fading

$$F_o = -81 + 41.2 = 39.8 \text{ dB}$$

3.1.29.18 Relación Señal de Ruido Térmico (s/n)

Está dado por la fórmula expuesta anteriormente :

$$s/n = 10 \log \left(\frac{Pr}{KTB P} \right) \left(\frac{s}{f_p} \right)^2 + I_p - \text{atenuación del tramo}$$

Considerando :

$$K = 1.374 \times 10^{-23} \text{ W}$$

$$T = 293^\circ \text{ K}$$

$$B = 3.1 \text{ KHz}$$

efectuando los cálculos:

$$s/n = 27 - 139.04 - 3.5 + 46.02 - 54.8 + 2.5 - \text{atenuación del tramo}$$

$$s/n = 156.26 - \text{atenuación tramo}$$

$$s/n = 156.26 - 68.2 = 88.06 \text{ dB}$$

3.1.29.19 Potencia de Ruído Térmico Ponderado

Tendríamos :

$$10 \log N = 90 - s/n$$

$$\log N = \frac{90 - s/n}{10}$$

$$\log N = \frac{90 - 88.06}{10}$$

$$N = 10^{\left(\frac{90 - 88.06}{10}\right)}$$

de lo cual :

$$N = 1.56 \sim 2$$

tomemos :

$$N = 2 P_{wop}$$

luego : $P_i = 2 P_{wop}$

3.1.29.20 Cálculo de la Potencia de Ruído Térmico Medio Horario

S.E. Huancavelica - C° Piscapucro;

$$d = 5.9 \text{ km.} : Pr = 4.56 \times 10^{-7}$$

C° Piscapucro - C° Atocpunta;

$$d = 39.25 \text{ km.} : Pr = 3.5 \times 10^{-4}$$

C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi;

$$d = 14.40 \text{ km.} : Pr = 1.0 \times 10^{-5}$$

C° Quinsa Chumpi - C° Llamahuaqui;

$$d = 64.65 \text{ km.} : Pr = 1.98 \times 10^{-3}$$

C° Llamahuaqui - Entel Perú Hyo.;

$$d = 15.2 \text{ km.} : Pr = 1.2 \times 10^{-5}$$

C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi;

$$d = 6.5 \text{ km.} : Pr = 6.4 \times 10^{-7}$$

C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro;

$$d = 4.55 \text{ km.} : Pr = 1.83 \times 10^{-7}$$

C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución;

$$d = 5.6 \text{ km.} : Pr = 3.79 \times 10^{-7}$$

C° Atocpunta - Presa Tablachaca;

$$d = 5.9 \text{ km.} : Pr = 4.56 \times 10^{-7}$$

Estos cálculos se han efectuado considerando

$$Q = 2.10 \times 10^{-9}; \text{ para terrenos montañosos}$$

3.1.29.21 Cálculos de Desviación Standard

S.E. Huancavelica - C° Piscapucro;	$\sigma = 0.2183$
C° Piscapucro - C° Atocpunta;	$\sigma = 1.2015$
C° Atocpunta - C° Quinsa Chumpi;	$\sigma = 0.4873$
C° Quinsa Chumpi - C° Llamahuaqui;	$\sigma = 1.8827$
C° Llamahuaqui - Entel Perú Hyo.;	$\sigma = 0.5116$
C° Llamahuaqui - S.E. Huayucachi;	$\sigma = 0.2381$
C° Quinsa Chumpi - C.M. Mantaro;	$\sigma = 0.1727$
C° Quinsa Chumpi - C.M. Restitución;	$\sigma = 0.2082$
C° Quinsa Chumpi - S.E. Campo Armiño;	$\sigma = 0.1867$
C° Atocpunta - Presa Tablachaca;	$\sigma = 0.2183$

$$Prav = 4.7 \times 10^{-4} \quad \text{y} \quad Z = 5$$

mediante la curva obtenemos $k = 1$ y $\Delta N = 5$ dB

en el peor de los casos:

$$\sum \text{ruidos} : 10 \times 24 + 146 + 75 + 24 + 112 = 575.4 \text{ Pwop}$$

$$\sum \text{ruidos} : 575.4 \text{ PW}$$

Según CCIR; 395 - 1 Tenemos que cumplir como máximo lo siguiente :

$$50 \leq L \leq 840$$

$$3 < PW + 200 \text{ PW}$$

Para $L = 139.4$ km.

$$3 \times 139.4 + 200 = 618.2 \text{ Pwop Teórico}$$

$$575.4 \text{ Pwop} < 618.2 \text{ Pwop Teórico}$$

Esto nos estaría indicando que estamos cumpliendo - las recomendaciones del CCIR por lo tanto el enlace diseñado no tendrá ningún problema de corte de señal.

3.2 CONSIDERACIONES ANALOGICAS

3.2.1 Nivel de Voz por un Canal

Refiriéndose al diagrama 3.3 del anexo el cual muestra un ejemplo típico de enlace por microondas FDM/FM , podemos afirmar:

- La voz se encuentra dentro de un valor promedio el cual es -10dBm en el punto de nivel relativo cero (0dB), este punto se encuentra ubicado en la entrada de la central telefónica.
- El nivel de tono de prueba alcanza un valor de 0dBm en el punto de nivel relativo cero (respecto a 1 mW de potencia).

Es lógico suponer que tenemos que calcular un nivel adecuado para la señal de telefonía multicanal de tal manera que ésta se transmita en un margen adecuado de audibilidad; para un sistema como el que estamos empleando en este proyecto tenemos una cantidad de canales $N = 120$

Por lo tanto para un rango determinado $12 \leq N \leq 240$ tendremos que nuestro sistema de 120 canales se ubicará en un nivel promedio respecto al punto de nivel relativo cero el cual es:

$$\text{Nivel Compuesto Promedio} = -1 + 4 \log N \text{ dBm}$$

3.2.2 Relación s/n

El nivel compuesto promedio para 120 canales es aplicable a la línea de transmisión en la prueba de carga de ruido (Noise loading test), la relación s/n se expresa en dB para un determinado ancho de banda, específicamente este tipo de prueba se realiza haciendo pasar a través de un filtro de rechazo "ventana" diferentes ruidos con ancho de banda determinado en cuadrados en los diferentes niveles promedio, en este caso para el rango de $N = 120$ canales; luego se mide este ruido en el extremo de recepción a la salida del demodulador, el cual está compuesto por un ruido de intermodulación y un ruido térmico; este ruido medido luego es comparado -

con el ruido que se tendría quitando el filtro de rechazo.

La señal de prueba puede ser representada por dos tipos de niveles promedio de prueba:

- a) El nivel de carga de ruido, el cual se aplica por canal.
- b) El nivel de tono de prueba, es el dado en el punto relativo cero, de entrada a la central telefónica es igual a 0 dm (1 mw).

Se obtiene luego de una comparación que:

Nivel de tono de Prueba > nivel de Carga de ruido
o sea : 0dBm - (-15 dBm) = 15 dB

Generalmente en los circuitos los niveles promedio de referencia son con señal de tono, por lo tanto, la relación entre la señal de tono y el ruido producido en el canal de voz se denomina s/n.

Paralelamente si usamos una señal de prueba de carga de ruido, la relación de ésta respecto al ruido producido en el canal de voz se denomina NPR (Relación de Potencia de Ruido o Noise Power Ratio).

Bajo este último concepto podemos definir:

$$s/n = NPR + 10 \log \frac{B}{3.1} - P$$

donde P = nivel compuesto promedio depende del número de canales.

3.2.3 Desviación de Frecuencia Efectiva (F)

Existen dos tipos de desviación de frecuencia, una de ellas es la producida por el tono de prueba (So) y la otra es la producida por la señal de telefonía

multicanal (σ).

Ambas están relacionadas mediante la fórmula :

$$F = \frac{S_0}{5.6} \sqrt{N}$$

donde N = N° de Canales

3.2.4 Índice de Modulación Efectivo (m)

Está dada por la relación

$$m = \frac{F}{\sqrt{f_1 + f_2}}$$

donde :

f1 = Frecuencia más baja de la banda base

f2 = Frecuencia más alta de la banda base

Si este índice es muy mayor a 1, se obtiene un gráfico normal de la densidad de potencia de la señal FM modulada por la señal de telefonía el cual es mostrado en la figura 3.4 del anexo I, el ancho de banda se considera al 99% de aquella banda que contiene la potencia total.

3.2.5 Ruido Térmico

Es aquel producido por el calor generado en los equipos, este tipo de ruido es conocido como ruido triangular, para la deducción de una fórmula de tratamiento tendremos que considerar el concepto de fase y frecuencia angular, así como también del concepto de vector. La señal portadora y la señal de ruido ambas serán representadas vectorialmente.

A la salida del discriminador se obtendrá una diferencia de frecuencia ($F_c \neq f_n$) la cual producirá proporcionalmente una determinada cantidad de ruido a este ruido se le denomina ruido triangular de

acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_n = \frac{1}{2} \frac{d\theta}{dt} = \frac{I_n}{I_c} (F_n - f_c) \cos 2\pi (f_n - f_c) t$$

donde :

F_n = desviación de frecuencia del ruido

I_n, I_c = Amplitud del vector ruido y portadora respectivamente

f_n, f_c = Frecuencias angulares de ruido y portadora respectivamente

3.2.6 Potencia de Ruido por Unidad de Frecuencia (P)

Está dada por la expresión:

$$P = \frac{kTP}{Pr} f^2$$

donde :

$P_n = KTF$ (Potencia del ruido a la entrada del receptor)

$K = 1.37 \times 10^{-23}$ Joule/°K

T = Temperatura absoluta (275° + C)

P = Factor de ruido

f = $f_n - f_c$

Se puede concluir que la potencia de ruido a la salida del demodulador (a la entrada del receptor) es proporcional a la diferencia de frecuencias al cuadrado como deducción lógica de lo mencionado anteriormente para el ruido térmico.

3.2.7 Potencia del Tono de Prueba (S)

Analogamente considerando que S_0 es el valor eficaz para la desviación de frecuencia efectiva:

$$S = (S_0)^2$$

Hasta este punto estamos en condiciones de hallar la relación de s/n en dB la cual sería:

$$s/n = 10 \log \frac{Pr}{KTP \Delta f} \times \frac{So^2}{f^2} \quad (\text{dB})$$

donde : Pr = Potencia de la portadora a la entrada del receptor.

3.2.8 Consideraciones Acerca de la Relación s/n

Como producto de la última expresión deducimos que:

- a) s/n es directamente proporcional a So de tal manera que un aumento de este mejora s/n, pero es este valor está fijado por el CCIR por lo tanto mejoraremos la relación s/n si disminuimos P o aumentamos el valor de Pr.
- b) La relación s/n es menor para la frecuencia f_2 más alta de la banda base.
- c) Si la potencia de la señal portadora se duplica (Pr) se mejora s/n en 3 dB, si la banda base se duplica s/n disminuye en 6 dB.
- d) Si P se duplica s/n disminuirá en 3 dB.

3.2.9 Potencia de Entrada al Receptor (Pr)

Está definida por la siguiente fórmula:

$$Pr = Pt - Lbt - Lft - Gt - \tau + Gr - Lfr - Lbr$$

donde :

τ = Pérdida del espacio libre (dB)

Pt = Potencia de salida del transmisor (dBm)

Lbt, Lft= Pérdidas en el circuito de derivación y guía de onda del transmisor (dB)

Lbr, Lfr= Pérdidas en el circuito de derivación y guía de onda del receptor (dB)

Gt, Gr = Ganancia de antenas Tx, Rx (dB)

Para una mayor ilustración se muestra el gráfico N° 3.5 en el anexo I.

3.2.10 Pérdida del Espacio Libre (τ)

Dado por la expresión:

$$\tau = 20 \log \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right) \quad (\text{dB})$$

ya se ha explicado anteriormente sobre este tipo de atenuación.

Algunas consideraciones acerca de nos llevan a afirmar:

- a) Cuando la frecuencia se duplica la pérdida aumenta 6 dB
- b) Cuando la distancia se duplica la pérdida aumenta 6 dB

3.2.11 Relación s/n cuando hay m Repetidores

De acuerdo a este desvanecimiento la siguiente expresión :

$$s/n_{\text{total}} = -10 \log kT f \left(\frac{f}{S_o} \right)^2 \left(\frac{F_1}{Pr_1} + \frac{F_2}{Pr_2} + \frac{F_m}{Pr_m} \right)$$

3.2.12 Relación s/n considerando el Desvanecimiento

De acuerdo a este desvanecimiento: la siguiente expresión:

$$s/n = 10 \log Pr - 10 \log KT \Delta f - 20 \log \frac{S_o}{f} - Y$$

Muestra la relación s/n como función del desvanecimiento Y se nota que el ruido térmico aumenta y empeora la relación s/n, el valor Pr varía cuando existe el desvanecimiento RAYLEIGH que se explica más adelante en este Capítulo.

Para este sistema consideramos un margen de 4 dB de tal manera de alcanzar un 99% de confiabilidad.

3.2.13 Potencia del Ruido Térmico Medio Horario FM

Se calcula la probabilidad de ocurrencia del desvanecimiento tipo Rayleigh por cada uno de los tramos mediante la fórmula :

$$PR = (f/4)^{1.2} Q d^{3.5} \dots\dots(1)$$

en donde :

f : frecuencia en GHz

Q : 2.10×10^{-9} (sobre terreno montañoso)

5.1×10^{-9} (sobre terreno plano)

$3.7 \times 10^{-7} \sqrt{1/h}$ (el mar o regiones costeras)

donde :

h : altura promedio de la trayectoria en metros

d : distancia del tramo en Kms.

Nota : Significado de la clasificación del terreno:

1. Montañoso .- La mayor parte de la trayectoria se efectúa sobre terreno montañoso
2. Plano .- La mayor parte de la trayectoria se efectúa sobre terreno plano
 - .- Gran parte de la trayectoria se efectúa sobre terreno plano y el resto sobre agua

Sobre el

mar .- La trayectoria es sobre el mar

.- La trayectoria se efectúa sobre la región costera (aproximadamente dentro de 10 Kms. del litoral).

Se determina el valor promedio de la probabilidad (PRav) mediante la siguiente fórmula:

$$PRav = \frac{\sum_{R=1}^Z PR}{Z}$$

donde :

Z = N° total de secciones

Se determina el número de secciones K en donde la probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento tipo

Rayleigh (Ph) es simultánea, de acuerdo a la fórmula :

$$P_k = \frac{Z!}{K! (Z - K)!} P_{Rav}^k (1 - P_{Rav})^{Z - k}$$

donde:

$$P_k = \frac{1}{720} = 0.001 \text{ (Probabilidad de ocurrencia de 1 hora en un mes)}$$

P_{Rav} = valor promedio de las probabilidades

Z : N° total de secciones

k : N° de secciones en las cuales el desvanecimiento se produce simultáneamente

El cálculo se facilita mediante el empleo de calculadoras o el empleo de curvas.

Se determina el incremento del ruido térmico medio FM por desvanecimiento mediante la fórmula:

$$\Delta W = 10 \log \frac{(10 \times k) + 1.5 (Z - k)}{Z}$$

según las recomendaciones del CCIR: N° 200 anexo 2:

3.2.14 Potencia del Ruido Térmico en las Secciones con Desvanecimiento Simultáneo

$$N_k = 10 N \cdot k$$

3.2.15 Potencia del Ruido Térmico en el Resto de las Secciones (Fórmula Experimental)

$$N_{(Z - k)} = 1.5 N_0 (Z - k)$$

3.2.16 Potencia del Ruido Térmico en las Z Secciones

$$N_z = N_k + N_{z - k} = N_0 (10k + 1.5 (Z - k))$$

$$\frac{N_z}{Z N_0} = \frac{10k + 1.5 (Z - k)}{Z}$$

donde :

N_0 : Potencia del ruido térmico en ausencia de desvanecimiento por tramo normalizado de 50 km. de longitud

Z : N° total de secciones

k : N° de secciones en donde se produce el desvanecimiento simultáneo

luego :

$$\Delta N = 10 \log \frac{Nz}{Zn_0} = 10 \log \frac{10 k + 1.5 (Z - k)}{Z} \text{ dB}$$

3.2.17 Desviación Standard por Tramo

Método de cálculo :

Se calcula la desviación standard por tramo, mediante la fórmula:

$$\sigma_i = K (f/4)^{0.3} \times Q \times d^{0.9}$$

en donde :

σ_i = desviación standard en dB

K = constante = 0.068

f = frecuencia en GHz

Q = coeficiente dependiente de la naturaleza de la trayectoria de propagación e igual a:

0.8 : para tramo montañoso

1 : para terreno plano

1.4 $\frac{(1/h)^{0.13}}{0.47}$ para el mar

Recomendaciones de la CCIR

Recomendación CCIR N° 395 - I

En los circuitos que deben ser establecidos sobre enlaces reales, la potencia de ruido con ponderación psophométrica no debe exceder:

Para

$$50 \text{ Km} \leq L \leq 840 \text{ Km}$$

$$3 \text{ L PW} = 200 \text{ PW}$$

Nota.- El nivel de la potencia de ruido de espectro uniforme en una banda de 3.1 KHz debe ser reducido en 2.5 dB para obtener la potencia del ruido con ponderación psophométrica.

3.2.18 Ruidos de Intermodulación

3.2.18.1 Ruidos de Intermodulación por Distorsión - No Lineal

Este tipo de ruido se produce debido a que la respuesta de algunas etapas del equipo tienen una característica no lineal a la señal de entrada.

Si imaginamos a la señal de entrada como un conjunto de ondas senoidales el ruido de intermodulación es producto de esta no linealidad basándonos en este último criterio podemos afirmar la siguiente ecuación:

$$E = a_0 + a_1e + a_2e^2 + \dots + a_n e^n$$

donde:

E = señal de salida

e = señal de entrada

a_n = constantes proporcionales (a_0 a_1 a_2 ...)

describiendo cada una de ellas:

a_0 = señal de respuesta sin entrada

a_1e = señal óptima deseada

a_2e^2 = distorsión de 2° orden

a_3e^3 = distorsión de 3° orden

Podemos entonces asumir:

$$e = A_1 \cos m_1 t + A_2 \cos m_2 t$$

con ayuda de las operaciones matemáticas y definiendo los coeficientes de distorsión de las armónicas como:

$K_n = \frac{\text{Amplitud de la armónica } n - \text{ésima}}{\text{Amplitud de la fundamental}} \quad (n = 2 \text{ ó } 3)$

y teniendo en cuenta : $A_1 = A_2 = A$
se obtiene:

a) distorsión de 2a. armónica:

$$K_2 = \frac{\frac{a_2 A^2}{2}}{A a_1} = \frac{a_2 A}{2 a_1}$$

b) distorsión de 3a. armónica: de la misma forma:

$$K_3 = \frac{a_3 A^2}{4 a_1}$$

3.2.18.2 Conclusiones

- La distorsión de 2a. armónica es proporcional al voltaje de entrada.
- La distorsión de 3a. armónica es proporcional al cuadrado de voltaje de entrada de tal manera que si se aumenta éste el ruido originado sería mucho peor.
- Como un resultado de las observaciones se deduce que la amplitud de las componentes suma o diferencia es el doble de la amplitud de 2a. armónica, es el triple del de la 3a. armónica y así sucesivamente.

3.2.19 Ruido de Interferencia

3.2.19.1 Ruido de Interferencia de Espectro Continuo

Este se produce debido a que una señal no deseada - se bate con la señal deseada y se mezcla en cada canal de mensaje. Al igual que para el caso de ruidos de intermodulación. Si suponemos los dos tipo de se^ñales:

Señal no deseada : $U \text{ Sen } (Wut + Bu (t))$

señal deseada : $D \text{ Sen } (W_d t + \theta_d (t))$

y si $x \ll 1$ y $x = U/D$

tendríamos a la salida del discriminador de frecuencias:

$$\frac{1}{2\pi} \frac{d \theta_d (t)}{dt} + \frac{1}{2} x \frac{d \text{Sen}}{dt} (W_u - W_d) t + \theta_u (t) - \theta_d (t)$$

señal + ruido de interferencia

siendo:

W_d : portadora deseada

W_u : portadora no deseada

Se puede enumerar algunos factores importantes:

- La diferencia de frecuencia entre portadoras de la señal deseada y no deseada ($W_d - W_u$)
- Relación de señal deseada a señal no deseada (D/U)
- Espectro de banda lateral de ambas ($\theta_u (t) - \theta_d (t)$)

Considerando los espectros de potencia de las señales deseada y no deseada respectivamente: $D \cdot W_d (X)$, $U \cdot W_u (X)$ el ruido de interferencia en la frecuencia de banda base f está dado por:

$$I = \frac{f^2 \cdot B}{2} \cdot \frac{U}{D} \int_{-\infty}^{\infty} W_d (x) [W_u (x + f) + W_u (x - f)] dx$$

donde B es el ancho de banda del canal de voz

(3.1 KHz)

Ahora teniendo en cuenta que la potencia de señal es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la potencia del tono de prueba $(S_o)^2$, la relación S/I señal a ruido de interferencia estaría dado por:

$$S/I = D/U + 3 + 20 \log (S_o/f) - 10 \log \left\{ b \int_{-\infty}^{\infty} W_d (x) \cdot [W_u (x + f) + W_u (x - f)] dx \right\}$$

$$S/I = D/U + IRF$$

$$IRF = S/I - D/U \quad IRF : \text{Factor de reducción de interferencia.}$$

Es recomendable un valor alto de IRF lo cual es logrado aumentando la separación ΔF entre portadoras.

3.2.19.2 Ruido de Interferencia de Espectro Discreto

Para este caso, se producirá un batido en el canal de mensaje cuya frecuencia será: $f_u - f_d$ por lo que la relación señal a ruido de interferencia estará dado por:

$$(S/I) \text{ dB} = \left(\frac{P}{U}\right) \text{ dB} - 20 \log \left/ \frac{f_u - f_d}{\sqrt{2} S_o} \right/$$

donde:

D = nivel de la portadora deseada

U = nivel de la portadora no deseada

f_u = frecuencia de la portadora no deseada

f_d = frecuencia de la portadora deseada

S_o = desviación efectiva del tono de prueba (r.m.s.)

3.2.20 Interferencia en los Sistemas de Microondas

Las fuentes de interferencia pueden ser:

- 1) Interferencia del mismo canal
- 2) Interferencia en el canal adyacente

3.2.20.1 Interferencia del Mismo Canal

Normalmente éstas se producen por acoplamiento de antena. Las más usuales son:

- diferente hacia atrás
- de sobre alcance
- de frente hacia el costado

3.2.20.2 Interferencia de Canal Adyacente

Este tipo de interferencia ocurre cuando dos radiocanales de FM se ubican juntas de tal manera que se

traspasen en los extremos. Esto puede evitarse removiendo las bandas laterales de orden superior con filtros produciéndose sin embargo una distorsión de la señal.

