

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



**“PROYECTO DE MODERNIZACION DEL SISTEMA
DE TELECOMUNICACIONES DE LAS
PRINCIPALES LOCALIDADES DEL VALLE
SAGRADO (DPTO. CUSCO)”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

OSCAR FRANCISCO PALOMINO CUEVA

PROMOCION 1991-I

LIMA-PERU

1999

*Dedico esta Tesis a mis
hermanos y sobre todo mi
querida madre, que con su
esmero y decisión supo
afrontar a la vida, determinando
el rumbo de mi destino.*

**“PROYECTO DE MODERNIZACION DEL SISTEMA DE
TELECOMUNICACIONES DE LAS PRINCIPALES
LOCALIDADES DEL VALLE SAGRADO”
(DPTO. CUSCO)**

S U M A R I O

Actualmente, el servicio de telecomunicaciones es un medio importante para enriquecer la vida social del individuo, así como para las empresas es un elemento para desarrollar sus actividades.

Bajo tales circunstancias, la presente Tesis hace un análisis del sistema de Telecomunicaciones actual de la zona del Valle Sagrado, el cual está comprendida por las principales localidades cercanas al Cusco como Calca, Pisac, Ollantaytambo, Iscuchaca, Urubamba y Chinchero. En función a la descripción actual del sistema de telecomunicaciones con sus implicancias y limitaciones que tiene sobre la zona, empiezo a desarrollar un proyecto integral de telecomunicaciones el cual propone implementar toda una nueva red empezando por la parte de transmisión. Sobre dicha red de transmisión basado principalmente en SDH se soportarían todos los otros servicios que también se proponen en esta Tesis, tal como el de telefonía, celular, datos y RDSI. En ese sentido se diseñan todos los sistemas, incluyendo costos y aspectos técnicos relacionados a cada servicio.

INDICE

PROLOGO	Página 01
CAPÍTULO I	
DESCRIPCION, CAPACIDAD Y LIMITACION DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES ACTUAL DEL VALLE SAGRADO	03
1.1. Evolución del sistema de transmisión	03
1.2. Sistema de Telefonía y capacidades implementadas	22
1.3. Capacidad y limitación del actual sistema de telecomunicación	23
CAPÍTULO II	
PROYECCION DE LA DEMANDA (1999 - 2004) PARA EL SISTEMA DE TELEFONIA Y OTROS SERVICIOS	26
2.1. Indices poblacionales	26
2.2. Proyección de la demanda de líneas telefónica	28
2.2.1. Evolución líneas telefónicas : periodo 1993-1998	28
2.2.2. Proyección de las líneas telefónicas (1999-2004)	29
2.3. Proyección para la introducción de nuevos servicios: Datos, Celular y RDSI	34
2.3.1. Introducción	34

2.3.2. Evolución de las redes de datos(1999-2004)	34
2.3.3. Proyección de telefonía Móvil Celular (1999-2004)	36
2.3.4. Proyección RDSI (1999-2004)	37

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMIENTO INTEGRAL DEL SISTEMA DE TRANSMISION

MEDIANTE TECNOLOGIA PDH Y SDH	38
3.1. Descripción de los nuevos medios de transmisión a implementar	38
3.1.1. Introducción	38
3.1.2. Requerimiento de E1s para dimensionamiento	39
3.1.3. Diseño é implementación de los medios de transmisión	43
3.1.4. Red propuesta : Esquema de enrutamientos, planos topográficos de los enlaces y esquemas de interconexión	44
3.2. Diseño, implementación y costos de sistemas radiales PDH	53
3.2.1. Teoría y fórmulas sustentatorias - Radioenlaces (Ver Anexo A)	53
3.2.2. Resultados de los niveles de propagación- Radioenlaces PDH	53
3.2.3. Canalización a implementarse	60
3.2.4. Plan de distribución de frecuencias	62
3.2.5. Cuadro resumen de la infraestructura requerida	64
3.2.6. Perfiles de los enlaces de radio PDH	65
3.2.7. Costos de los enlaces PDH	73
3.3. Introducción de la tecnología SDH. Desarrollo y Aplicación	74
3.3.1. Jerarquía digital plesiócra (PDH) - Limitaciones	74
3.3.2. Jerarquía digital síncrona (SDH)	75