Con el fin de evitar esto, se toma como regla empírica un espaciamiento mínimo tres veces la frecuencia máxima de banda base, dejando siempre la posibilidad de hacer un estudio más detallado de otras formas tomando en cuenta la energía de las bandas laterales en FM.

3.2.21 Ruido debido a Distorsión del ECO

3.2.21.1 ECO en un Alimentador

La distorsión de ECO es causada por la desadaptación de impedancias considerando las amplitudes de las ondas reflejadas: YA, YB, la amplitud de la señal de eco será:

$$Y = YA \cdot YB$$

luego la relación D/U estará dada por:

$$D/U = -20 \log YA \cdot YB + 2 \cdot Lf \cdot Lf = LA + LB + 2 Lf$$

Siendo Lf la pérdida del alimentador entre los puntos A y B.

Existen dos formas de eco de acuerdo al tiempo de retardo:

- a) eco corto
- b) eco largo

3.2.22 Ruido Total

Para el sistema de modulación que estamos empleando FDM/FM mostramos en la figura 3.6 del Anexo I el comportamiento de los tres tipos de ruidos descritos, de la siguiente manera:

- 1) Curva de ruido térmico
- 2) Ruido de intermodulación por distorsión no lineal
- 3) Ruido de intermodulación debido a la distorsión de fase
- 4) Ruido de intermodulación debido a la distorsión de amplitud
- 5) Ruido de interferencia

Luego de una observación de dichas curvas notamos que es necesario mejorar las características de transmisión en los canales superiores de la banda para lo cual se ha visto oportuno utilizar el circuito de pre-énfasis.

3.2.23 Circuito de Pre-Enfasis

Este circuito nace como consecuencia de la disminución de la relación s/n para los canales más altos, se busca precisamente darle un comportamiento plano manteniendo constante la relación s/n, éste se ubica en el lado de transmisión antes del modulador, del lado de recepción lo ubicamos a la salida del demodulador en este caso se llama Circuito De Enfasis.

3.2.24 Recomendación CCIR

Mediante la recomendación 275-2 y para el sistema utilizando en este proyecto (120 canales) se recomienda los siguientes valores:

$$f_2 = 552 \text{ KHz}$$

$$f_r = 690 \text{ KHz}$$

donde f_2 : frecuencia más alta de banda base

f_r : frecuencia de resonancia

La fórmula utilizada es:

Excursión relativa

de frecuencia causada

$$\text{por el tono de prueba (dB)} = 5 - 10 \log \left[1 + \frac{6.90}{1 + \frac{5.25}{\left(\frac{f_r}{f} - f_2\right)^2}} \right]$$

donde: $f_r = 1.25 f_2$

En la figura 3.7 del Anexo I mostramos las características de Pre-Énfasis en función de la frecuencia normalizada f/f_2 , siendo $0.608 f_2$ la frecuencia para la cual la excursión con pre-énfasis corresponde a la excursión sin pre-énfasis.

C A P I T U L O I V

4.0 INGENIERIA DEL PROYECTO : FILOSOFIA DEL SISTEMA

Como resultado del estudio realizado, se describe a continuación los detalles del Sistema a emplearse.

4.1 Esquema de la Red

La figura IV.1 muestra el esquema completo de la red que será integrada a la red de comunicación telefónica, dicha red comprende siete estaciones terminales y cuatro estaciones repetidoras.

4.2 Plan de Ruta

El plan de ruta de la red se muestra en la figura IV.2.1 , IV.2.2, en el se indican las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones, sus alturas en m.s.n.m., así como ángulos azimutales y las distancias a las estaciones adyacentes.

4.3 Perfiles de los Radioenlaces

Con la finalidad de hacer los cálculos de propagación que servirán para determinar las características del sistema, se hizo necesario contar con los perfiles de todos los saltos, los cuales son mostrados en las figuras numeradas del IV.3 al IV.12.

Con la evaluación efectuada a los resultados se determinaron las alturas y ubicación física de las torres y antenas. Asimismo, la longitud de los tramos y la conformación de los terrenos que permitieron determinar la potencia del transmisor y la ganancia de las antenas.

4.4 Altura de Torres y Antenas

Debido a que un frente de onda electromagnético concentra la mayor parte de su potencia en el 60% del primer elipsoide de Fresnell, que tiene como focos a los puntos de transmisión y recepción; se hace imprescindible mantener este 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 las soportará. Ver la figura IV.13. Para este cálculo se tomó en cuenta en el Capítulo anterior el error por curvatura de la tierra, comparando los resultados $K= 2/3$ y $K= 4/3$.

4.5 Plan de Canalización

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

4.6 Filosofía de Operación del Sistema

4.6.1 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 telefónicos extendidos de la central PRX de Huancayo.

4.6.2 Télex y Datos

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 sus respectivos multiplex telegráfico deberá estar des-

tinado para tal fin.

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

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, el tipo de transmisión deberá ser asincrónico y en modo "FULL DUPLEX".

4.7 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.

4.8 Esquema de Equipamiento

La figura IV.16 muestra en forma esquemática el equipamiento de radio múltiplex, energía, etc. requeridos en cada una de las estaciones del proyecto.

El cuadro VI.2 indica la clase, cantidad del equipo y accesorio necesario para la implementación del proyecto.

4.9 Sistema de Tierra y Pararrayos

Dichos sistemas se muestran en la figura IV.17, adicionalmente se muestran diversos tipos de protección de tierra en las páginas del anexo.

4.10 Sistema de Energía

Para garantizar la continuidad de operación del Sistema ante eventuales interrupciones del Suministro primario, deberá emplearse equipos con alimentación de energía en co-

riente continua para todas las estaciones del Sistema.

Estos equipos estarán constituidos básicamente por cargadores rectificadores simples y banco de baterías con una capacidad de 8 horas de funcionamiento autónomo y donde sea necesario se usará un regulador automático de voltaje (AVR).

La figura IV.18 muestra esquemáticamente los sistemas de energía requeridos en cada estación del proyecto, en las estaciones repetidoras se llevará la energía AC de las redes de distribución de alta tensión que existen en los terminales a través de la instalación de postergas, en los repetidores se tendrá en condiciones normales en transformadores de baja tensión que baja la tensión a 220 Vac y lo suministra al rectificador proporcionando DC a los equipos y mantiene la carga del banco de baterías. En caso de interrupción de energía AC, el banco de baterías mantendrá en operación el sistema hasta por un lapso de 8 horas.

Es importante indicar además que si la variación de la tensión primaria AC excede el 10% se debe equipar esta estación con un AVR.

4.11 Obras Complementarias

Se numerará la relación de las obras complementarias para la instalación del Proyecto.

4.11.1 Obras Civiles

Las obras civiles se refieren básicamente a la construcción de casetas que servirán para albergar los equipos de radio, multiplex y energía del proyecto. En este proyecto se aprovechará la infraestructura existente que sea aprovechable.

Los equipos deberán disponerse tal como se indican en las figuras IV.19 (1, 2) muestran el plano de

planta de una caseta típica con la disposición de los equipos.

4.11.2 Línea de Alimentación de Energía

Debe indicarse que en las estaciones repetidoras se instalará un tendido de línea de alimentación hasta la central eléctrica que se encuentre ubicada en el pueblo más cercano; éstas tendrán que utilizar el transformador de baja tensión para entregar al rectificador 220 VAC.

4.11.3 Cable Multipar de Interconexión

En los lugares en que la central telefónica no se encuentra ubicado en la terminal; ésta se tendrá que interconectar a través de cable multipar ; teniendo en cuenta el número de canales a instalarse y las ampliaciones futuras, de acuerdo a la demanda de los usuarios, dependiendo del uso y necesidad que se requiera.

4.12 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 del radioenlace.

4.13 Presupuesto Estimado del Proyecto

4.13.1 Costos Unitarios

Indicado en el Cuadro VI.1, los costos son FOB, se incluyen los costos unitarios y totales para el equipamiento necesario en la implementación del proyecto, figura VI.2.

4.13.2 Costo Total

En los Cuadros VI.3 y 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 7% de dichos costos.

Se indica que en este Cuadro se han incluido los costos de impuesto de importación y otros derechos arancelarios, así como los costos correspondientes a las obras que deberán ser ejecutadas por la Compañía Constructora.

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

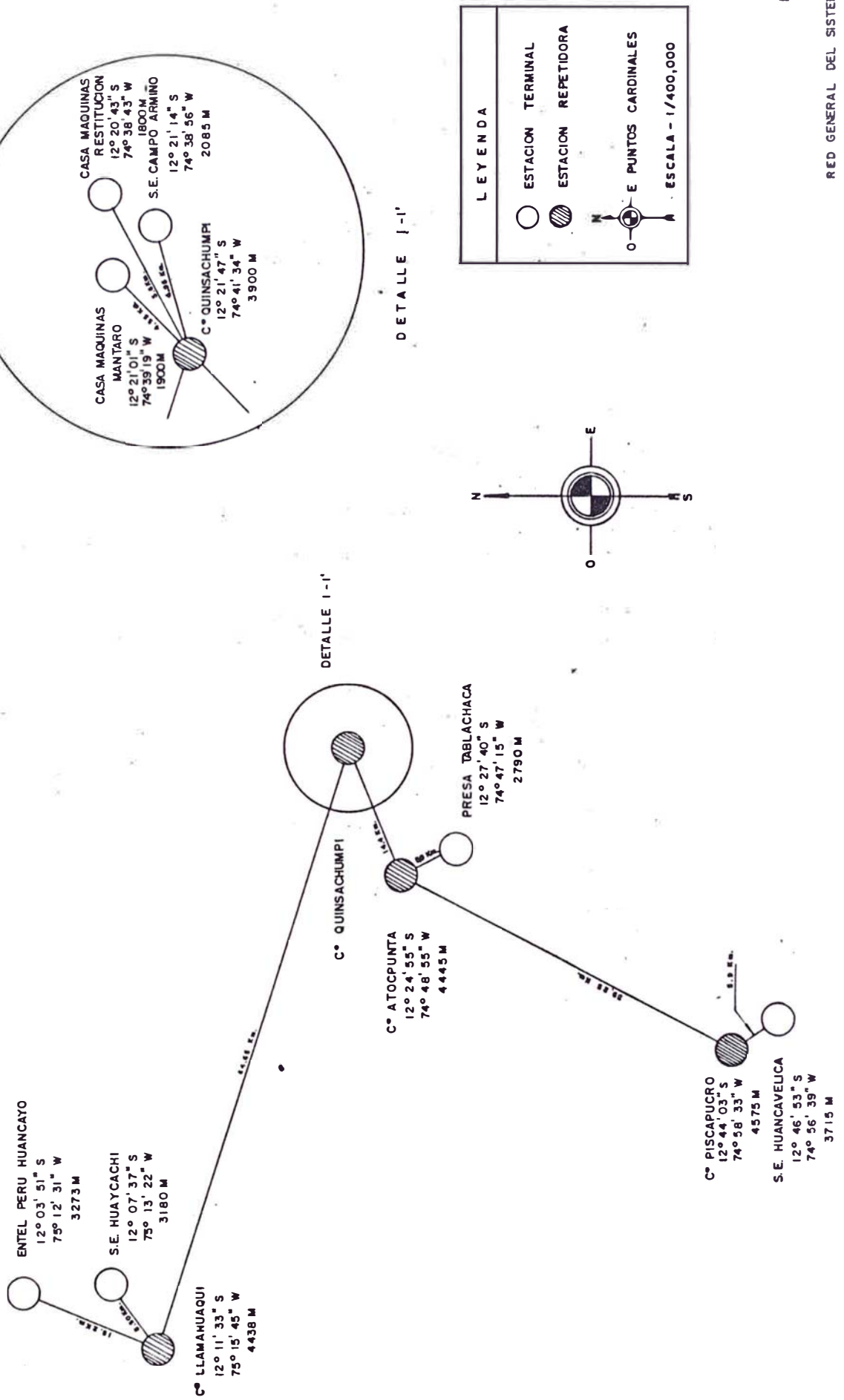


FIG. IV. I

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

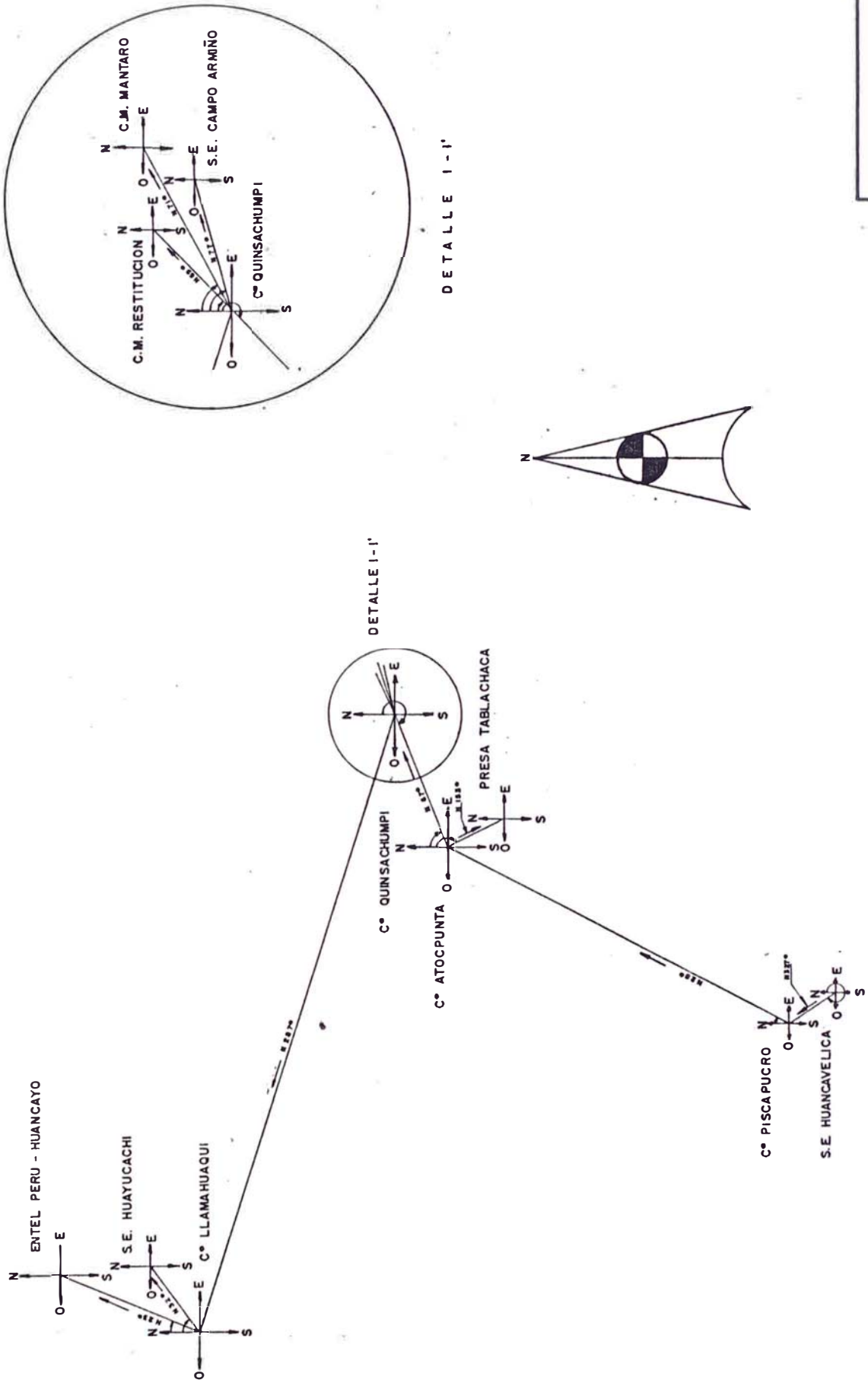


FIG. IV. 2. 1

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

DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

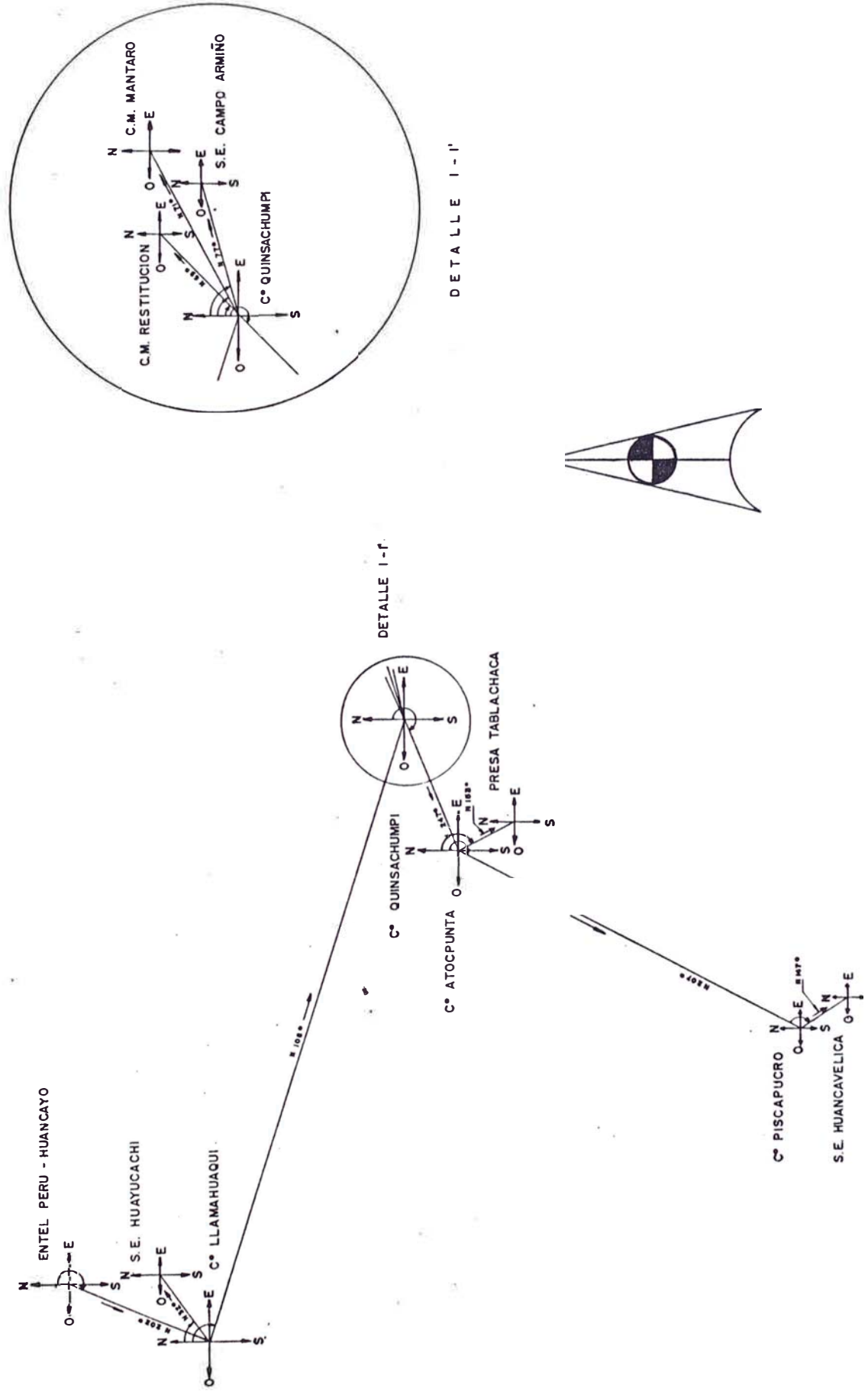
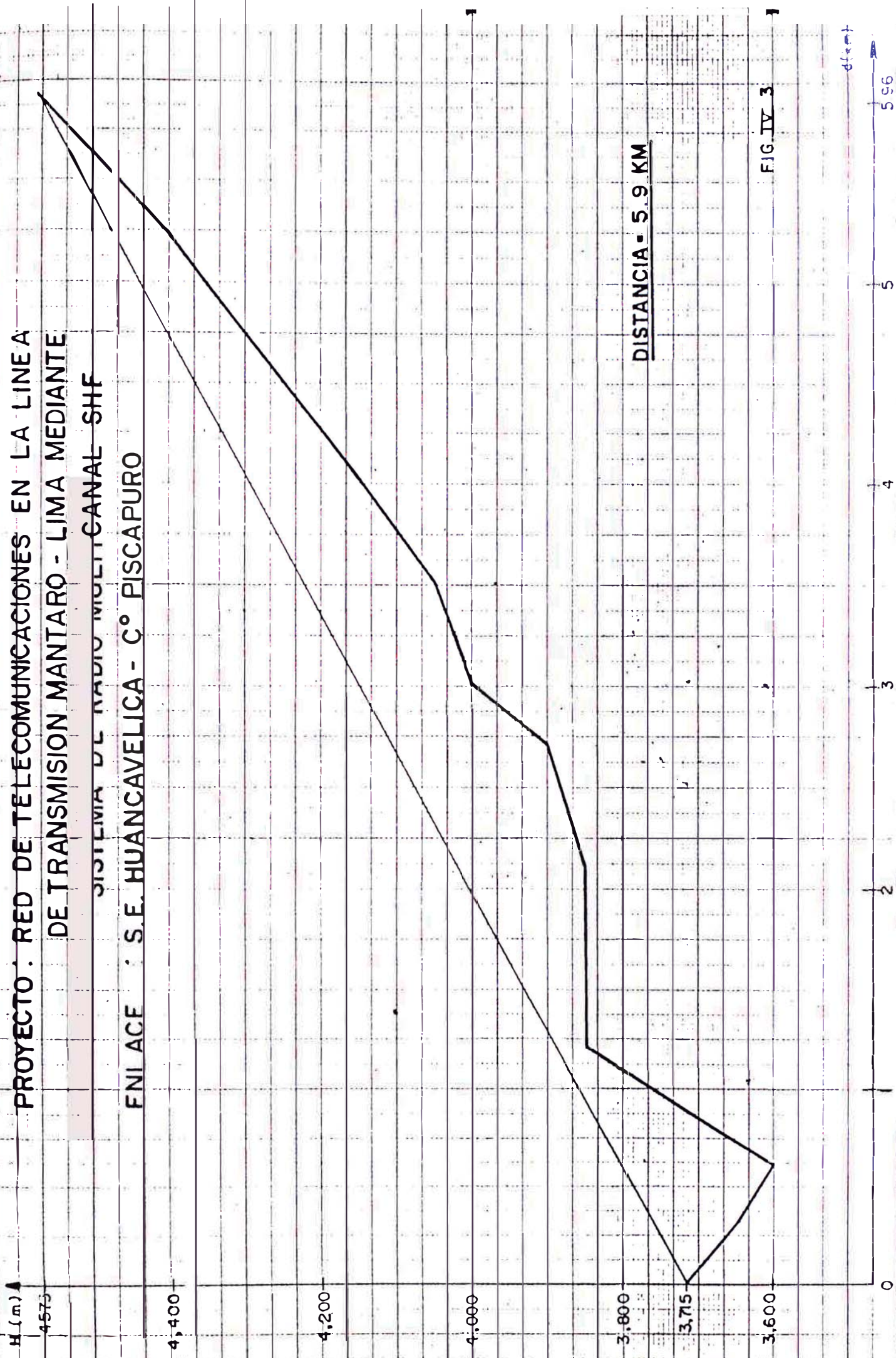


FIG. IV . 2 . 2

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

PROYECTO : RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA LINEA A
DE TRANSMISION MANTARO - LIMA MEDIANTE
SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF
ENI ACE : S.E. HUANCAYELICA - C° PISCAPURO



DISTANCIA = 5.9 KM

FIG. IV 3

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.

H (m)

4,575

4,500

4,000

3,500

3,000

0

10

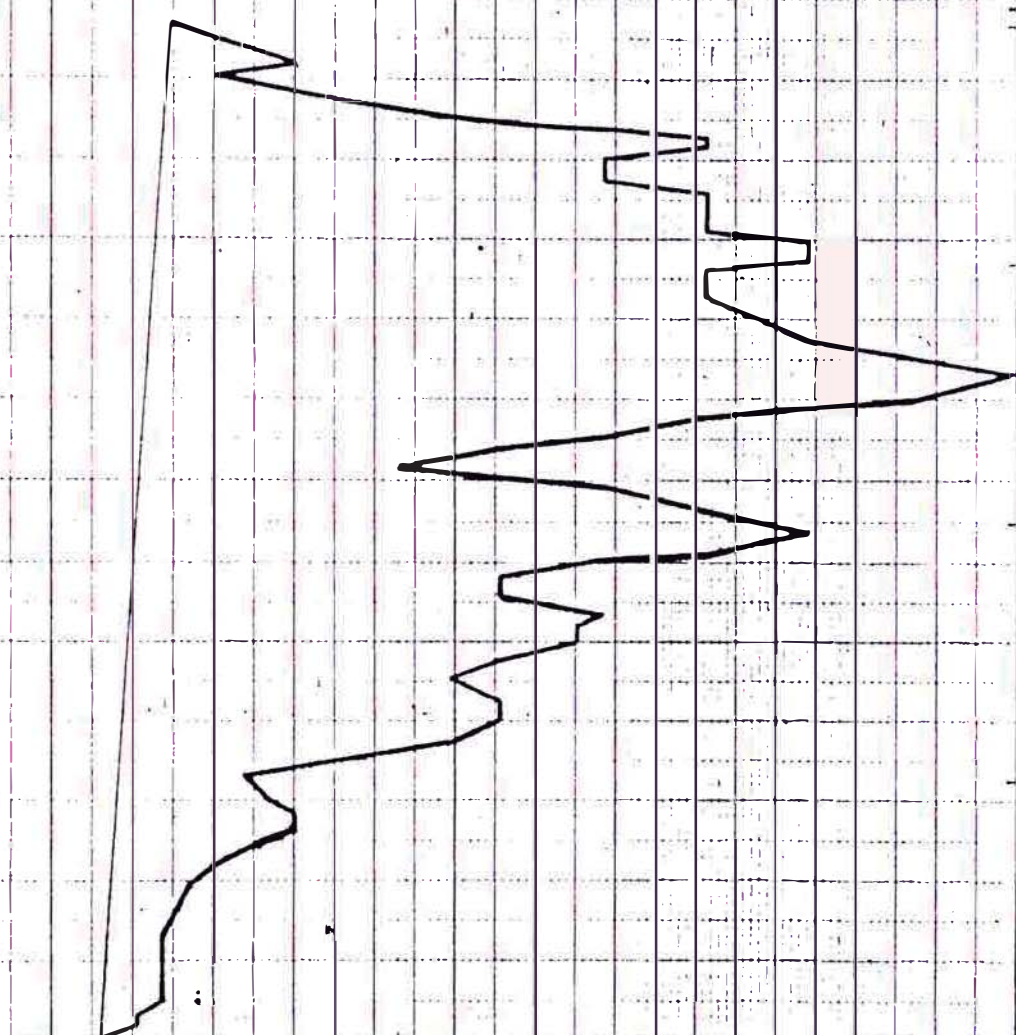
20

30

39.25

d (km)

FIG. IV 4



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

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL SHF

ENLACE : C° ATOCPUNTA - REPRESA TABLACHACA

DISTANCIA = 5.9 KM



FIG. IV. 5

d (km)

5 9 5

6

4

3

2

0

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

ENLACE : C° ATOCPUNTA - C° QUINSA CHUMPI

DISTANCIA = 14.40 KM.

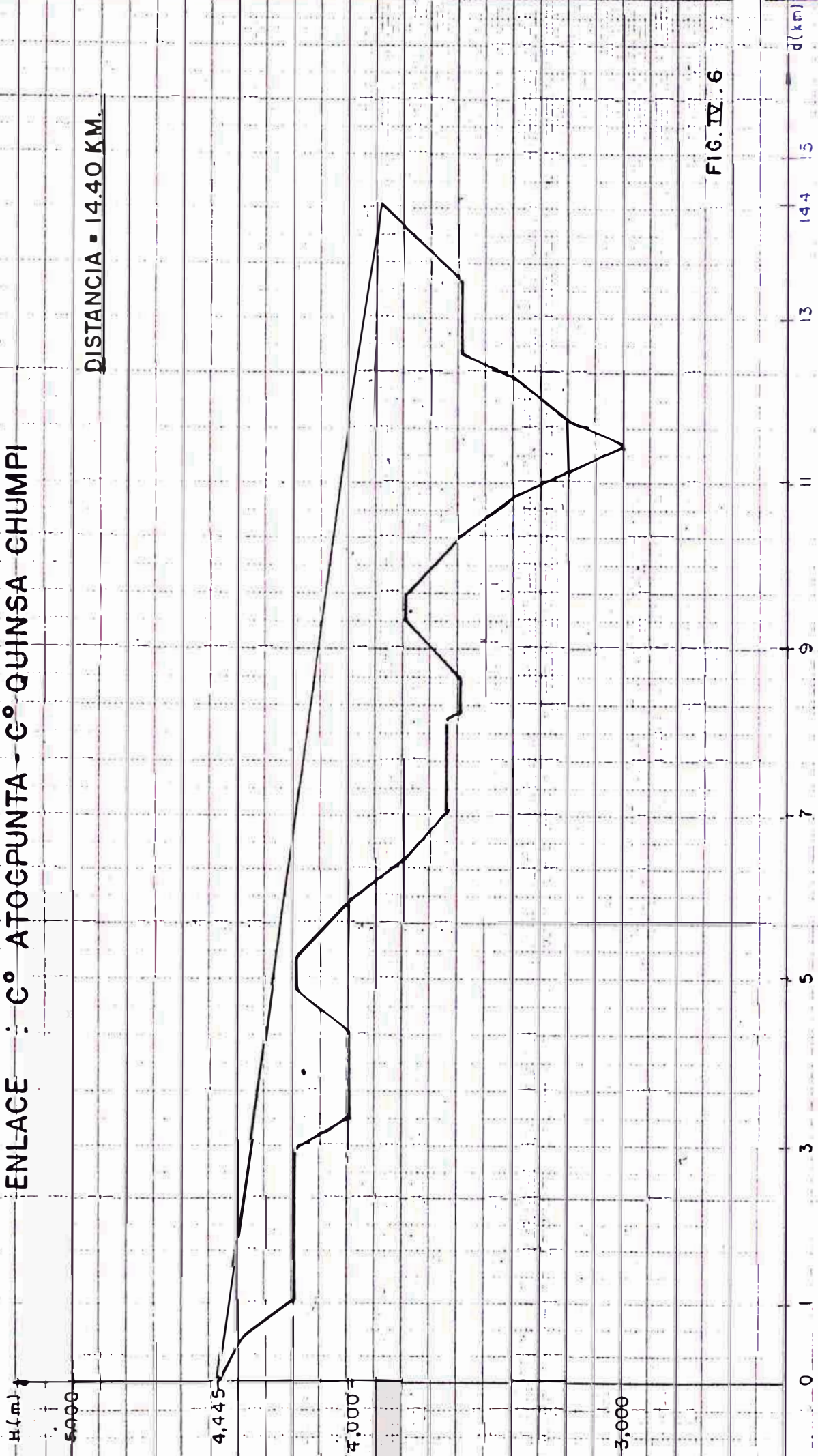


FIG. IV.6

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.

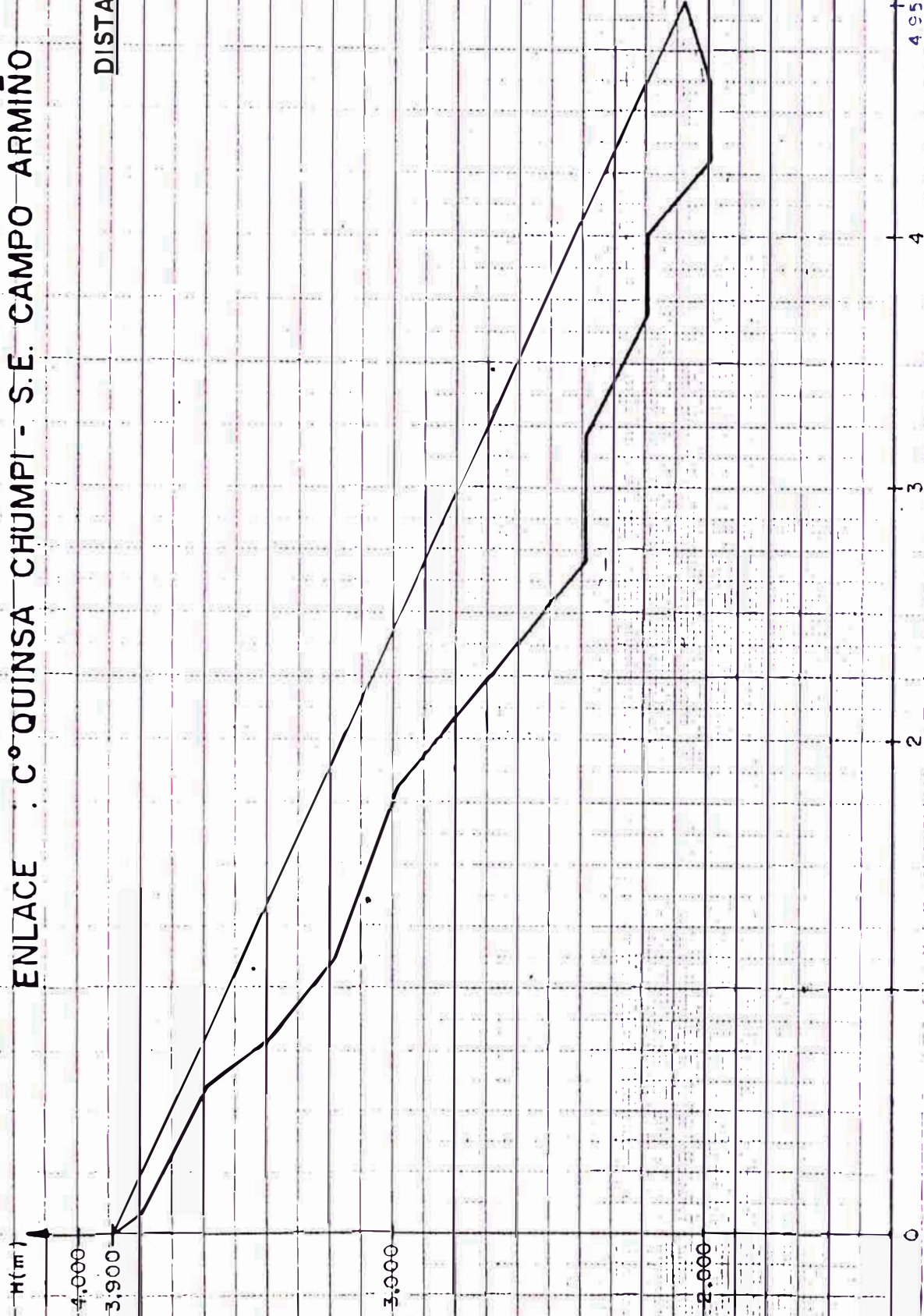


FIG IV 7

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

SISTEMA DE RADIO MULTICANAL 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

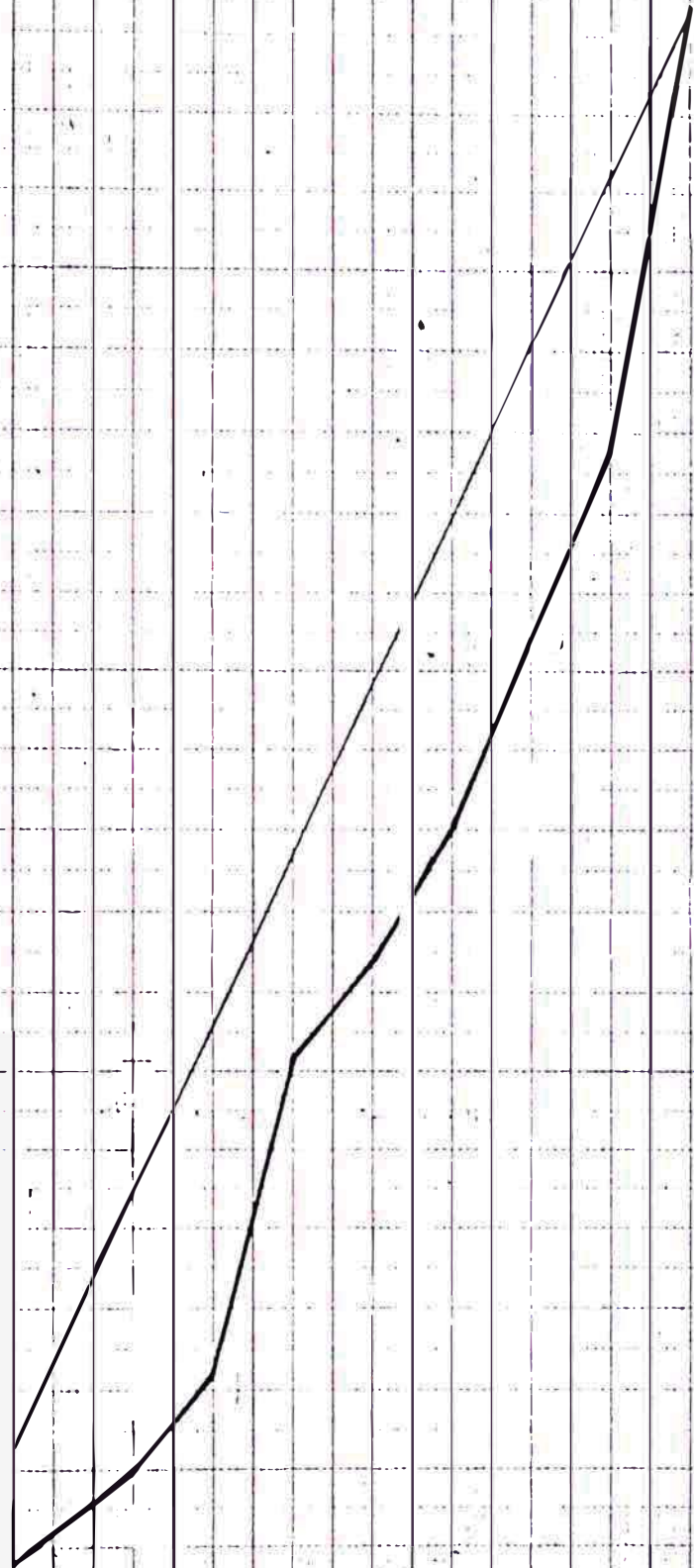
4

5

6

d(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

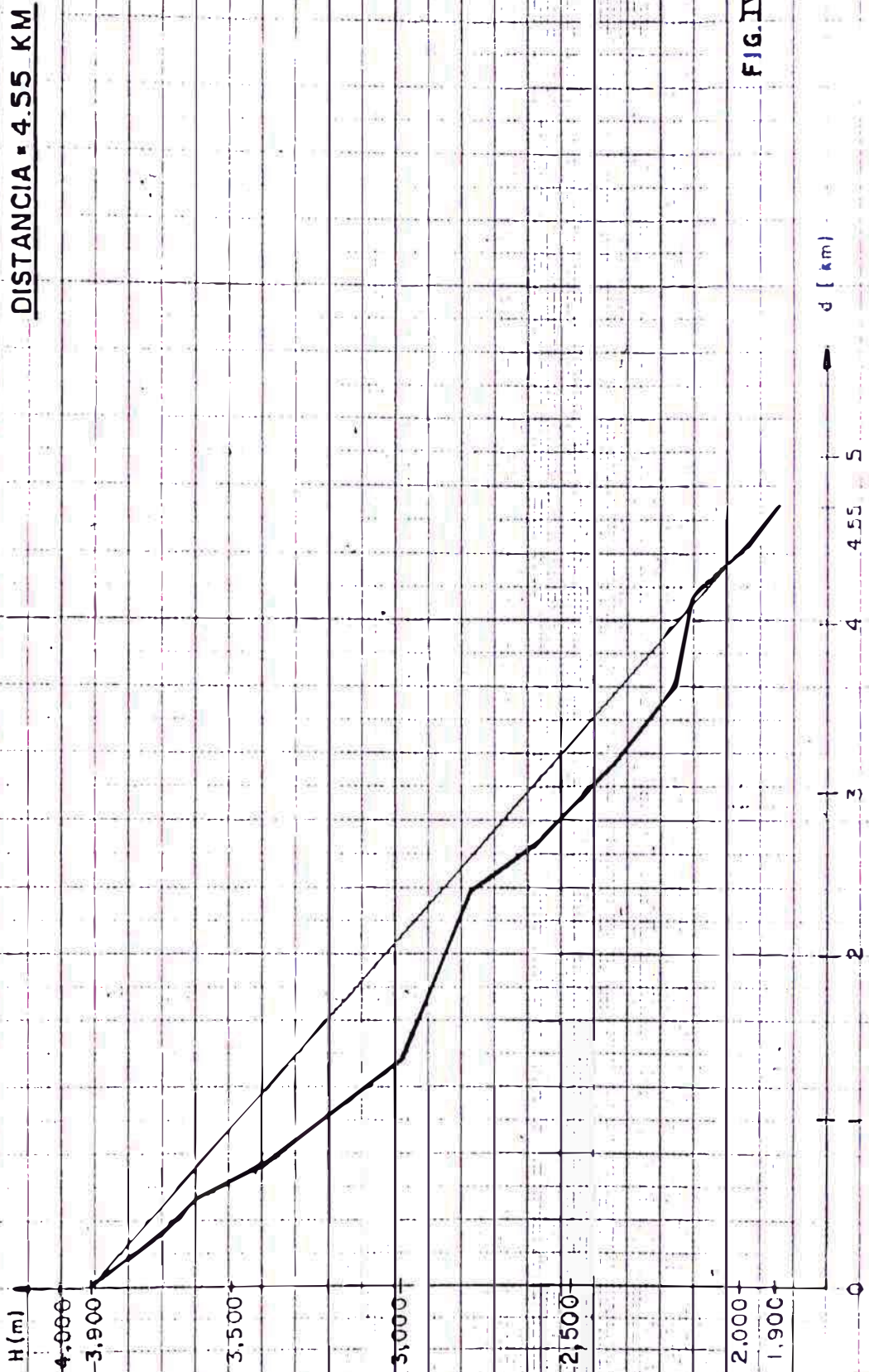


FIG. IV. 9

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

DISTANCIA = 64.65 KM.