3.4.	Diseño, implementación y costos de un radioenlace digital SDH	76
3.4.1.	Consideraciones iniciales	76
3.4.2.	Equipos a utilizarse	77
3.4.3.	Cálculos de los niveles de propagación	78
3.4.4.	Plan de frecuencia para SDH	82
3.4.5.	Perfiles de los radioenlaces SDH	83
3.4.6.	Costos de los radioenlaces SDH	87
3.5.	Diseño, implementación y costos de los sistemas de fibra óptica	87
3.5.1.	Introducción	87
3.5.2.	Diseño é implementación de sistemas de transmisión digital PDH por Fibras Opticas	88
3.5.3.	Costos de los Enlace por Fibra Optica	95
3.5.4.	Esquema de interconexión topográfico de los enlaces por F.O.	95

CAPÍTULO IV

DIMENSIONAMIENTO é INTRODUCCION DE NUEVAS CENTRALES TELEFONICAS DIGITALES EN CADA UNA DE LAS LOCALIDADES DEL VALLE SAGRADO

		98
4.1.	Tráfico telefónico en la zona del Valle Sagrado	98
4.2.	Descripción breve de nuevas centrales (AXE -10)	99
4.3.	Cálculo de las líneas telefónicas en función de la demanda	99
4.3.1.	Dimensionamiento del hardware de las centrales telefónicas	101
4.3.2.	Resumen requerimiento de Hardware - Centrales AXE-10	114
4.3.3.	Resumen análisis de tráfico de cada localidad	115

4.4. Esquema de enrutamiento sistema de Conmutación	115
4.5. Esquemáticos del equipamiento de la centrales telefónicas.	116

CAPÍTULO V

FACTIBILIDAD DE INTRODUCCION DE NUEVOS SERVICIOS

(CELULAR, RDSI y DATOS) EN LA REGION VALLE SAGRADO 120

5.1. Consideraciones para la planificación de la Red Celular en el Valle Sagrado	120
5.1.1. Sistema analógico AMPS	120
5.1.2. Sistema digital CDMA	125
5.2. Planificación de la red de datos del Valle Sagrado	133
5.3. Aplicación RDSI - Valle Sagrado	137

CAPÍTULO VI

ESQUEMA GENERAL Y FINAL DEL SISTEMA DE

TELECOMUNICACIONES DEL VALLE SAGRADO 140

6.1. Integración sistema de Telecomunicaciones por localidad	140
6.2. Esquemas generales de interconexión de todos los servicios	147

CONCLUSIONES 154

ANEXO A

TEORIA Y FORMULAS SUSTENTATORIAS - RADIOENLACES 157

A.1 Primera zona de Fresnel	158
A.2 Atenuación de transmisión en el espacio libre	159
A.3 Reflexión en la superficie de la tierra	160

A.4	Margen de despeje sobre el obstáculo, atenuación por la arista del obstáculo y altura requerida de antena	163
-----	---	-----

ANEXO B

	FIBRAS OPTICAS	165
B.1	Tecnología por fibras ópticas	166
B.2	Criterios básicos para el diseño de enlaces por F.O.	169

ANEXO C

	ESTRUCTURA BASICA DEL SISTEMA DE CONMUTACION AXE-10	172
--	--	-----

ANEXO D

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LAS TECNOLOGIAS

	CELULARES : AMPS y CDMA	179
D.1	Tecnología AMPS	180
D.2	Tecnología CDMA	184
	BIBLIOGRAFIA	192

PROLOGO

La presente tesis esta orientada a establecer un proyecto integral para diseñar y redimensionar el sistema de telecomunicaciones actual del Valle Sagrado (Dpto del Cusco), principalmente de 6 localidades : Urubamba, Pisac, Calca, Iscuchaca, Ollantaytambo y Chinchero, el cual permitirá disponer de una plataforma de transmisión con gran capacidad para el soporte de la gama de servicios que puedan ser implementados a mediano o largo plazo.

En primer término se ha considerado describir la evolución del sistema de telecomunicaciones en la zona. Para alcanzar este objetivo se ha recurrido a la recopilación de documentación histórica, cartas estadísticas, planos etc, así como entrevista a ex funcionarios y personal técnico de Ex Entel de Lima y de la zona del Cusco.

En el capítulo 2 se ha procedido a analizar los datos de demanda para los principales servicios de telecomunicaciones así como proyecciones de requerimiento de líneas hasta el año 2004. En el capítulo 3 se ha procedido a realizar el estudio y diseño de ingeniería donde se plantea la implementación de nuevos sistemas de transmisión mediante tecnología SDH por radio y por fibra óptica. En el capítulo 4 se realiza el análisis de ingeniería de la parte de conmutación. Para ello se ha trabajado con datos

de demanda de las 6 localidades el cual ha permitido dimensionar cada una de las centrales telefónicas.