FIG. II.10

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

ENLACE : C° LLAMAHUAGUI - S.E. HUAYUCACHI

DISTANCIA = 8.5 KM

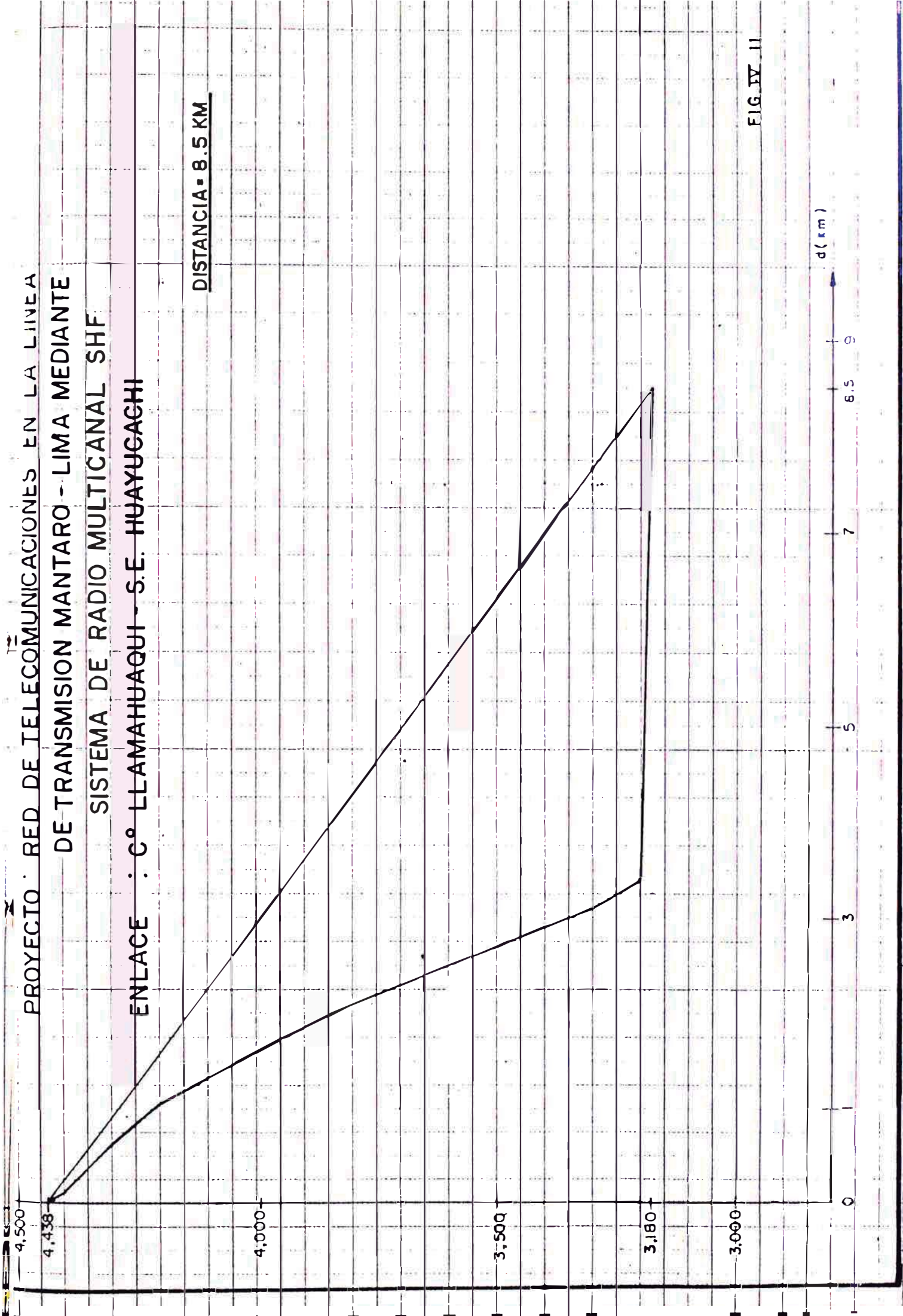


FIG. IV. II

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

ENLACE : C° LLAMAHUAQUI - ENTEL PERU HUANCAYO



FIG IV 12

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

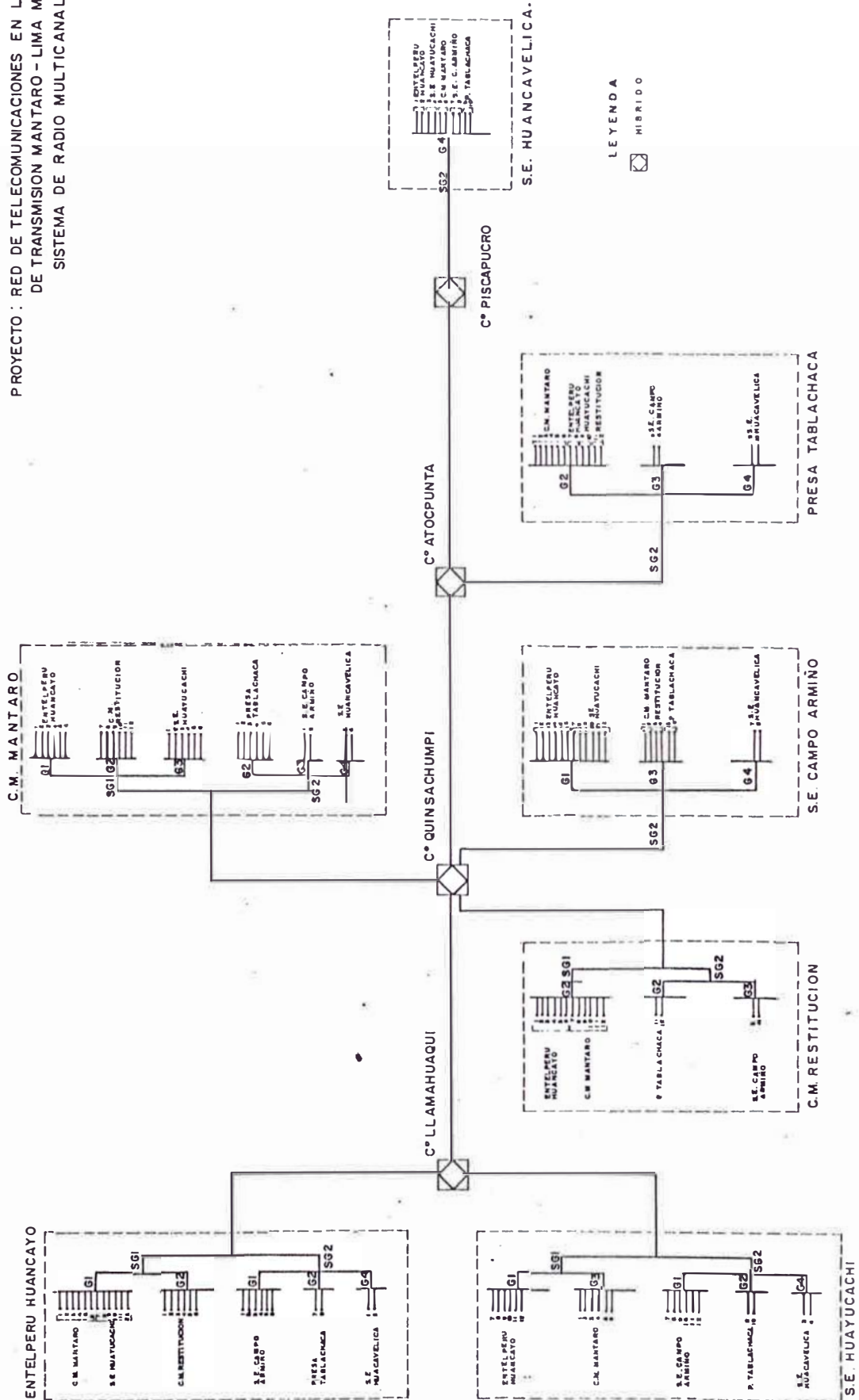


FIG. 14
PLAN DE CANALIZACION

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

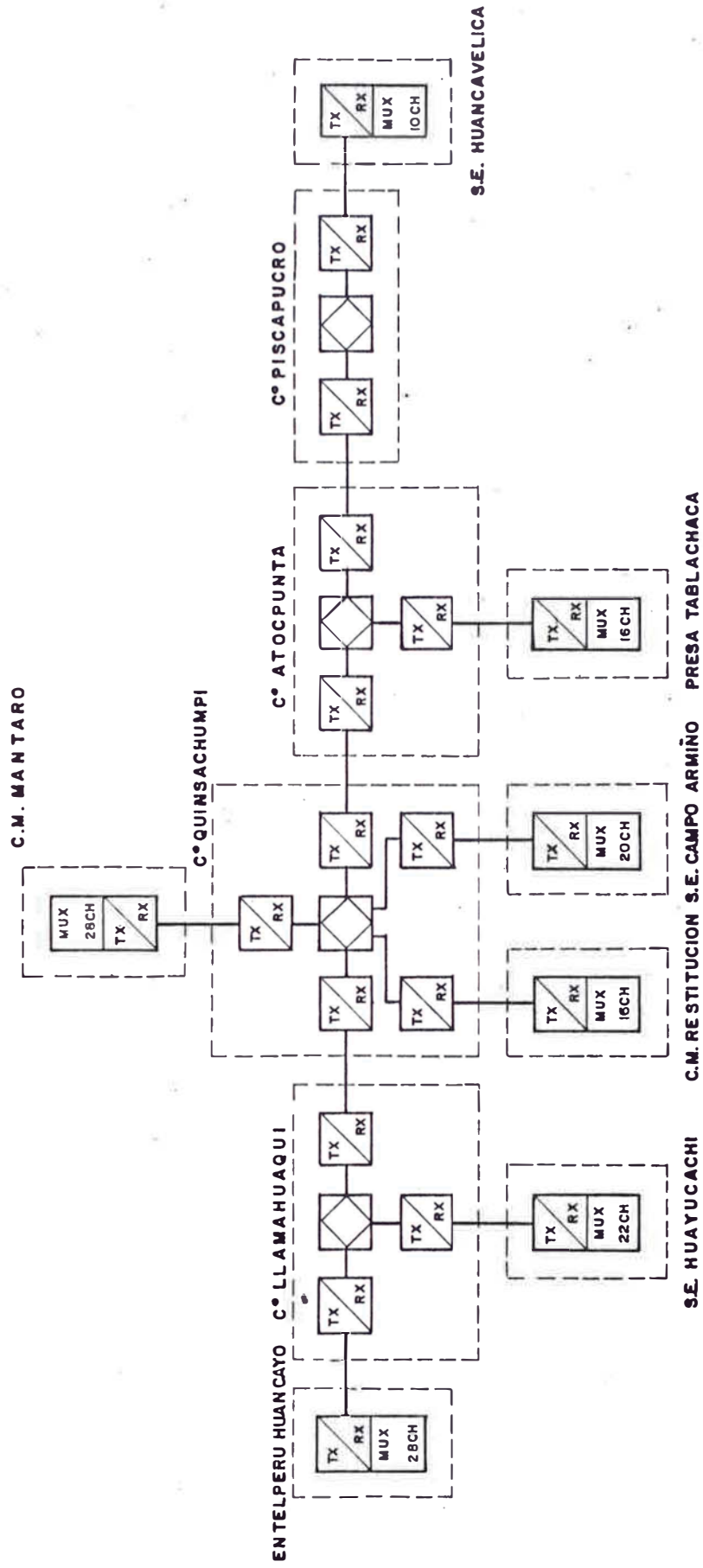
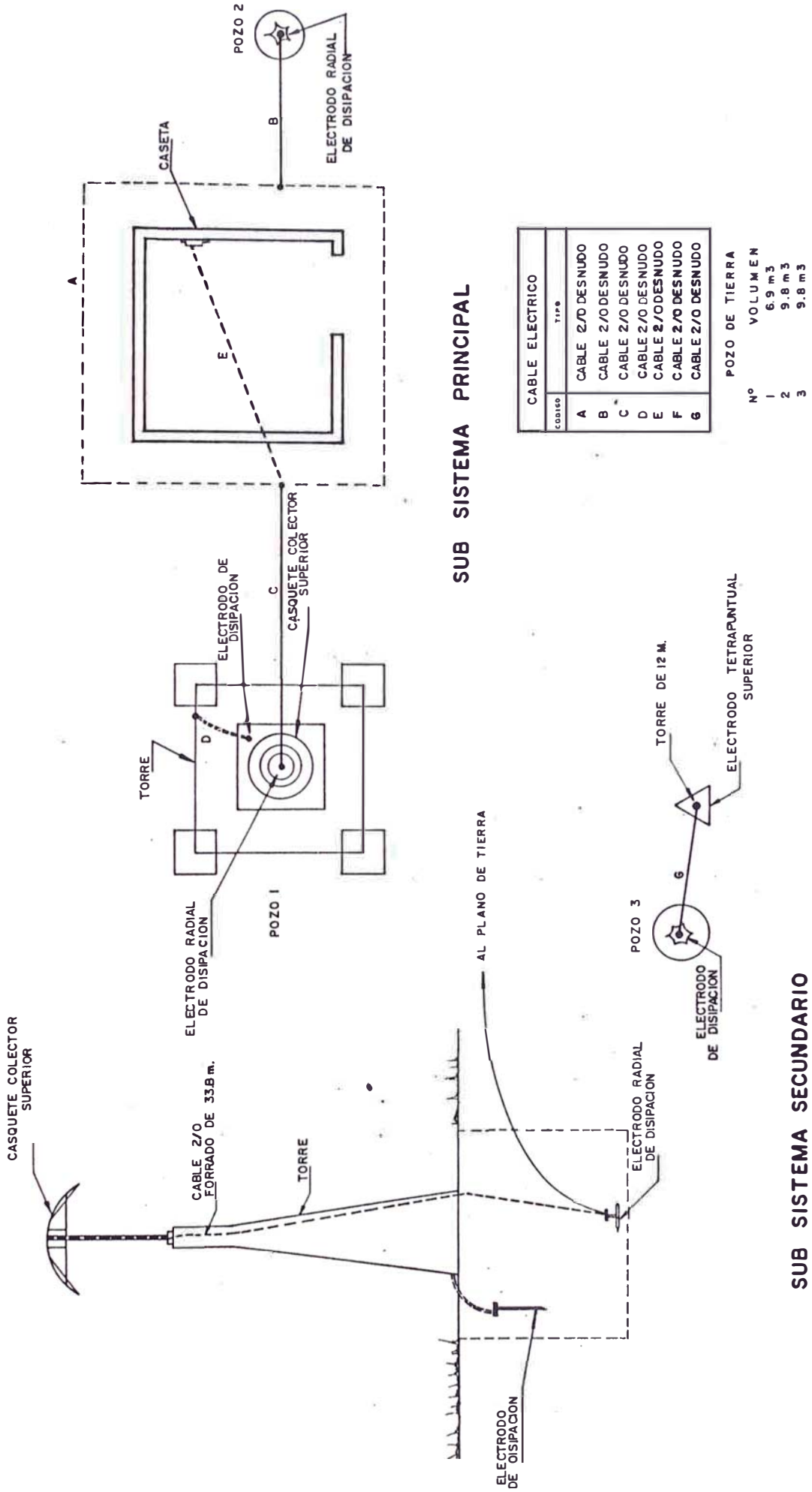


FIG. IV. 16

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

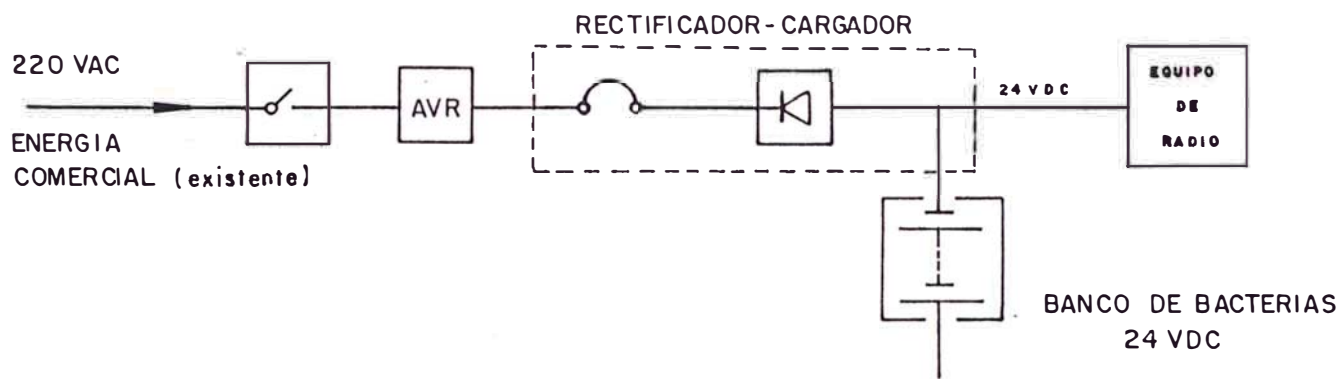
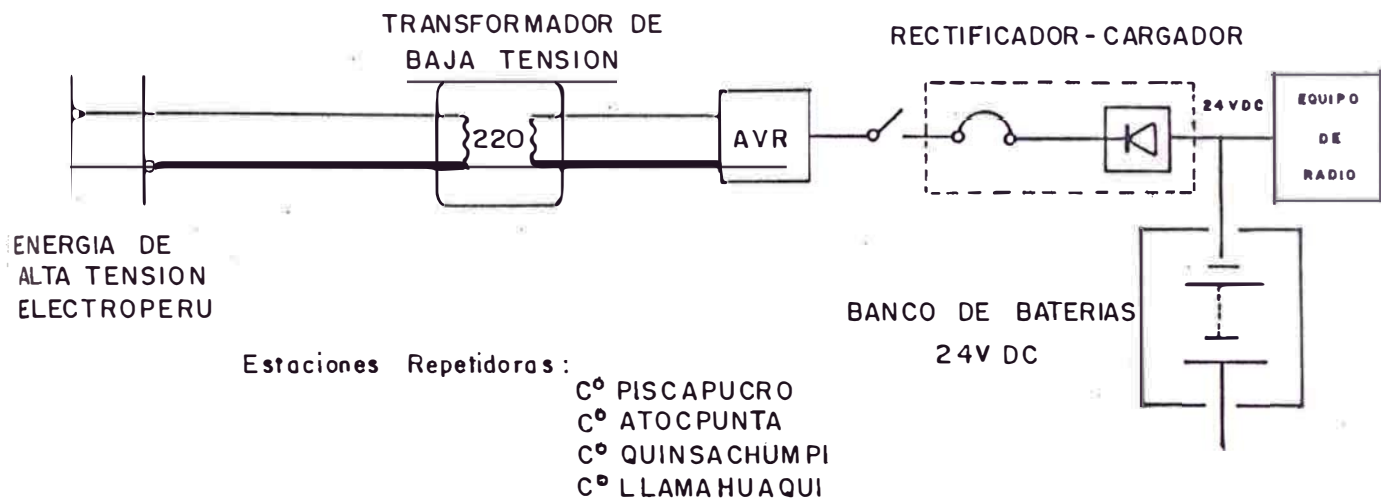


SUB SISTEMA PRINCIPAL

SUB SISTEMA SECUNDARIO

FIG. IV.17

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

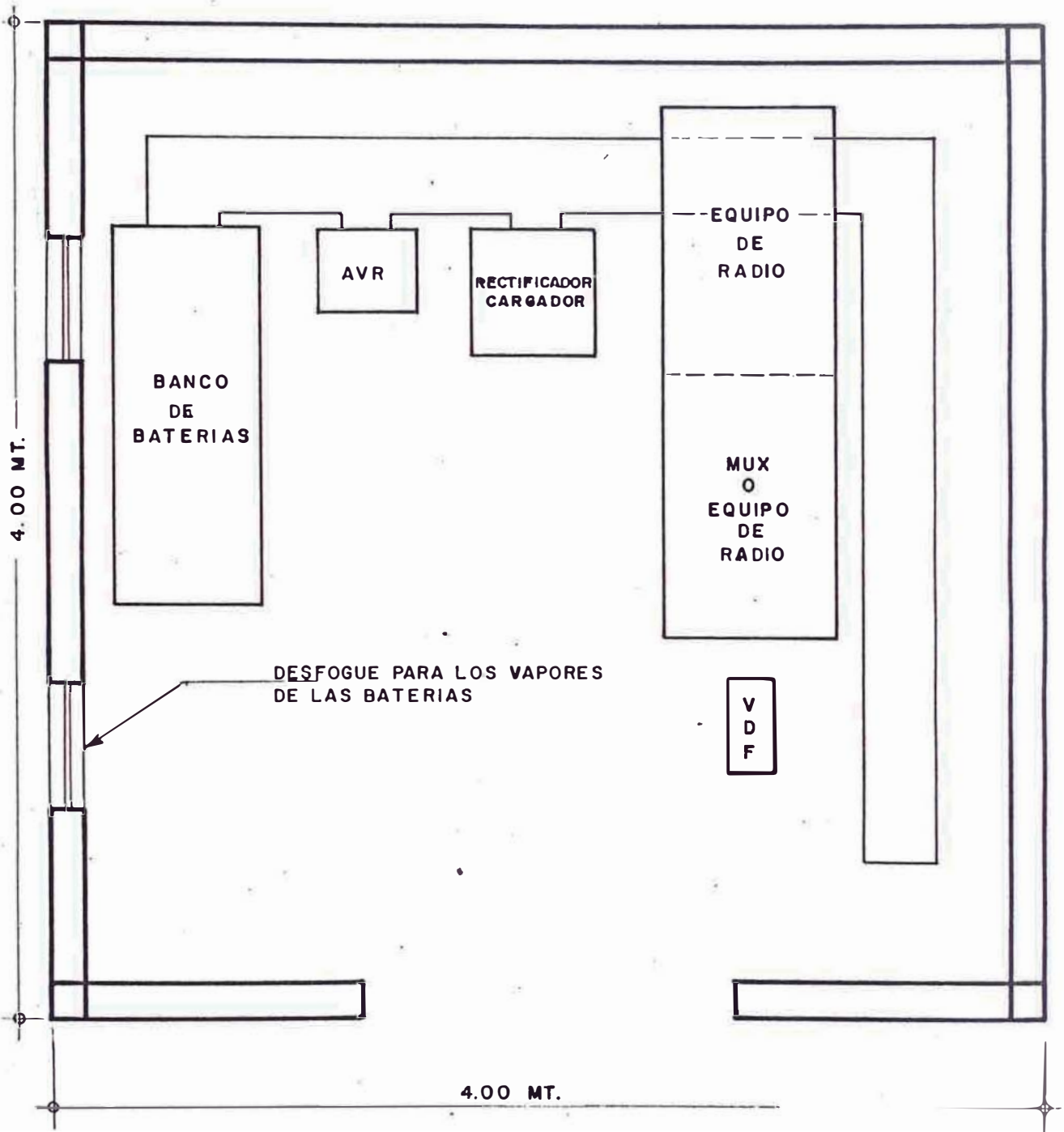


Estaciones Terminales :

- S.E. HUANCVELICA
- PRESA TABLACHACA
- S.E. CAMPO ARMIÑO
- CASA MAQUINAS RESTITUCION
- CASA MAQUINAS MANTARO
- S.E. HUAYUCACHI
- ENTEL PERU - HUANCAYO

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

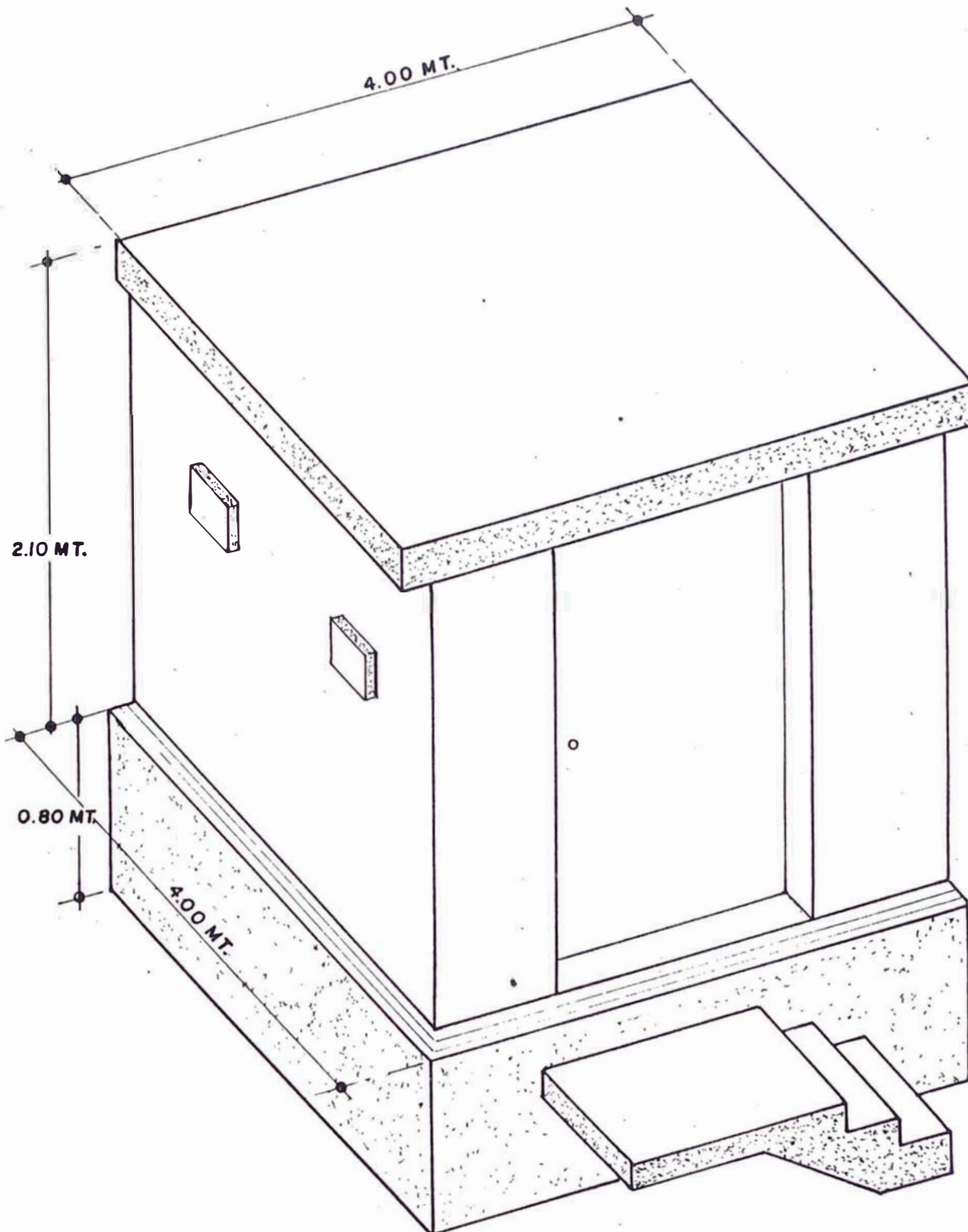


LEYENDA

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

C A P I T U L O V

5.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS, SISTEMA DE RADIO

5.0.1 Generalidades

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

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 deberán ser de bajo consumo de energía. En la propuesta se deberá especificar los requerimientos de energía de los equipos ofertados.

5.0.2 Especificaciones Generales

Banda de Frecuencias	1.7 A 2.3 GHz
Tipo de Modulación	FM
Impedancia de Banda Base a la Entrada y Salida	75 Ohmios asimétricos
Impedancia de FI	75 Ohmios asimétricos
Capacidad de Transmisión	120 canales telefónicos bidireccionales , CCITT

El Sistema estará diseñado para operar bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura	: -10°C a + 40°C
Humedad relativa	: Hasta 95%
Altitud	: Hasta 4,800 m.s.n.m.

5.0.3 Transmisor

Potencia de RF	: 27 dBm
Desviación de Frecuencia (rms)	: 200 KHz
Impedancia de Salida	: 50 Ohmios asimétricos
Radiación Espúrea	: Mejor que 60 dB por debajo de la fundamental
Estabilidad de Frecuencia (RF)	: Mejor que $+5 \times 10^{-5}$
Impedancia de Entrada de la Banda Base	: 75 Ohmios asimétricos

5.0.4 Receptor

Tipo	: Superheterodino
Impedancia de Entrada	: 50 Ohmios asimétricos
Factor de Ruído	: 3.5 dB (incluido el filtro de RF)
Frecuencia Intermedia	: 70 MHz
Estabilidad de Frecuencia	: Mejor que $+5 \times 10^{-5}$
Impedancia de Salida de la Banda Base	: 75 Ohmios asimétricos

5.1 Sistema Multiplex Telefónico

5.1.1 Generalidades

Los equipos multiplex 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 internamente, 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.).

5.1.2 Especificaciones Técnicas

Capacidad Máxima	:	120 canales telefónicos
Ancho de Banda del Canal de Voz	:	300 - 3,400 Hz
Impedancia de Entrada / Salida o Frecuencia de Voz	:	600 Ohmios asimétricos
Sistema de Modulación	:	SSB con portador suprimida
Respuesta de frecuencia a 4 hilos (entre 2 terminales)	:	Mejor que 2/5 de lo recomendado por el CCITT
Límite de Frecuencia de la Banda Base	:	60 a 552 KHz
Señalización	:	3,825 Hz (fuera de banda) apto para trabajar en operación de discado automático o manual con el solo cambio de conexiones.

5.2 Componentes Aéreos

5.2.1 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 : Parabólica 25, 28 y 31 dBi
- Impedancia : 50 Ohmios asimétricos
- Polarización : Lineal

5.2.2 Alimentadores

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

- Impedancia : 50 Ohmios
- Atenuación : 2.5 dB/100 mts. para 2 GHz
- VSWR : 1.2 (máximo)
- Dieléctrico : Sólido

5.2.3 Torre para Soporte de Antena

Especificaciones Técnicas

- Tipo : Arriestrada
- Sección : Triangular
- Velocidad del Viento : 80 Km/h
- Desplazamiento Máximo del Extremo Superior : 2.5° (en el plano vertical y horizontal)

- Altura	: Estac. S.E. Huancavelica	: 12 mts.
	Estac. C° Piscapucro	: 12 mts.
	Estac. C° Atocpunta	: 12 mts.
	Estac. Presa Tablachaca	: 12 mts.
	Estac. C° Quinsa Chumpi	: 12 mts.
	Estac. Campo Armiño	: 12 mts.
	Estac. Restitución	: 12 mts.
	Estac. Mantaro	: 28 mts.
	Estac. C° Llamahuaqui	: 12 mts.
	Estac. Huayucachi	: 12 mts.

5.3 Sistema de Energía

5.3.1 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 me

diciones del electrolito y el agregado de agua destilada.

- Electrodos y se
paradores : Tanto positivos como negativos deben estar suspendidos por soportes moldeados en las paredes y en el fondo del recipiente.
- Bornes termina
les : De aleación plomo-cobre, con una capacidad promedio de conducción igual al doble de la corriente de carga.
- Capacidad : Estará supeditada al contratista, pero tendrá que tener una autonomía de 8 hrs.

5.3.2 Estabilizador de Voltaje (AVR)

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

- Capacidad : 3 KVA
- Tensión de En-
trada : 220 VAC -20% y +15%
- Frecuencia : 60 Hz + 5% y -5%
- Tensión de Sa-
lida : 220 VAC + 2% y -2%
- N° de Fases : Uno (1)
- Eficiencia : 85% o mejor
- Tiempo de Re-
cuperación : 1 segundo o mejor para el rango de variación de la carga de 0 a 6%
- Protección : Contra sobrecorriente y sobretensión con descargadores de líneas y provistos de circuí-

tos RLC puestos a tierra.

- Ventilación : Natural
- Estabilidad : Las componentes reactivas (inductivas y/o capacitivas), no deben alterar la tensión de sa lida.

Contendrá además, un conmutador de cuchilla para dejar el sistema de regulación fuera de servicio en caso de fallas prolongadas.

5.3.3 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 ϕ : 0.8
- Salida : 24 VDC (nominal)
- Capacidad : 20 Amp.
- Regulación : Debe ser posible regular la tensión de salida en forma manual o automática.

5.3.4 Autotransformador en Seco Monofásico

Deberán cumplir con las normas de fabricación de Itintec.

Especificaciones Técnicas

- Relación Alta Tensión/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 implementos necesarios para ser montado a la interperie en el poste.

5.3.5 Línea Aérea Monofasia (Línea de Transmisión de Energía)

Sección del aluminio	: 6 AWG MCM 13.3 MM ²
Equivalente cobre	: 8.37 MM ²
N° de hilos	: 7
Diámetro del conductor	: 4.66 mm
Carga de Ruptura	: 265 Kg.
Resistencia CC a 20°C	: 2.170 ohm/Km
Peso	: 36.3
Tipo	: Forrado

5.4 Sistema de Protección

Sistema de Tierra y Pararrayos

Para la protección de las Terminales y repetidores de Huanavelica, Tablachaca, Campo Armiño, Restitución, Mantaro, Huayucachi y Repetidoras de Piscapucro, Atocpunta, Quinsa Chumpi y Llamahuaqui contra la acción de las descargas atmosféricas.

5.4.1 Sistema de Tierra

Las placas de cobre del sistema de tierra, estarán internadas a una profundidad de 1.60 mts., 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 m. 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 10 ohmios.

5.4.2 Pararrayos

Formado por varillas de cobre, ~~terminado~~ 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.

5.5 Otros

5.5.1 Repuestos

Deben suministrarse repuestos para el funcionamiento normal durante 2 años, y deberá garantizarse dicho suministro durante 10 años, a partir de la fecha de la suscripción del contrato respectivo.

Se deben especificar los precios unitarios de los repuestos.

5.5.2 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 estar montadas en cajas portátiles.

5.5.3 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 detallados 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 pruebas.

Deben incluirse también instrucciones previas que detallan los ajustes y precauciones que deben adoptarse cuando se reemplacen componentes del equipo.

5.5.4 Embalaje

Todo el equipo debe ser embalado de manera que resista el transporte desde las fábricas hasta los lugares de instalación.

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 analógico, 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 analógica 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 analógica.

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 10³ 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		EXTRANJERO		NACIONAL		TRANSPORTE		PRUE- Y PUESTA EN SERVICIO		TOTAL	
			UNIDAD	CANTIDAD	FOB UNJ ME	FOB TO- TAL ME	UNITARIJ MN x 10 ³	TOTAL MN x 10 ³	FOB CIF	LOCAL	ME	x 10 ³ ME x 10 ³		MN x 10 ³
1	SHF - 11 Estaciones, 7 Ter- minales, 4 Repetidoras Equipo de Radio Frecuencia 1 + 1, Estación Terminal	U	7	31,200	218,400	-	-	9,600	1,000	57,600	-	285.60	1,000	286,600
2	Armarios Metálicos	U	11	2,210	24,310	-	-	1,400	1,000	8,160	-	33.87	1,000	34,870
3	Equipo 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. autosportada	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		ME	ME				
				ME	FOB TO- MN x 10 ³	TOTAL MN x 10 ³	CIF	LOCAL	ME	x 10 ³	MN x 10 ³	
15		90	-	-	60,000	10,000	-	-	-	270.00	-	270 000
16		U	4	-	78,000	-	-	-	-	78.00	-	78 900
										593.1	75,300	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.

DESCRIPCION

UNIDAD

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

DESCRIPCION	UNIDAD	ESTACION S.E. HUANGAVEILICA	ESTACION C° PISCAPUCRO	ESTACION C° ATOCPUNTA	ESTACION PRE-SA TABLACHA-CA	ESTACION C° QUINTA CHUMPI	ESTACION S.E. CAMPO ARMINO	ESTACION C.M. RESTITUCION	ESTACION C.M. MANTARO	ESTACION C° LLAMAHUAQUI	ESTACION S.E. HUAYUCACHI	ESTACION EN-TEL PERU HUANCAYO	TOTALES
1 Transmisor Receptor 2 GHz 120 CHS - 27 dBm	c/u	1	2	3	1	5	1	1	1	3	1	1	20
2 Equipo Múltiplex capacidad máxima 120 CHS	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	1	7
3 Sistema Híbrido	SET	-	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	4
4 Antena GRID 25 dB gan.	c/u	1	1	2	1	4	1	1	1	2	1	1	16
5 Antena GRID 28 dB gan.	c/u	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
6 Antena GRID 31 dB gan.	c/u	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	2
7 Cable coaxial de 2.5 dB / 100 mts.	mts.	20	40	60	20	92	20	120	28	60	20	45	425
8 Grado 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 a equipo de radio y antena	c/u	2	4	6	2	10	2	2	2	6	2	2	40
0 Sistema de tierra y para-rrayos	conj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	10
Rectificador/Cargador	c/u	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Estabilizador de voltaje AVR	c/u	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Cuerpo Mastil de 3 mts./cuerpo	/cuerpo	4	4	4	4	4	4	4	7	4	4	-	43
4 Regleta 1	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	1	7
5 Regleta 2	c/u	1	-	-	1	-	1	1	1	-	1	-	6

ITEM

DESCRIPCION

UNIDAD

REQUERIMIENTO

6	Central Telefónica	c/u	1	STACION S.E CAVELICA	1	TACION C° ISCAPUCRO	-	TACION C° ATOCPUNTA	-	TACION PRE TABLACHA- CA	1	STACION C° INSA CHUM- PI	-	TACION S.E. ARMINO	1	STACION C.M TITUION	1	TACION C.M MANTARO	1	ION C° LLAMAHUAQUI	-	ESTACION S.E HUAYUCACHI	1	ESTACION EN TEL PERU HUANGAYO	-	TOTALES	6
7	Banco de Baterías	conj.	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1				11		
8	Autotransformadores	c/u	-		1		1		1		-		1		-		-		-		1				4		
9	Materiales de instalación	conj.	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1				11		
0	Materiales de instrucción	conj.	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1				11		

CUADRO VI.3 COSTOS UNITARIOS Y TOTALES

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ESTACION S.E. HUANCAYVILLA	ESTACION C.P. PISCAPUCRO	ESTACION C.P. ATOPUNTA	ESTACION PRESA TABLAGHACA	ESTACION C.P. QUINSA CHUMPI	ESTACION S.E. CAMPO ARMINO	ESTACION C.M. RESTITUCION	ESTACION C.M. MANTARO	ESTACION C.P. LLAMAHUACUI	ESTACION S.E. HUAYCACHI	ESTACION ENTEL PERU HUANCAYO	TOTALES
1	Transmisor-Receptor 2 GHz - 120 CHS 27 dBm	10,000	10,000	20,000	30,000	10,000	50,000	10,000	10,000	10,000	30,000	10,000	10,000	200,000
2	Multiplex	\$800/Ch.	8,000	-	-	12,800	-	16,000	12,800	22,400	-	17,600	22,400	112,000
3	Sistema Híbrido	300	-	300	300	-	300	-	-	-	300	-	-	1,200
4	Antena GRID 25 dB Gan.	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 GRID 28 dB Gan.	1,900	-	1,900	1,900	-	-	-	-	-	-	-	-	3,800
6	Antena GRID 31 dB Gan.	2,000	-	-	-	-	2,000	-	-	-	2,000	-	-	4,000
7	Cable coaxial de 2.5 dB/100 m.	4/mt.	80	160	240	80	368	80	80	112	240	80	180	1,700
8	Grado de fijación de cable coaxial y abrazaderas	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 pararrayo	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 baterías	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 a AVR	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	7,700
13	Cuerpo Mastil de 3 mts.	500/cuerp	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
			30,682	35,364	47,271	35,482	71,125	38,682	35,400	46,642	47,371	40,282	43,229.5	471,612.5

CUADRO VI.4 COSTO TOTAL DEL SISTEMA

1. EQUIPAMIENTO		
ESTACION TERMINAL S.E. HUANCABELICA	30,682	
ESTACION REPELIDORA C° PJSCAPUCRO	35,364	
ESTACION REPELIDORA C° AIOCPUNTA	47,271	
ESTACION TERMINAL PRESA TABLACHACA	35,482	
ESTACION REPELIDORA C° QUINSA CHUMPI	71,125	
ESTACION TERMINAL S.E. CAMPO ARMIÑO	38,682	
ESTACION TERMINAL C.M. RESTITUCION	35,400	
ESTACION TERMINAL C.M. MANTARO	46,642	
ESTACION REPELIDORA C° LLAMAHUAQUI	47,371	
ESTACION TERMINAL S.E. HUAYUCACHI	40,282	
ESTACION TERMINAL ENTEL PERU HUANCAYO	43,229.5	
	SUB TOTAL U.S. \$	471,612.5
2. INSTALACION DEL SISTEMA DE RADJO		47,161
3. COSTO DE LA LINEA DE TRANSMISION DE ENERGIA		

CUADRO VI.4 COSTO TOTAL DEL SISTEMA

INCLUYENDO SU INSTALACION	23,000
4. TRANSPORTE NACIONAL E INTERNACIONAL	
+ SEGURO	33,013
TOTAL U. S. \$	574,786.5

.

- NOTA No se incluye
- Costos por obras civiles (casetas, fundación de torre, camino de acceso y otros).
 - Pagos por derecho de importación.

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 insertación 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 orientados 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.
- 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.

VENTAJAS DEL SISTEMA ANALOGICO SOBRE EL DIGITAL

- Cuanto mayor sea la distancia, el Sistema Analógico presenta mayor confiabilidad que un Sistema Digital con respecto al desvanecimiento (Fading).
- El costo del sistema de radio analógico es más bajo que el del Sistema Digital estando en el mercado los costos promedios del Sistema Digital por encima de los 10,000 dólares U.S. y en el Sistema Analógico por debajo de este valor en el orden de los 7,000 dólares U.S.
- El Sistema Analógico presenta mayor inteligibilidad de la voz sin ruido predominante en la recepción dado por su margen de niveles.
- En el Sistema Analógico los períodos de mantenimiento son más largos comparados con el Sistema Digital dado que presenta componentes cuyas frecuencias de fallas son escasas.
- El tiempo de suministro, instalación y pruebas en un Sistema Analógico es más corto comparado con un Sistema Digital por cuanto sus equipamientos son menores y menos complicados.

EQUIPOS EXISTENTES EN MERCADO

- 1) N E C (Japonés)
- 2) G E C (Inglesa)
- 3) TELETRA (Italiana)
- 4) THOMPSON (Francesa)
- 5) NORTHERN TELECOM (Canadiense)
- 6) PHILIPS (Holandesa)

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

- BUDAVOX
HANDBOOK OF TELECOMMUNICATION
- FUNDAMENTOS DE TRANSMISION PCM POR MICROONDAS
INICTEL - SETTIEMBRE 1983
- LENKUR GTE INCORPORATED ENGINEERING CONSIDERACION OF MICROWAVE
SYSTEM
- DISEÑO DE ENLACES PCM POR M.O (MOMOSAKI)
- 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
- MANUAL DE DISEÑO DE ENLACES POR MICROONDAS
INGENIERO TOMIYOSHI DEGUCHI - EXPERTO EN MICROONDAS
- TRANSMISION DE TELEFONIA MULTICANAL "INICTEL"