En el capítulo 5 se ha procedido a realizar un estudio de los diferentes servicios que se pueden implementar en la zona, tal como datos síncronos y asíncronos, celular y RDSI.

Finalmente se realiza un bosquejo general de todos los sistemas de telecomunicación del Valle sagrado así como todos los servicios con los que pueden contar cada una de estas localidades, teniendo como soporte un medio de transmisión de gran capacidad. Otras localidades cercanas a la zona pueden ser fácilmente incorporadas a las redes de transmisión usando diversas tecnologías de acceso como por ejemplo Multiacceso radial, Sistema inalámbrico (WILL), o en todo caso radios PDH.

CAPÍTULO I

DESCRIPCION, CAPACIDAD Y LIMITACION DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL VALLE SAGRADO (DPTO DEL CUSCO)

1.1. Evolución del sistema de transmisión

1.1.1. Antecedentes - Líneas físicas

Las principales localidades del Valle Sagrado (Dpto del Cusco : Pisac, Calca, Urubamba, Iscuchaca, Ollantaytambo y Chinchero) fueron integradas a las redes de telecomunicaciones aproximadamente en el año 1965, durante Ex - Entel y fue a través del Sistema Alámbrico (cable de acometida, multipar). En aquel entonces el corte de servicio era continuo, generalmente por el robo del alambre, así como factores inherente al sistema de transmisión, como alta degradación de la calidad por el ruido, atenuación etc.

De acuerdo a los datos registrados en los anuarios editados por Ex Entel, se presenta a continuación las líneas físicas implementadas desde 1965, así como las distancias.

ENLACE			CIRCUITOS	DISTANCIA	AÑO IMPLEMENT.
Cusco	-	Pisac	1	30 Kms	1965
Pisac	-	Calca	1	13 kms	1968
Calca	-	Urubamba	1	20 Kms	1968
Cusco	-	Iscuchaca	1	20 Kms	1970
Cusco	-	Ollantaytambo	1	45 Kms	1972
Urubamba	-	Chincheru	1	7 Kms	1973

Tabla N° 1.1 Líneas físicas implementadas

Estas líneas físicas implementados en cada una de estas localidades permitió la instalación de un centro comunitario, el cual se prestaba el servicio generalmente a través de un concesionario. En ella tenía un locutorio con un teléfono para toda la localidad, siendo la conmutación de salida y entrada en forma manual. En el cuadro adjunto se muestra los locutorios instalados en cada localidad.

LOCALIDAD	SISTEMAS DE TRANSMISION		TIPO DE OFICINA	TIPO DE CONMUTA.
	T.F.	MR		
Calca	X	X	L.T.	M
Iscuchaca	X	X	L.T.T.	M
Urubamba	X	X	L.T.T.	M
Pisac	X		L.T.	M
Ollantaytambo	X	X	L.T.	M
Chincheru	X		L.T.	M

Tabla N° 1.2 Locutorios Telefónicos implementados

Nota :

T.F. = Teléfono

M.R. = Morse

M = Manual

L.T = Locutorio telefónico

L.T.T. = Locutorio telefónico y telegráfico

A fin de optimizar la red y de fijar una buena imagen de Entel Perú en la zona, la Gerencia de Comunicaciones Rurales en coordinación con la Administración del Cusco empezaron a realizar estudios de prospección a fin de ver la factibilidad de instalar equipos de radio que permitan tener una mejor confiabilidad y calidad del servicio telefónico, teniendo en cuenta que toda la zona es turística y a la postre la inversión se recuperaría debido al potencial de usuarios en la zona. Los estudios de prospección fueron ejecutados en el año 1984 para el establecimiento de un sistema de radioenlace UHF-VHF.

1.1.2. Implementación enlaces UHF - VHF (Periodo 1984-1992)

- **DESCRIPCION DE LOS ESTUDIOS**

Los estudios del aquel entonces se efectuaron en la banda de UHF(450 MHz) y VHF (150 Mhz), habiéndose comprobado la línea de vista entre las estaciones escogidas.

Dicho estudio consideró principalmente las siguientes localidades :

Urubamba, Pisac, Calca, Iscuchaca. Adicionalmente se consideró mantener y seguir utilizando algunos enlaces de cable multipar y línea física.