A N N E X O S

ANEXO II

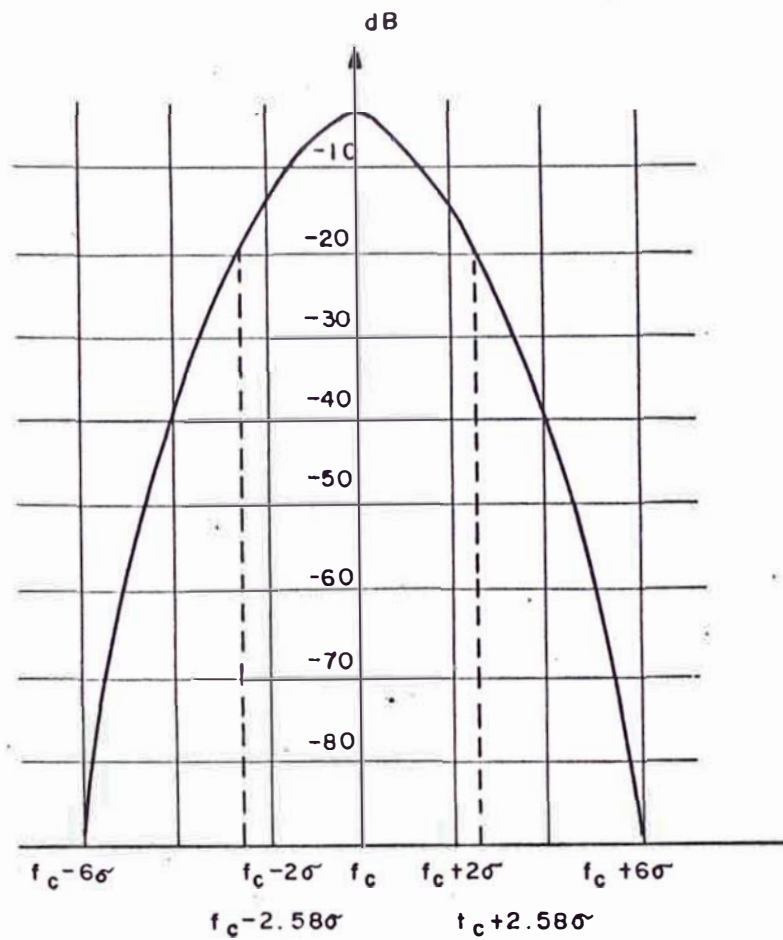


Fig. 3.4 Densidad Espectral de Potencia de la Señal FDM/FM

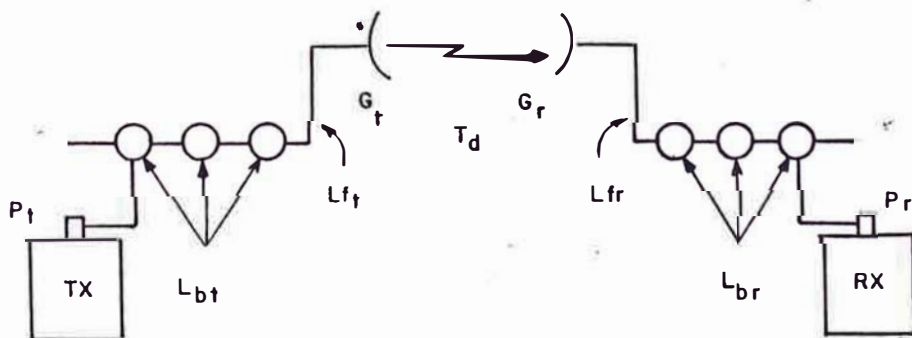


Fig. 3.5 Sistema Típico para el calculo de P_r

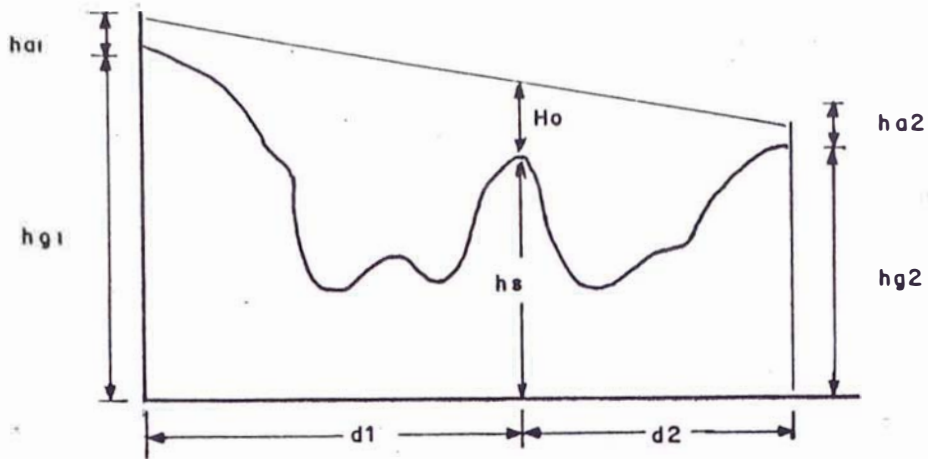


FIG. 3.1

DIAGRAMA DE RADIOENLACE

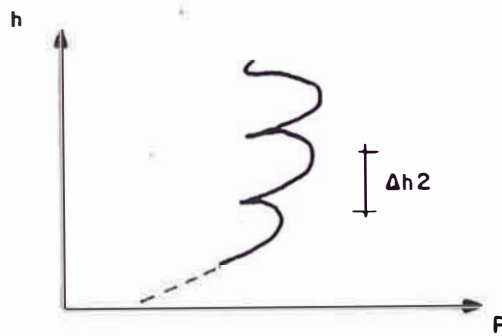


FIG. 3.2

DIFERENCIA DE ALTURA DE ANTENA

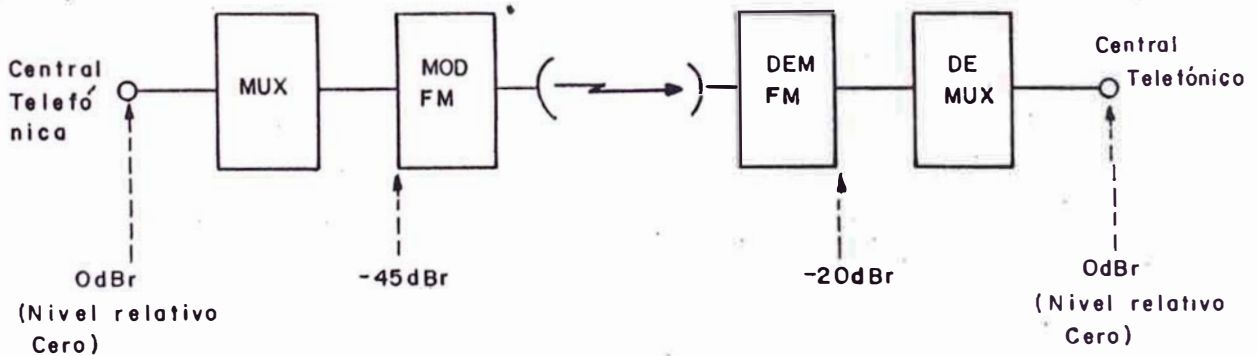
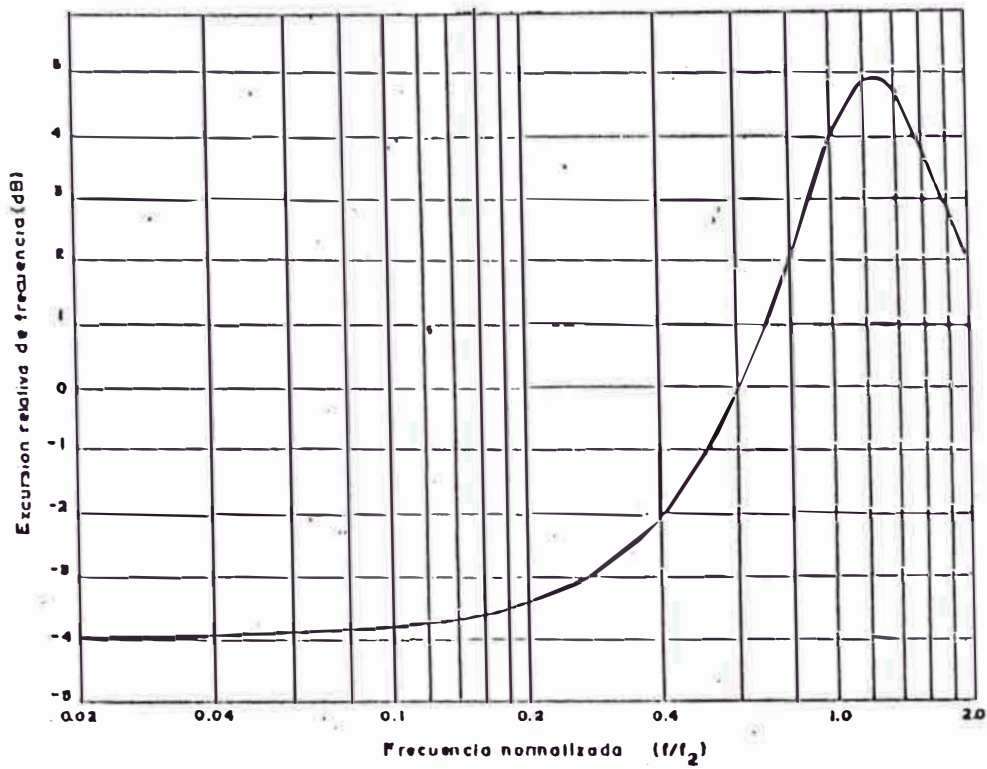


Fig. 3.3 Ejemplo de un Diagrama de Bloques y Niveles de un Sistema FDM/FM

ANEXO II



CARACTERISTICAS DE PRE-ENFASIS PARA TELEFONIA

ANEXO III

SISTEMAS DE PROTECCION

A. DESCRIPCION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION

A.0 Consideraciones

Muchas alteraciones y/o manifestaciones de deterioro en instalaciones electromecánicas y/o electrónicas o en algunas otras instalaciones físicas, son causadas debido al rayo, producto de una descarga atmosférica. Para contrarrestar estos efectos dañinos es necesario crear un sistema de protección, de tal manera que constituya un camino obligado por donde el rayo pasa directamente a tierra.

Normalmente cuando se produce un rayo se crea una variedad de disturbios del tipo electroestáticos y también electromagnético. Estos disturbios son causados por rayos originados entre nube y nube o entre nube y tierra y también por nubes que mantienen una carga eléctrica en la vecindad de las instalaciones de las comunicaciones y otro tipo de instalación.

Generalmente en estaciones de microondas y/o televisión ubicadas en zonas de gran actividad atmosférica, el disturbio del tipo electroestático es lo que perjudica en mayor grado, llegando muchas veces a un reemplazo total de todo el equipamiento de radio y/o repetidor, del sistema de alimentación de energía, así como del sistema de antenas.

Según estadísticas, resultado de unas investigaciones hechas en EE.UU. y Europa, coinciden que los parámetros eléctricos en descargas atmosféricas son:

- Corrientes picos, entre 2 y 400 k amp.

- Duración de la descarga : entre 1 y 100 milisegundos
Intensidad del campo eléctrico : entre 3 y 5 Kv/cm.
- Por otro lado un rayo tiene una distribución de corriente en función del tiempo, muy típica, dado que el flujo de corriente se eleva rápidamente en los primeros 10 microsegundos y luego baja gradualmente siguiendo una curva logarítmica considerándose normalizado prácticamente los 90 milisegundos.

A.0.1 Alcance

Los sistemas de protección que se describen y son los que proporcionan el proveedor o fabricante para esas zonas provee un servicio completo en el campo de la ingeniería de protección contra descargas atmosféricas, para cualquier altura sobre el nivel del mar y para cualquier tipo de topografía del terreno.

Los diseños de sistemas de protección tienen una cobertura amplia, protegen: casas, edificios industriales, comerciales o militares, estaciones de comunicaciones, centrales eléctricas, subestaciones, líneas de transmisión de alta tensión, estaciones de radiodifusión, estaciones meteorológicas, unidades de operaciones mineras y otros tipos de instalaciones en donde la variación de corriente o tensión transitoria afectará tremendamente la operación de la misma.

Los diseños de protección propuestos, para cada una de las estaciones repetidoras de radio y/o TV, son establecidos atendiendo a factores que consideran desde la topografía del terreno, parámetros eléctricos puntualizados y a la necesidad de proteger una determinada área y volumen en la zona circundante a la estación a proteger.

A.0.2 Descripción de los Sistemas

Los sistemas de protección contra descargas atmosféricas que se propone para cada una de las estaciones del sistema de telecomunicaciones para la L. T. Mantaro - Lima, ha sido elegido en base a un estudio técnico de la zona, considerando los siguientes factores:

- Topografía del terreno.
- Altura sobre el nivel del mar de la estación de telecomunicaciones a proteger.
- Actividad atmosférica en el sitio y vecindades de la estación a proteger.
- Condiciones climatológicas de la zona en donde se encuentra ubicada la estación de telecomunicaciones.
- Resistividad del terreno.

Cabe mencionar que la Empresa, debido a trabajos similares en la zona del proyecto, tiene conocimiento de ello, concerniente a la topografía del terreno.

Tomando en cuenta la agrupación de las Estaciones de Telecomunicaciones por Distritos, según codificación de BBC, presentamos a continuación una descripción general de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas que se utilizarán en cada una de las estaciones.

Estación Huancavelica

A pesar de estar situado en el perímetro de la ciudad de Huancavelica, está expuesta a grandes intensidades de inducción electrostática, por lo que es conveniente disponer de un sistema de protección tipo casquete con secundario para contrarrestar la fuerte inducción.

El sistema de secundario, como un elemento auxiliar,

apaciguador de inducción será montado a la altura - de la estación pasiva de Entel Perú.

Estación Tablachaca

El equipamiento de la presente estación, estará dentro de las instalaciones de Electroperú (específicamente en la sala de control de la represa), por tanto, por las razones expuestas en la Estación Mantaro, recomendamos utilizar el tipo tetrapuntual - básico como sistema de protección.

Estación Campo Armiño

El equipamiento de la presente estación, estará dentro de las instalaciones de Electroperú en Campo Armiño, por tanto el comportamiento será similar a la Estación Mantaro, en consecuencia, recomendamos el tipo tetrapuntual - básico como sistema de protección.

Estación Restitución

Se utilizará el mismo sistema de protección contra descargas atmosféricas del tipo tetrapuntual - básico como C.M. Mantaro y S.E. Campo Armiño.

Estación Mantaro

Debido a que se trata de una estación dentro de las instalaciones de Electroperú en Campo Armiño (específicamente en la edificación de la casa de máquinas), es conveniente utilizar como sistema de protección el tipo tetrapuntual - básico, ya que se trata, solamente, de coleccionar inducción de las cargas acumuladas en las partes altas de la zona y trasladarlos al sistema de tierra del sistema eléctrico.

Estación Huayucachi

Esta estación estará ubicada dentro de las instala-

ciones de la sub-estación Huayucachi, a pesar de que se encuentra a 3,180 m.s.n.m., solamente, puede soportar inducciones que puede dañar los equipos de telecomunicaciones.

Para este tipo de estación se recomienda utilizar - el sistema de protección tipo tetrapuntual - reforzado.

Estación C° Piscapucro

La configuración del C° Piscapucro, que hace que se comporte como un pararrayo natural, presenta cerros aledaños también altos (promedio 4,550 m.s.n.m.), la concentración de nubes cargadas y presencia de rayos, con mucha frecuencia en los meses de Diciembre - Marzo, hace imperativo montar un sistema de protección contra descargas atmosféricas tipo casquete con secundario - (S).

Estación C° Atocpunta

Se utilizará el mismo sistema de protección contra descargas atmosféricas, para el sistema de TV de Electroperú.

Estación C° Quinsa Chumpi

Se utilizará el mismo sistema de protección contra descargas atmosféricas, para el sistema de TV de Electroperú.

Estación C° Llamahuaqui

Se utilizará el mismo sistema de protección contra descargas atmosféricas, para el sistema de TV de Electroperú.

Cabe mencionar, que los diferentes tipos de sistemas de protección contra descargas atmosféricas men

cionados anteriormente, en cada estación utilizarán el plano de tierra, sistema de tierra y pozos de tierra, tal como muestra la figura N° B, asimismo se detalla en la figura N° C los detalles de conexión: pozos, electrodos de disipación, plano de tierra, equipo de telecomunicaciones y torres, tanto para sistemas de protección tipo casquete con o sin secundarios así como para tetrapuntuales-reforzados.

Con las figuras N° D.1, D.2, D.3 se muestran los tipos de soporte para el electrodo superior del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

A continuación se describe los diferentes tipos de sistemas de protección contra descargas atmosféricas a utilizar, así como el tipo de electrodo superior.

A.0.3 Tipos de Sistemas de Protección

A.0.3.1 Sistema de Protección Puntual Básico

A.0.3.1.1 Composición del Sistema

El sistema de protección tipo puntual básico para cumplir con la función primordial de disipar la carga atmosférica, producto de un rayo, está conformado por un electrodo superior puntual y un sistema de tierra.

El electrodo superior cumple con el objetivo de colector la inducción o cargas electroestáticas y trasladarlo al sistema de tierra.

El sistema de protección tipo puntual, crea un campo de forma cónica, cuyo radio de acción "protectora", es función de la altura del electrodo superior y dimensiones del mismo.

A.0.3.1.2 Características Técnicas Garantizadas del Sistema

Protege de las descargas atmosféricas que puedan afectar a las estaciones de radiocomunicaciones, ubicados principalmente a alturas menores de 500 m. s.n.m. y recomendable a utilizar para la mayor parte de la zona costera del Perú, en donde la frecuencia de las descargas atmosféricas es casi nula. Presenta un arreglo de tierra, con una resistencia de 10 ohmios. Elimina los rayos e inducción producido por una descarga atmosférica.

Protege de inducciones electroestáticas, a antenas y accesorios instalados en torre de telecomunicaciones.

Soporte intensidades de corriente de corta duración y hasta 80 k amp. Crea un campo libre de inducción electroestática de forma cónica cuyo diámetro en la base es función de la altura y dimensiones del electrodo superior.

A.0.3.1.3 Material

El electrodo colector superior será una barra de cobre electrolítico, en cuyo interior será "embonado" una barra de acero terminado en punta.

El arreglo de tierra está constituido por un pozo, que contendrá soluciones de sal y carbón en proporciones adecuadas.

El electrodo de disipación constituido por una barra de cobre electrolítico enterrado en el pozo de tierra.

A.0.3.1.4 Condiciones del Servicio

El sistema de protección contra descargas atmosféricas

cas del tipo puntual básico, está diseñado para proteger estaciones de radiocomunicaciones, ubicados principalmente en la faja costera del Perú.

El sistema al que nos referimos no necesita de mantenimiento una vez instalado en el sitio, salvo que hubiera alguna rotura en una de sus partes debido a otras causas.

A.0.3.2 Sistema de Protección Tetrapuntual Básico

A.0.3.2.1 Composición del Sistema

El sistema de protección tipo tetrapuntual básico, para cumplir con la función primordial de disipar el rayo o rayos, producto de una descarga atmosférica, está conformado por un electrodo superior tetrapuntual, cable de bajada a tierra y un sistema de tierra.

El electrodo superior tetrapuntual cumple con el objetivo de coleccionar la inducción y/o rayos trasladarlo a través de un cable de bajada al sistema de tierra.

El sistema de protección tetrapuntual crea un campo de forma "cónico" cuyo radio de acción "protectora" es función de la altura y dimensiones del mismo.

El sistema de protección tipo tetrapuntual básico, produce una descarga continua de cargas acumuladas en las nubes ubicadas en las vecindades de la estación a proteger.

A.0.3.2.2 Características Técnicas Garantizadas

Protege de las descargas atmosféricas que pueda afectar a las estaciones de radiocomunicaciones, ubica

dos principalmente a alturas promedio de 3,000 m.s. n.m. y que permitan temperaturas promedio de 20° C y/o con variaciones no bruscas de la misma.

Este sistema de protección tipo tetrapuntual es recomendable a instalar en centros poblados.

Presenta un arreglo de tierra con una resistencia - menor de 10 ohmios.

Eliminar los rayos e inducción producido por una descarga atmosférica.

Protege de inducciones electroestáticas a antenas y accesorios instalados en torre de telecomunicaciones.

Soporta intensidades de corriente de corta duración hasta 120 k amp.

Crea un campo libre de inducción electroestática de forma cónica, cuyo diámetro en la base es función de la altura y dimensiones del electrodo superior .

A.0.3.2.3 Material

El electrodo colector superior tetrapuntual será de barras de cobre, en cuyos interiores serán "embonados" barras de acero.

El arreglo de tierra está constituido por un pozo , que contendrá soluciones de sal y carbón en proporciones adecuadas.

El cable de bajada a tierra será de cobre electrolítico N° 2/0 AWG.

El electrodo de disipación es una lámina de cobre

electrolítico de dimensiones adecuadas, la cual estará enterrado en el pozo de tierra.

A.0.3.2.4 Condiciones del Servicio

El sistema de protección contra descargas atmosféricas del tipo tetrapuntual básico, está diseñado para proteger estaciones de radiocomunicaciones ubicados principalmente en zonas altas de la costa y en algunos centros poblados de la sierra del Perú.

El sistema que ofertamos, no necesita de mantenimiento una vez instalado en el sitio, salvo que hubiera laguna rotura en una de sus partes debido a otras causas.

A.0.3.3 Sistema de Protección Tetrapuntual Reforzado

A.0.3.3.1 Composición del Sistema

El sistema de protección tipo tetrapuntual reforzado, está conformado por un electrodo superior tetrapuntual, cable de bajada a tierra y un sistema de tierra.

El electrodo superior tetrapuntual cumple con el objetivo de coleccionar la inducción y/o rayos y trasladarlo a través de un cable de bajada al sistema de tierra. •

El sistema de protección tetrapuntual crea un campo de forma "cónico" cuyo radio de acción "protectora" es función de la altura y dimensiones del mismo.

El sistema de protección tipo tetrapuntual reforzado, produce una descarga continua de cargas acumuladas en las nubes, ubicadas en las vecindades de la

estación a proteger.

El sistema de tierra está conformado por uno o dos pozos de tierra, con electrodos de disipación del tipo radial de cobre electrolítico.

A.0.3.3.2 Características Técnicas Garantizadas

Protege de las descargas atmosféricas que pueda afectar a las estaciones de radiocomunicaciones ubicados principalmente a alturas promedio de 3,000 m. s.n.m. alejados de centros poblados y con frecuencia de actividad atmosférica no muy alta.

Presenta un arreglo de tierra, con una resistencia menor o igual a 8 ohmios.

Elimina los rayos e inducción producido por una descarga atmosférica, protegiendo a antenas y accesorios instalados en torre de telecomunicaciones.

Soporta intensidades de corriente de corta duración, hasta 120 k amp.

Crea un campo libre de inducción electrostática de forma cónica, cuyo diámetro en la base es función de la altura y dimensiones del electrodo superior.

A.0.3.3.3 Material

El electrodo superior tetrapuntual, será de barras de cobre, en cuyos interiores serán "embonados" barras de acero.

El arreglo de tierra está constituido por un pozo que contendrá soluciones de sal y carbón en proporciones adecuadas.

El cable de bajada a tierra será de cobre electrolí

tico N° 2/0 AWG.

El electrodo de disipación es una plancha de cobre electrolítico de forma estrella "radial", cuyas dimensiones (radio y espesor) predominantes es función de la altura de las estaciones respecto al n. s.m. y de la resistividad del terreno.

A.0.3.3.4 Condiciones del Servicio

El sistema de protección tetrapuntual reforzado, es tá diseñado para proteger a estaciones de radiocomu nicaciones ubicados en la sierra del Perú, específicamente en las afueras de los centros poblados.

El sistema descrito no necesita mantenimiento una vez instalado, salvo que hubiera alguna rotura en una de sus partes debido a otras causas.

A.0.3.4 Sistema de Protección Tipo Casquete

A.0.3.4.1 Composición del Sistema

El sistema de protección tipo casquete, está conformado por un colector superior de rayos e inducción, electroestática del tipo "casquete" de esfera, cuyas dimensiones es función de la altura sobre el suelo y del volumen de protección.

Este tipo de sistema de protección demanda un plano de tierra, un sistema de bajada a tierra y un arreglo de tierra.

El plano de tierra tiene como finalidad la de crear un potencial cero al ras del suelo, de tal manera de tener una esfera como volumen de protección, en cuyo interior se encontrará la estación de radiocomunicaciones completa, libre de inducción alguna.

La figura N° A muestra el bosquejo de este tipo de instalación.

A.0.3.4.2 Características Técnicas

El sistema de protección contra descargas atmosféricas del tipo "casquete" está diseñado para proteger estaciones de radiocomunicaciones, ubicadas a altitudes superiores a 2,000 m.s.n.m.

Protege de la inducción a antenas y accesorios, instalados en torres de telecomunicaciones, cuya altura fluctúa entre 6 y 50 m. sobre el suelo.

Presenta un arreglo de tierra, con una resistencia menor de 8 ohmios.

Eliminar los rayos e inducción producida por una - descarga atmosférica.

Presenta un continuo provocamiento, por efecto de puntas de ionización del medio de tal manera de que siempre está descargando cualquier carga acumulada en alguna nube en la vecindad de la estación de radiocomunicaciones.

Soporta intensidades de corriente de corta duración de hasta 150 k amp.

A.0.3.4.3 Material

El colector superior de inducción está compuesto de armaduras de fierro, tratado en frío y el plano de efecto de puntas será de acero calibre N° 21.

El conductor de bajada que une el colector de rayos e inducción con el arreglo de tierra, será de calibre N° 2/0 AWG forrado.

El plano de tierra será íntegramente de cobre enterrado en el suelo.

El colector de disipación, será de cobre electrolítico, enterrado en una mezcla de sal y carbón en proporciones adecuadas.

A.0.3.4.4 Condiciones del Servicio

El sistema de protección tipo casquete, está diseñado para proteger especialmente estaciones repetidoras, como terminales de microondas, TV, ubicados en la zona de la sierra del Perú.

El sistema de protección tipo casquete, no necesita de mantenimiento una vez instalado, salvo que hubiera alguna rotura en una de sus partes, debido a otras causas.

A.0.3.5 Sistema de Protección Tipo Casquete con Secundario

A.0.3.5.1 Composición del Sistema

El sistema completo de protección contra descarga atmosférica, está conformado por dos subsistemas llamado principal y secundario, respectivamente, ambos subsistemas funcionan paralela e independientemente y siempre cumplen la finalidad de coleccionar la inducción o el rayo o provocar una descarga continua, mediante un electrodo de inducción que se sitúa sobre la tierra y trasladar esta energía a un arreglo de tierra. Disipar la energía coleccionada en un electrodo de disipación que está en contacto con el terreno a través de un arreglo de tierra.

Subsistema Principal

El término "principal" significa realmente un grado

de mayor confiabilidad lo que se traduce en una me nor resistencia de tierra (menor de 8 ohmios) y ma-
yor área de cobertura de la zona. Va instalada en
la misma estación a proteger.

Consiste básicamente de un colector superior del ti
po "casquete" de esfera, cuyas dimensiones es fun-
ción de la altura sobre el suelo y del volumen de
protección. Indudablemente el funcionamiento de es-
te sistema demanda un plano de tierra, un arreglo
de tierra con su respectivo electrodo de disipación.

El plano de tierra tiene como finalidad la de crear
un potencial cero al ras del suelo de tal manera de
tener una esfera como volumen de protección, en cu-
yo interior se encontrará la estación de radiocomu-
nicaciones a proteger.

Subsistema Secundario

El subsistema secundario tiene como objetivo, la de
contrarrestar la fuerte actividad atmosférica que
se produce en la vecindad de la estación de radioco-
municaciones.

El número y las características de sus partes que
lo constituyen depende netamente de la geografía de
la zona en donde funciona la estación a proteger.

El subsistema secundario consiste básicamente de un
sistema de protección tetrapuntual, arreglo de tie-
rra y un conductor de bajada del electrodo inductor
al arreglo de tierra.

A.0.3.5.2 Características Técnicas Garantizadas del Sistema

Protege de las descargas atmosféricas que pueda a-

fectar a las estaciones de radiocomunicaciones ubicadas a altitudes superiores a los 2,000 m.s.n.m. y con gran actividad atmosférica.

Protege de la inducción a antenas y accesorios instalados en torres de telecomunicaciones, cuya altura fluctúa entre 6 y 50 m. sobre el suelo.