Enlaces considerados

Cusco - Urubamba	UHF - Cable
Cusco - Calca	UHF - Cable
Urubamba - Calca	UHF - Cable
Pisac - Calca	VHF - L.F. Cable
Anta - Iscuchaca - Cusco	UHF - VHF - L.F.
Cusco - Chinchero	L.F.
Ollantaytambo - Urubamba	L.F.

L.F. = línea física

- DESCRIPCION DE LAS ESTACIONES

a) Mapa de las Estaciones (Fig. N° 1.1)

Se muestra la ubicación de las localidades consideradas los estudios.

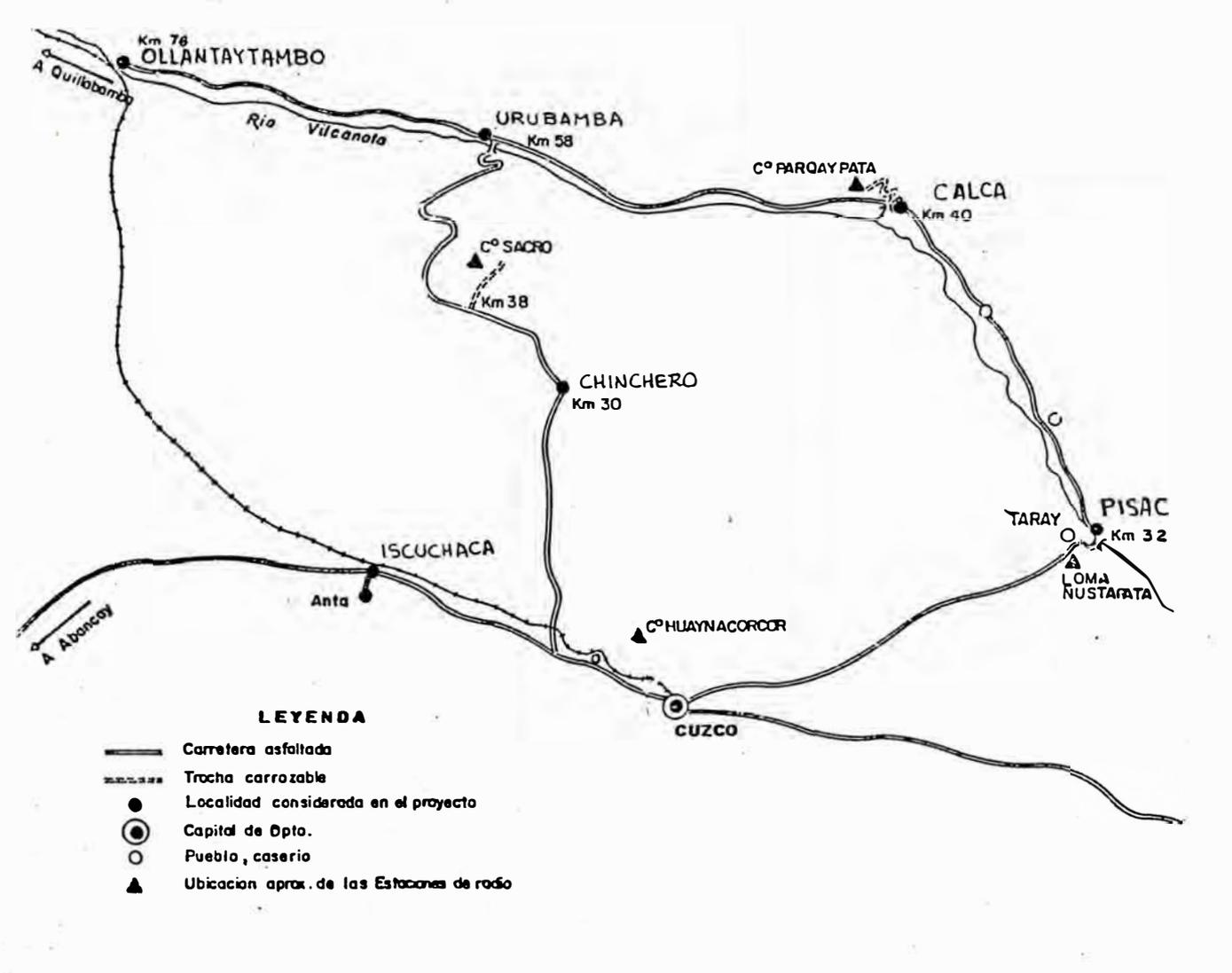


Fig. N° 1.1 Mapa de ubicación de las estaciones

b) Esquema de Red (Fig. N° 1.2)

Se presenta el esquema de la red, la cual consta de radioenlaces UHF, VHF, cable multipar y línea física.