Presenta un arreglo de tierra, con una resistencia menor de 8 ohmios en ambos subsistemas.

Eliminar los rayos e inducción producida por una descarga atmosférica.

Presenta un continuo provocamiento por efecto de puntas, ionización del medio de tal manera de que siempre está descargando cualquier carga acumulada en alguna nube en la vecindad de la estación de radiocomunicaciones.

Cabe mencionar que el área de cobertura para esta constante ionización del medio es ampliada por acción del subsistema secundario.

Soporta intensidades de corriente de corta duración de hasta 150 k amp.

A.0.3.5.3 Material

El colector superior del subsistema "principal" está compuesto de armaduras de fierro tratado en frío y el plano de efecto de puntas será de acero calibre N° 21.

El colector superior del subsistema "secundario" será el tetrapuntual básico o puntual básico (dependiendo de la zona) de cobre electrolítico en cuyo

interior se "embonará" acero.

El conductor de bajada que une el colector de rayos e inducción con el arreglo de tierra será de calibre N° 2/0 forrado.

El plano de tierra, será íntegramente de cobre, formando una malla enterrado a cierta profundidad dependiente de la zona geográfica.

El arreglo de tierra, consta de un electrodo de disipación cuyas dimensiones (forma, área y espesor) varían de acuerdo a la topografía del terreno, y vo lumen a proteger dicho electrodo irá enterrado en un pozo de tierra conteniendo carbón y sal en proporciones adecuadas y con dimensiones proporcionales al arreglo de tierra, así como para el plano de tierra. En la figura N° F podemos observar el corte transversal del pozo de tierra.

A.0.3.5.4 Condiciones del Servicio

El sistema de protección contra descargas atmosféricas está diseñado para proteger especialmente estaciones repetidoras, como terminales de microondas, repetidoras de TV, ubicados en la sierra del Perú.

El sistema de protección tipo casquete con secundario, puede operar también en bajas altitudes y en cualquier lugar en donde haya "fuerte actividad atmosférica" y haya equipos o accesorios para proteger contra descargas atmosféricas.

El sistema que describimos no necesita de mantenimiento una vez instalado, salvo que hubiera alguna rotura en una de sus partes, debido a otras causas.

B. GARANTIA

Las características técnicas garantizadas de los diferentes tipos de sistemas de protección, son válidas siempre y cuando no exista algún medio por donde pueda filtrarse alguna inducción, tal como una línea de alimentación aérea o subterránea, sin blindaje, cuya neutralización (forma y tipo) podría también recomendarse.

La garantía contractual del sistema de protección que ofrece el fabricante es por el período de 1 año después de que el sistema haya sido puesto en observación.

C. TRANSPORTE

Alternativa (a)

El proveedor o fabricante, colocará los sistemas completos de protección contra descargas atmosféricas en los almacenes de Electroperú (Lima).

Alternativa (b)

El proveedor o fabricante, colocará los sistemas completos de protección contra descargas atmosféricas en los sitios respectivos de instalación para cada una de las estaciones.

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

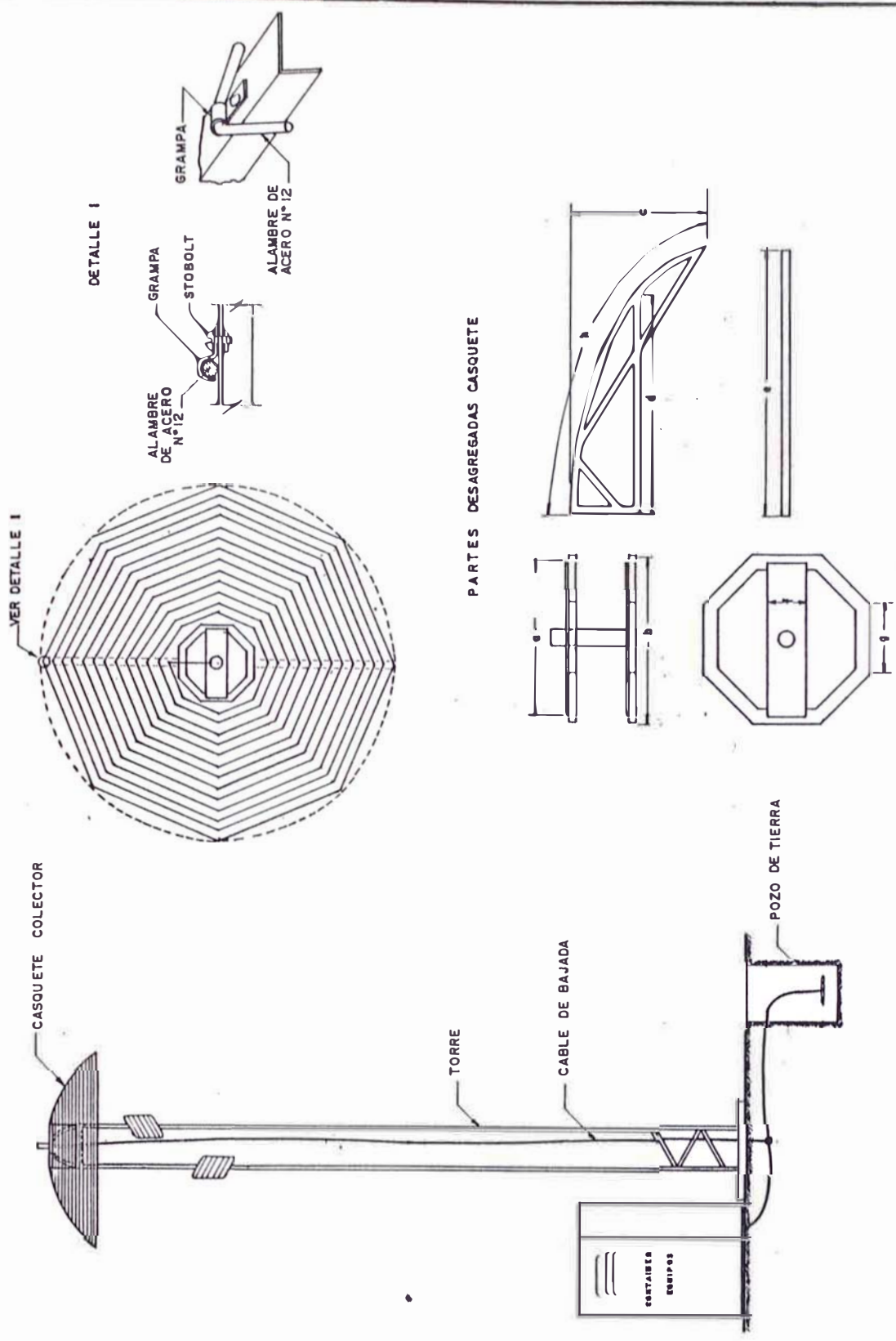


FIG. A
 SISTEMA DE PROTECCION
 CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS
 TIPO CASQUETE

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

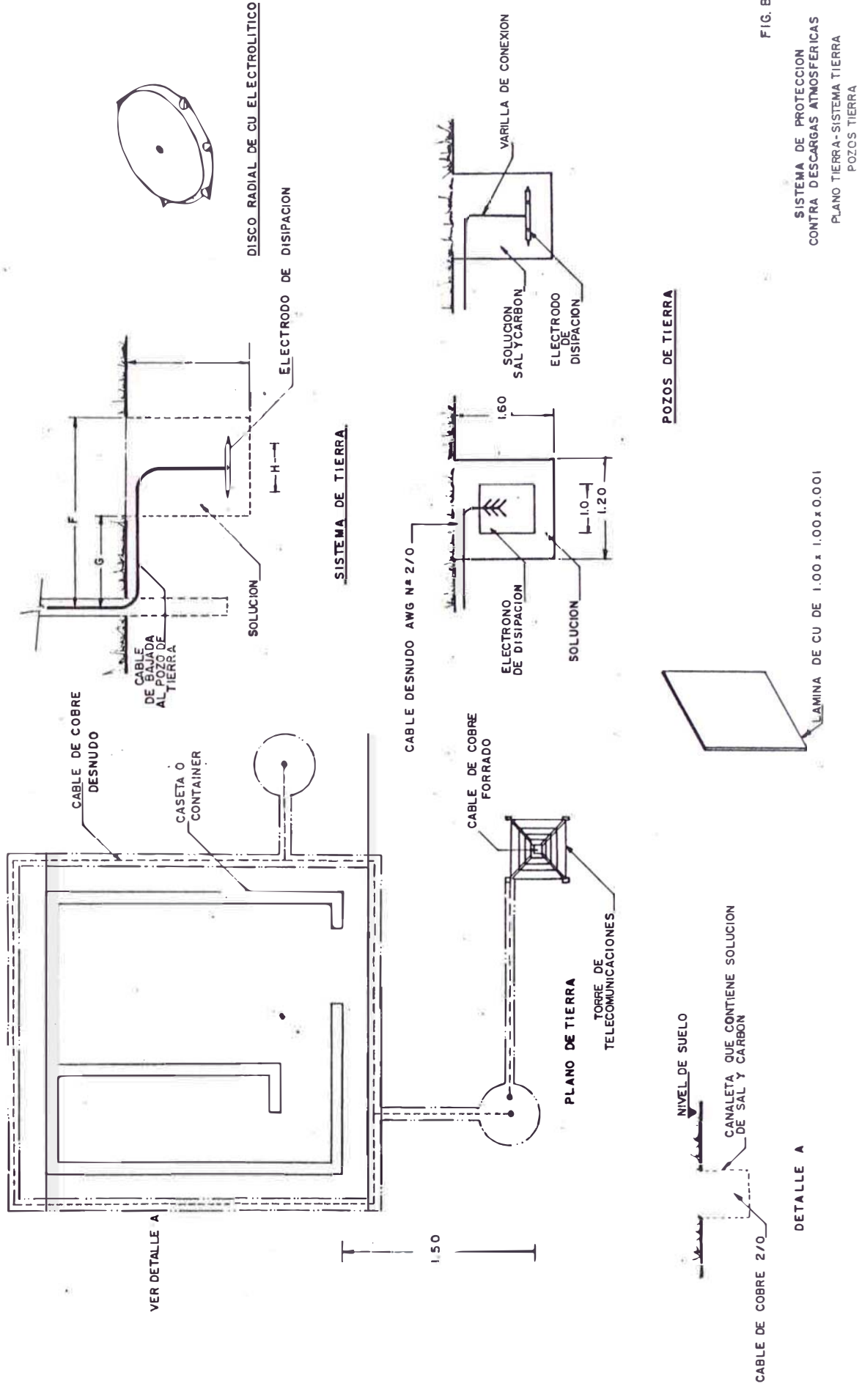


FIG. B
SISTEMA DE PROTECCION
CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS
PLANO TIERRA-SISTEMA TIERRA
POZOS TIERRA

DETALLE A

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

E PO DE TELECOMUNICACIONES

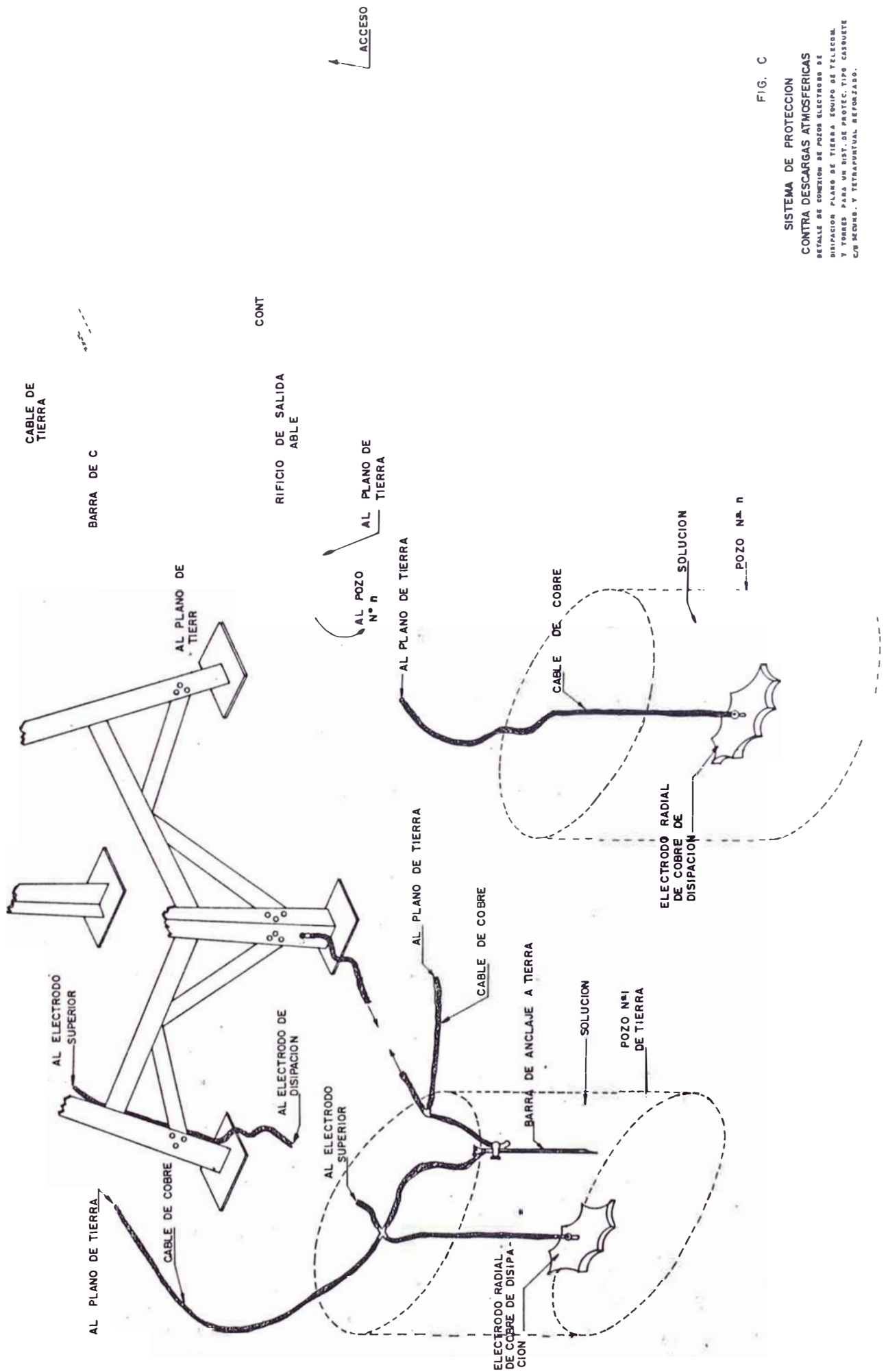


FIG. C

SISTEMA DE PROTECCION
CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS
DETALLE DE CONEXION DE POZOS ELECTRODOS DE
DISIPACION PLANO DE TIERRA EQUIPO DE TELECOM.
Y TORRES PARA UN SIST. DE PROTEC. TIPO CASQUETE
C/3 MEDIO. Y TETRAEDRICAL REFORZADO.

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

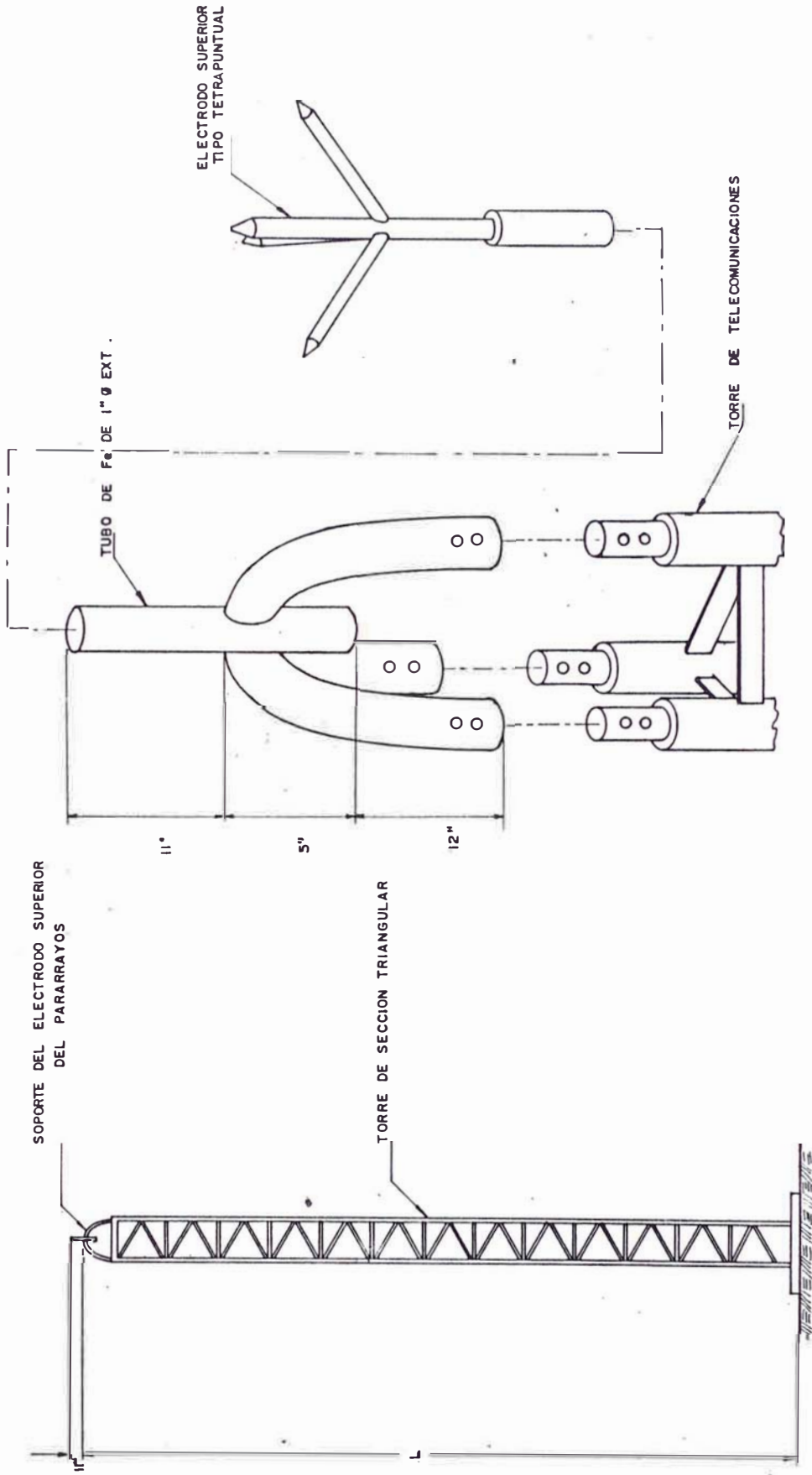


FIG. D. 1

SISTEMA DE PROTECCION
 CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS
 SOPORTE TIPO C PARA EL ELECTRODO
 SUPERIOR DEL PARARRAYO

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

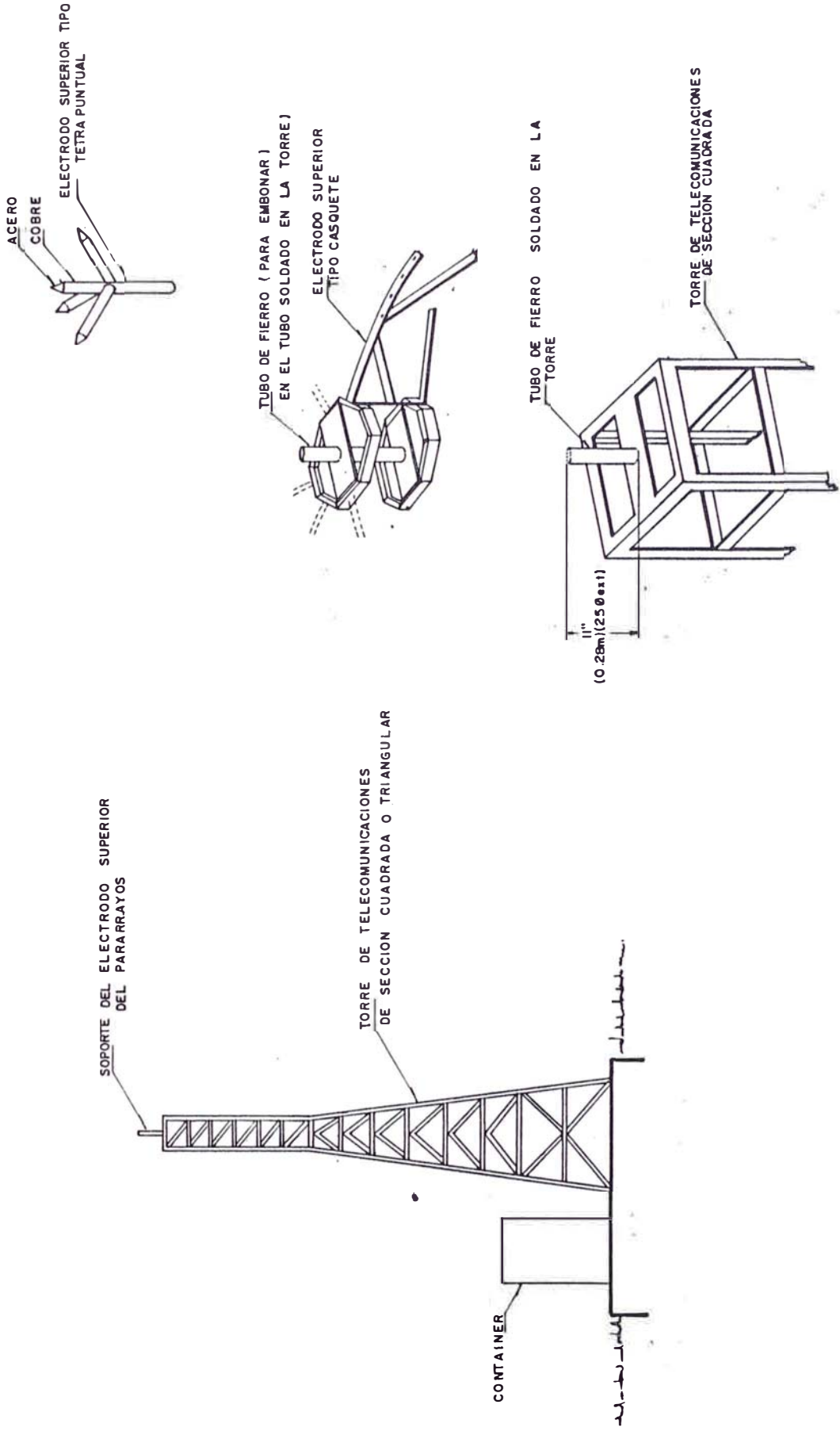


FIG. D.2

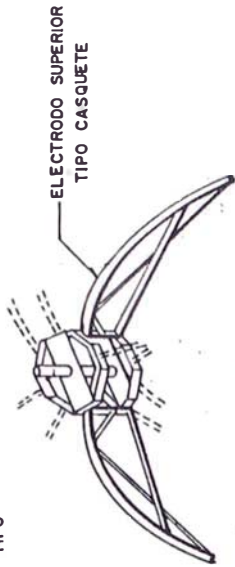
SISTEMA DE PROTECCION
 CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS
 SOPORTE TIPO A PARA EL ELECTRODO
 SUPERIOR DEL PARARRAYO

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

SOPORTE DEL ELECTRODO SUPERIOR

MASTIL DE 5.5 MTS.

ELECTRO SUPERIOR TIPO TETRAPUNTUAL



SOPORTE PARARRAYO TUBO DE F° GALV. DE 25" (635 mm.) Ø EXT.

11" (0.28 m)
 15" (0.36 m)

SOPORTE DE ANTENAS TUBO DE 100 mm. Ø

TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE SECCION CUADRADA O RECTANGULAR

5.5 MTS.

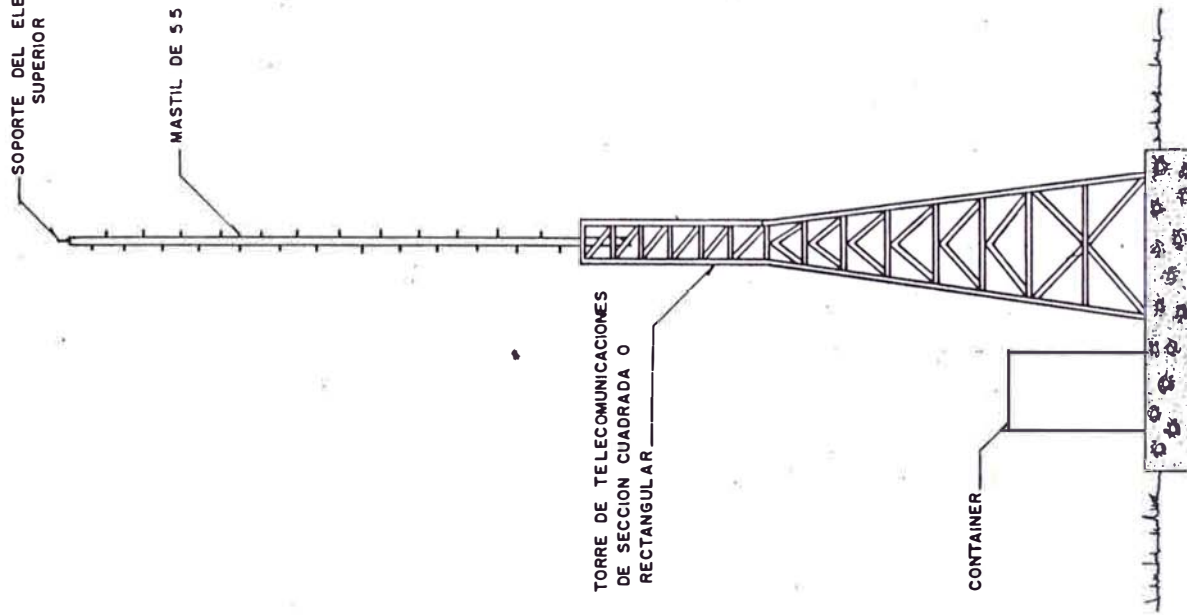
OREJAS DE F° PARA PERNO DE 5/8"

TORRE DE TELECOMUNICACIONES

CONTAINER

FIG. D. 3

SISTEMA DE PROTECCION
 CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS
 SOPORTE TIPO B PARA EL ELECTRODO
 SUPERIOR DEL PARARRAYO



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

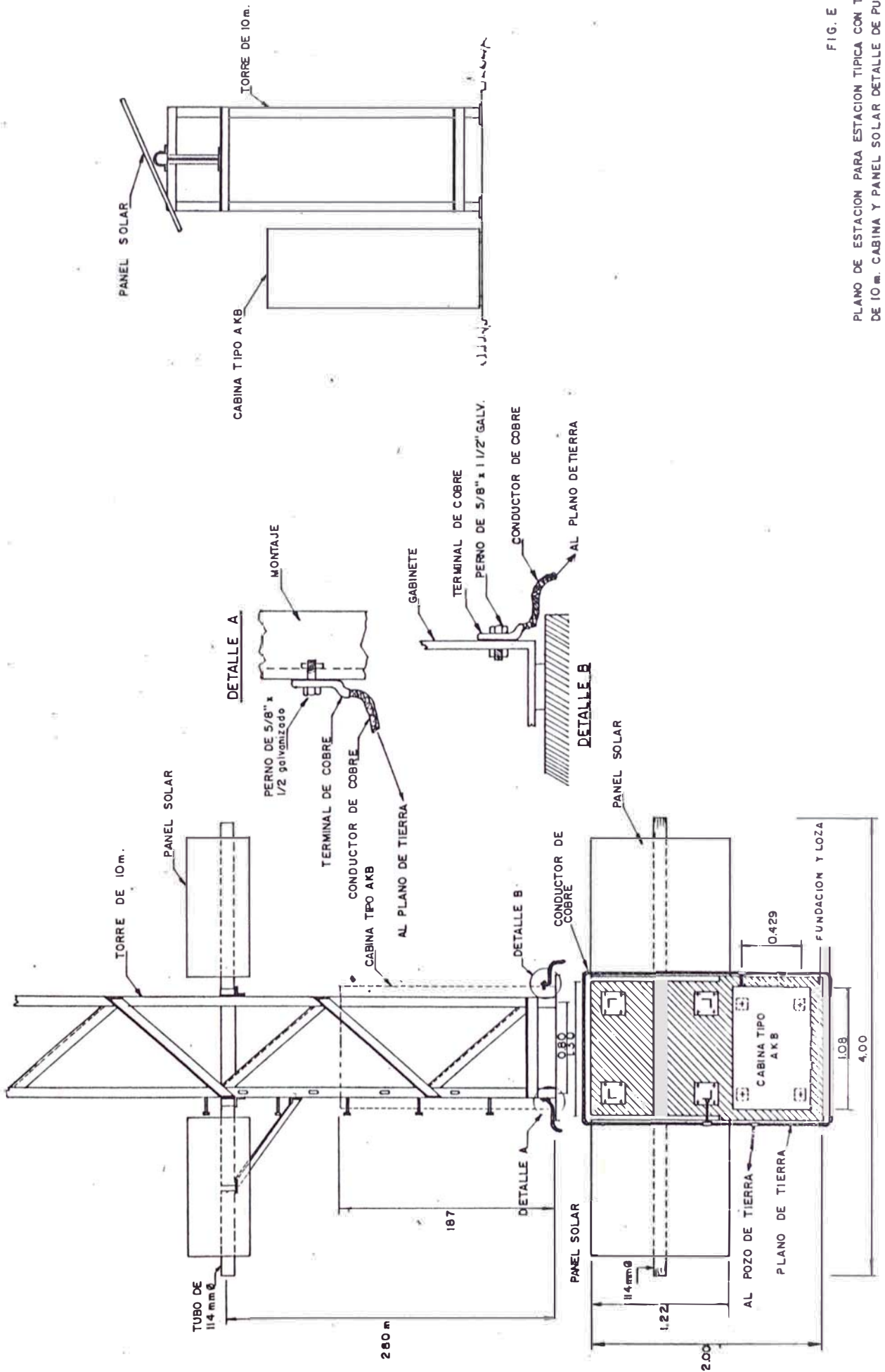


FIG. E
 PLANO DE ESTACION PARA ESTACION TIPICA CON TORRE
 DE 10 m. CABINA Y PANEL SOLAR DETALLE DE PUESTA
 A TIERRA DE LA TORRE Y CABINA

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

CORTE TRANSVERSAL DEL POZO DE TIERRA

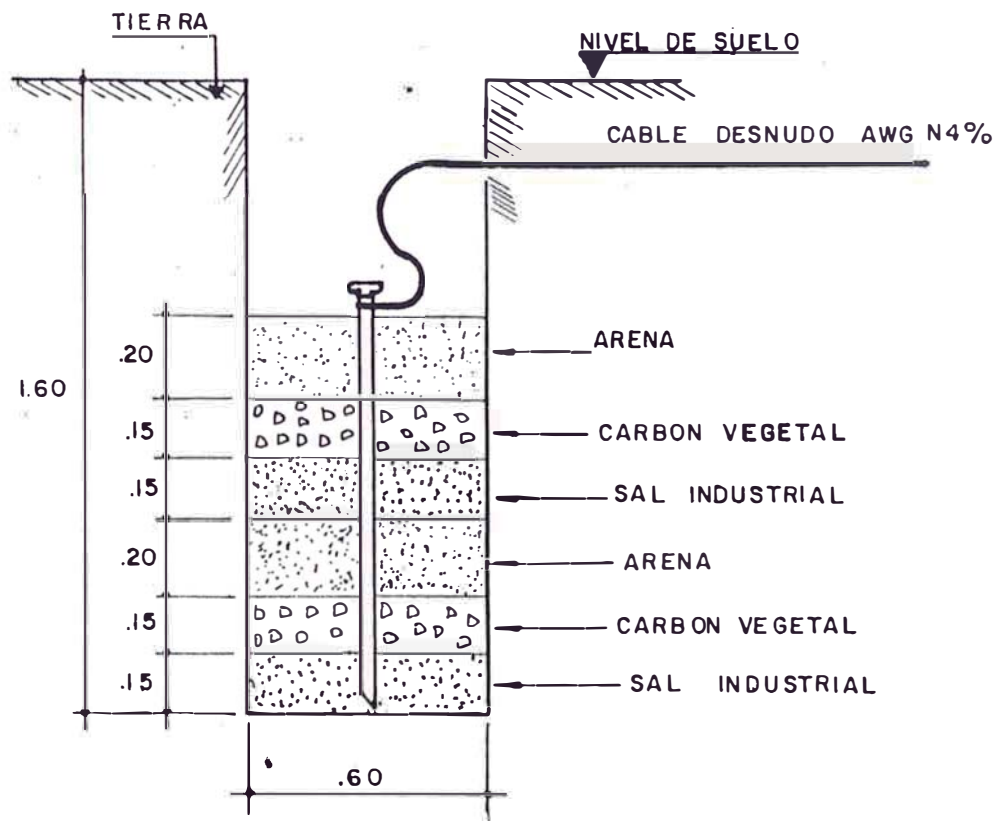


FIG. F

CORTE TRANSVERSAL DEL
POZO DE TIERRA

DIFERENCIAS ENTRE PCM - FDM

B. CARACTERISTICAS Y DIFERENCIAS DE LOS SISTEMAS PCM - FDM EN TRANSMISION DIGITAL

B.0 Introducción

A continuación se describe el principio de operación y las características del sistema de comunicaciones por microondas vía transmisión de señales analógicas y digitales.

Desde el punto de vista de comunicación por radio, no se precisa del conocimiento original de información; es decir, no necesitamos saber si el tren de pulsos (bits) u ondas de la fuente está formado solo por canales de voz PCM o FM. Es suficiente saber la velocidad de bits o señales de la fuente y el código de la señal (digital). En los sistemas de radio digital las fuentes más importantes son los bancos de canales PCM multiplexados por división de tiempo, también conocidos como sistemas de radio PCM. En otro caso, la fuente de información digital puede estar compuesta de canales de voz de 4 KHz convertidos de analógico a digital mediante multiplexaje por división en el tiempo usando el método de modulación delta (DM).

B.1 Sistema Digital y Analógico

Las diferencias y ventajas que se proveen en la comparación de los Sistemas de Transmisión Digital y Analógico son las siguientes:

B.1.1 Sistemas de División de Tiempo y Sistemas de División de Frecuencia

El sistema de Transmisión Digital PCM, que es un sistema de transmisión con multiplexaje por división convierte las señales de información analógica (se

ñales telefónicas) en señales digitales antes de su transmisión. En consecuencia cada información se expresa como información binaria codificada por pulsos lógicos "1" y "0".

Se utilizan tres métodos típicos en la conversión análogo-digital:

- a.- PCM
- b.- ΔM
- c.- ΔPCM

De estos tres métodos, el método PCM es el más utilizado ampliamente y adoptado en sistemas de radio enlace en línea de vista en el mundo.

En los sistemas convencionales de transmisión de microondas por Sistemas FDM, la onda portadora de microondas es modulada con señales analógicas (señales telefónicas) de información para su transmisión. Aquí, cada información analógica es representada por diversas combinaciones de frecuencias y amplitudes de ondas sinusoidales.

Otro aspecto importante es por consiguiente resultante el económico, donde el costo de los equipos terminales PCM son relativamente bajos debido a la eliminación de filtros costosos, que se necesitan para el equipo terminal FDM. Además en los sistemas PCM la potencia de transmisión requerida es más baja comparada con la potencia requerida para un sistema FDM, concluyendo por tanto que en forma indirecta el equipo PCM al ser más económico consume menor energía.

B.1.2 Eliminación de Ruidos

En los sistemas con repetidor regenerativo nos permite obtener una transmisión de alta calidad. En un sistema FM el ruido térmico, el ruido de diafonía y el ruido de interferencia generados en todo el circuito de transmisión afectan el ruido del canal vocal, siendo normalmente imposible detectar y eliminar solamente la componente de ruido una vez que entra dentro de cualquier sistema de transmisión, siendo por tanto que el ruido se acumula en cada repetidor.

Sin embargo, en el caso de sistemas digitales (PCM) en que los errores de bit generados por la degradación del circuito y donde en el lado de recepción solamente se necesita conocer el nivel y el ancho del pulso de la señal. Generalmente en la regeneración del código en la estación repetidora se elimina el ruido y la distorsión generados en cada sección de repetición no habiendo por tanto acumulación de ruido para el enlace total, a excepción de los códigos de error en los regeneradores. Asimismo, en un sistema digital se provee el nivel umbral, normalmente en un nivel medio entre los niveles de la lógica "1" y "0" para corregir la regeneración de señales. Así, a un nivel de señal que excede el nivel umbral se le conoce como "1" y en un nivel de señal menor que el nivel umbral se le conoce como "0".

En el sistema digital, las señales transmitidas se pueden regenerar sin error en el lado de recepción siempre que el nivel de ruido no exceda el nivel umbral de la señal.

Además el sistema PCM es apropiado para transmitir diferentes tipos de información, incluyendo datos

logrando flexibilidad a la red para simple derivación e inserción. También podemos decir que este sistema tiene poca influencia sobre otros circuitos de radio, debido a su baja potencia de transmisión. Resultado de esto, es que se puede planificar rutas múltiples en diferente direcciones desde una estación o localidad.

B.1.3 Manejo Simultáneo de Señales

Las señales de información manejados en los sistemas de comunicaciones, incluyen señales telefónicas, de televisión y de datos, cada una con su propia peculiaridad con respecto a las bandas de frecuencias utilizada, niveles de señal, etc.

En sistema de transmisión analógica, la onda portadora de microondas es modulada con señales analógicas de entrada. En consecuencia, cada tipo de señal de información de entrada necesita de una línea o circuito de transmisión independiente. Por ejemplo, el equipo de transmisión telefónica (TP) no puede ser usado para la transmisión de televisión (TV), pues se degradaría seriamente la señal.

En un sistema digital, todas las señales analógicas de entrada se convierten en señales digitales. Por consiguiente estas señales pueden ser manejadas idénticamente sea cual fuere el tipo de señal original. Además las señales digitales tales como datos de computadora se pueden transmitir sin necesidad de hacer la conversión analógica-digital. Con un sistema digital, es posible la transmisión múltiplex donde se combinan varias señales mediante el multiplexaje.

B.1.3.1 Multiplexaje

Uno de los principales distintivos de un sistema

de comunicación por microondas es que las muchas señales diferentes se pueden transmitir simultáneamente mediante un solo canal multiplexando las señales.

En el sistema múltiplex digital, cada señal de información es dividida en tiempo y dispuesta como una serie de pulsos secuenciales en tiempo, es decir cada señal se convierte en bloques de pulsos discontinuos para su multiplexaje. Por consiguiente, en el sistema de multiplexaje digital, si se contempla una porción arbitraria en el eje de tiempo se puede hallar solamente la información de un solo canal.

Pero en el sistema analógico ordinario (Sistema FDM-FM) se asigna diferentes frecuencias de onda portadora a cada señal de información, por ejemplo, señales de voz y se distribuyen dentro de un ancho de banda de frecuencia especificada (4 KHz).

El comportamiento (distintivo) y las variaciones en los costos de los dos sistemas depende principalmente de la diferencia que existe en los sistemas de multiplexaje.

A continuación presentamos ejemplo de la variación del comportamiento entre los dos sistemas.

Ruido de Intermodulación

En el sistema de transmisión analógico, cada señal de información se acomoda en el eje de frecuencia y se transmite al mismo tiempo. De aquí que cuando el sistema de transmisión es de naturaleza no lineal, aparece el ruido de intermodulación.

Como ya se ha explicado antes, en el sistema de

transmisión digital, solamente se transmite la información sobre un solo canal por vez. También, la naturaleza no lineal provoca distorsión en la forma de onda del pulso cuando el sistema de transmisión tiene cualquier no linealidad. Esta distorsión, sin embargo no afecta a la calidad de la señal actual (relación de señal a ruido) a no ser que el nivel de la señal distorsionada exceda el nivel umbral entre la lógica "1" y "0".

Así, en el sistema de transmisión digital, no aparece el ruido de intermodulación, como el que ocurre en un sistema FDM. Sin embargo el sistema de radio digital posee una característica propia (de comportamiento de ruidos). Un ejemplo típico es la interferencia intersimbólica inherente a los sistemas digitales. En el sistema de radio digital, hay que tener presente consideraciones completamente diferentes de las del sistema de radio FDM, puesto que en el sistema digital las señales transmitidas son pulsos de una gama de frecuencias muy amplio (como por ejemplo en transmisión de onda).

B.1.3.2 Comparación de ruido entre los Sistemas Digital y Analógico

Hay dos clases de ruido generado en el sistema de microondas PCM que son los generados en el equipo terminal y en el equipo de radio como tal. El ruido principal generado en el equipo terminal es el denominado ruido de cuantificación que es generado durante la conversión análogo-digital y es inevitable en todo sistema PCM (digital). La cantidad de ruido representada por la relación de señal a ruido queda determinado por el número de bits al ser convertidos de analógico a digital. (El ruido de cuantificación disminuye a medida que aumenta

el número de bitios).

Por consiguiente, para mejorar la relación señal a ruido del sistema digital, se debe aumentar el número de bitios. Esto resulta en que se requiere un aumento en la capacidad de transmisión por período. Pero, dado el modo de transmisión, es de desear que se requiera la menor capacidad de transmisión por período.

Por tanto, el número de bitios se determina de modo que el nivel de ruido permanezca en la gama permisible para sistemas de comunicación práctica, y es de 8 bitios según las recomendaciones de CCITT.

En un sistema de radio digital, aparecen los mismos ruidos como el térmico y el de interferencia que un sistema de radio FDM. Estos ruidos que degradan el comportamiento del sistema de comunicación son los factores predominantes en el sistema FDM. Pero en un sistema digital la situación difiere ligeramente; porque aquí, todas las señales se convierten en señales binarias que constan de pulsos digitales "1" ó "0".

Como ya se ha explicado anteriormente, el ruido no degrada el sistema digital hasta que aparezca un error de bitio. Es decir, la calidad de transmisión del sistema digital se evalúa según la tasa de errores de bitios (tasa de errores de bitios por bitios de información total). Esta evaluación difiere, de la del sistema FDM en que la evaluación se hace según la relación de señal de ruido (s/n) de canal.

El ruido debido a error de bitio provoca distorsión en la forma de onda, y en las señales de voz, por ejemplo ese ruido se oye como ruido "clic" en las señales decodificadas. Este tipo de ruido es el más notorio cuando el dígito más significativo (MSD) sufre error de bitio.

Sería difícil comparar los sistemas de comunicación, dado que su evaluación difiere completamente una de otra. Sin embargo, un método de comparación efectiva para estos sistemas es el método de prueba de audición. Aquí, el que hace la prueba sencillamente escucha las señales procesadas (digital y analógica) y se determina la relación a ruido (s/n) y la tasa de errores de bitio que daría la misma calidad de transmisión. Todavía no se ha establecido ninguna norma standar internacional para dichas pruebas de audición, pero se dice que el resultado de la prueba de audición indica una tasa de errores de bitios de más o menos 10^{-4} que corresponde a la relación de señal a ruido (s/n) de 51.2 dB (7500 pw) en el sistema FDM.

Se estima que la relación existente entre la relación de señal a ruido (s/n) y la tasa de errores de bitios puede ser expresado con la siguiente fórmula :

$$s/n = -10 \text{ Log BER} + K \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

donde:

BER : Tasa de errores de bitio

K : Constante (0 a 15 dB)

En las figuras 2.1 y 2.2 se muestra la comparación cualitativa entre las relaciones de señal a ruido (s/n) de los sistemas digital y analógico.

A continuación exponemos los puntos que aparecen - en el resultado de la comparación:

La relación de señal a ruido (s/n) en el sistema FDM, es proporcional al nivel de entrada recibido mientras que en el sistema digital no lo es. Esto se ve claramente en la ecuación (1) Esta diferencia se debe considerar siempre para el cálculo del comportamiento.

Como se indica en la figura 2.2 en el sistema PCM, la alta calidad de transmisión se mantiene aún cerca del nivel umbral, y a medida que el nivel de entrada se acerca al nivel umbral, la calidad de transmisión se degrada muy rápidamente (cuando el nivel de entrada disminuye en 1dB, la relación de señal a ruido s/n se degrada casi 10 dB).

B.1.3.3 Conexión con la Central Telefónica de División de Tiempo

En cada punto de conexión en una red de comunicaciones, generalmente se proveen centrales telefónicas para conmutación de circuitos. Hoy en día las centrales electromecánicas convencionales se están reemplazando por centrales electrónicas. Hay por consiguiente dos tipos de Centrales Telefónicas electrónicas: la división de espacio es un sucesor directo de las centrales CrossBar, en el que las señales se conmutan de acuerdo al concepto de espacio físico. Mientras que en el sistema de división de tiempo, las señales analógicas de entrada se convierten en señales digitales dentro de la central.

En el sistema de conmutación, la transición de ti-

po Crossbar a tipo de división de espacio y luego a la central de división de tiempo está aumentando, teniendo en cuenta que el sistema de conmutación - de división de tiempo son las que se hace más popular. Se espera que la mayoría de los suministradores de equipos de conmutación será del sistema de división de tiempo.

Cuando se suministra una central de conmutación de división de tiempo a una red de comunicaciones, es posible acoplar directamente la central de conmutación de división de tiempo a los sistemas de transmisión digital existentes. Por lo tanto, la red de transmisión se pueden considerar como "red de comunicación integrada" que eventualmente pueden conducir a una forma ideal de redes de comunicación.