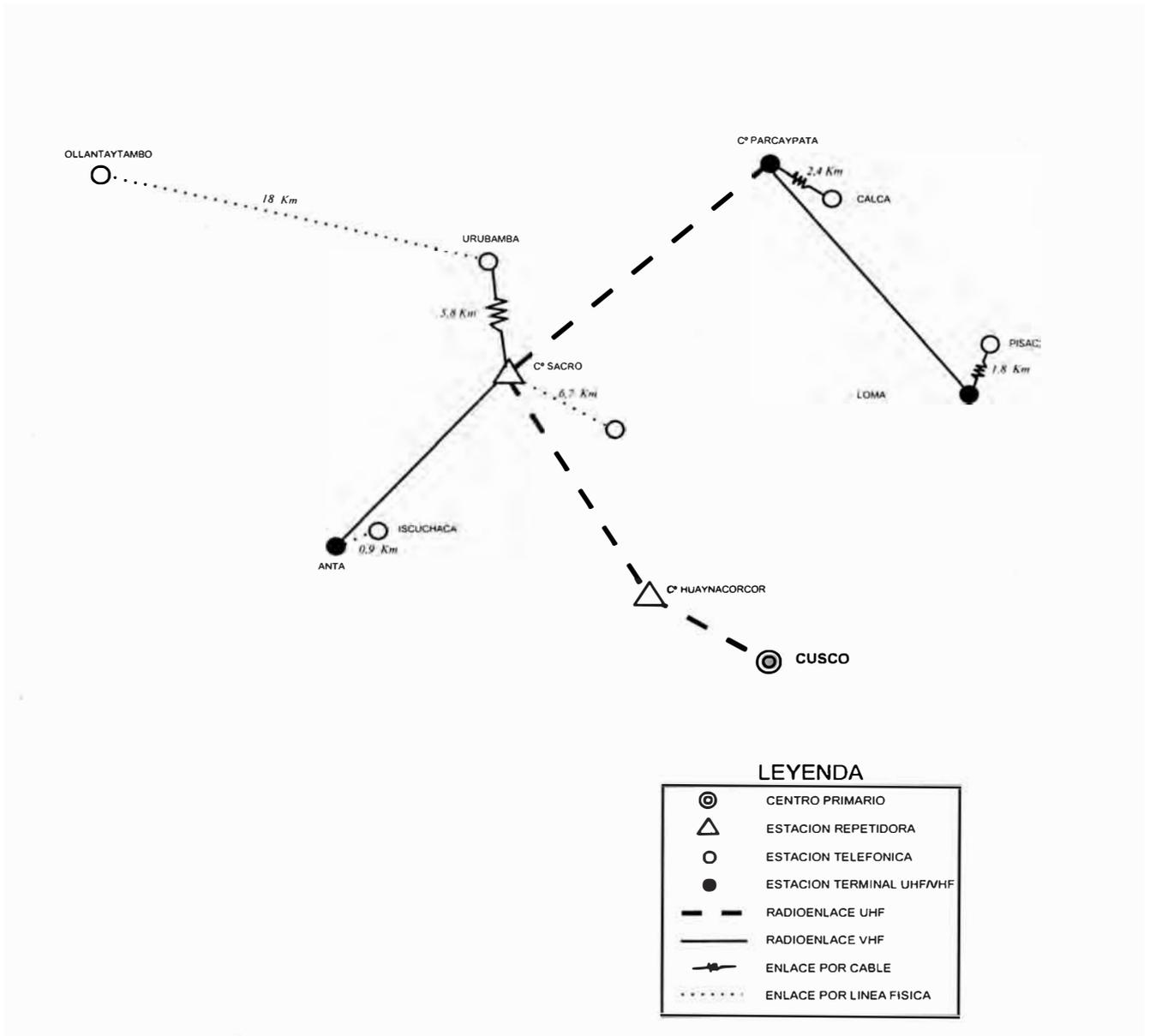


Fig. N° 1.2 Esquema de Red - Valle Sagrado de los Incas

c) Coordenadas de las Estaciones (Fig. N° 1.3.)

Se muestra las coordenada de las estaciones y distancia de los radioenlaces.

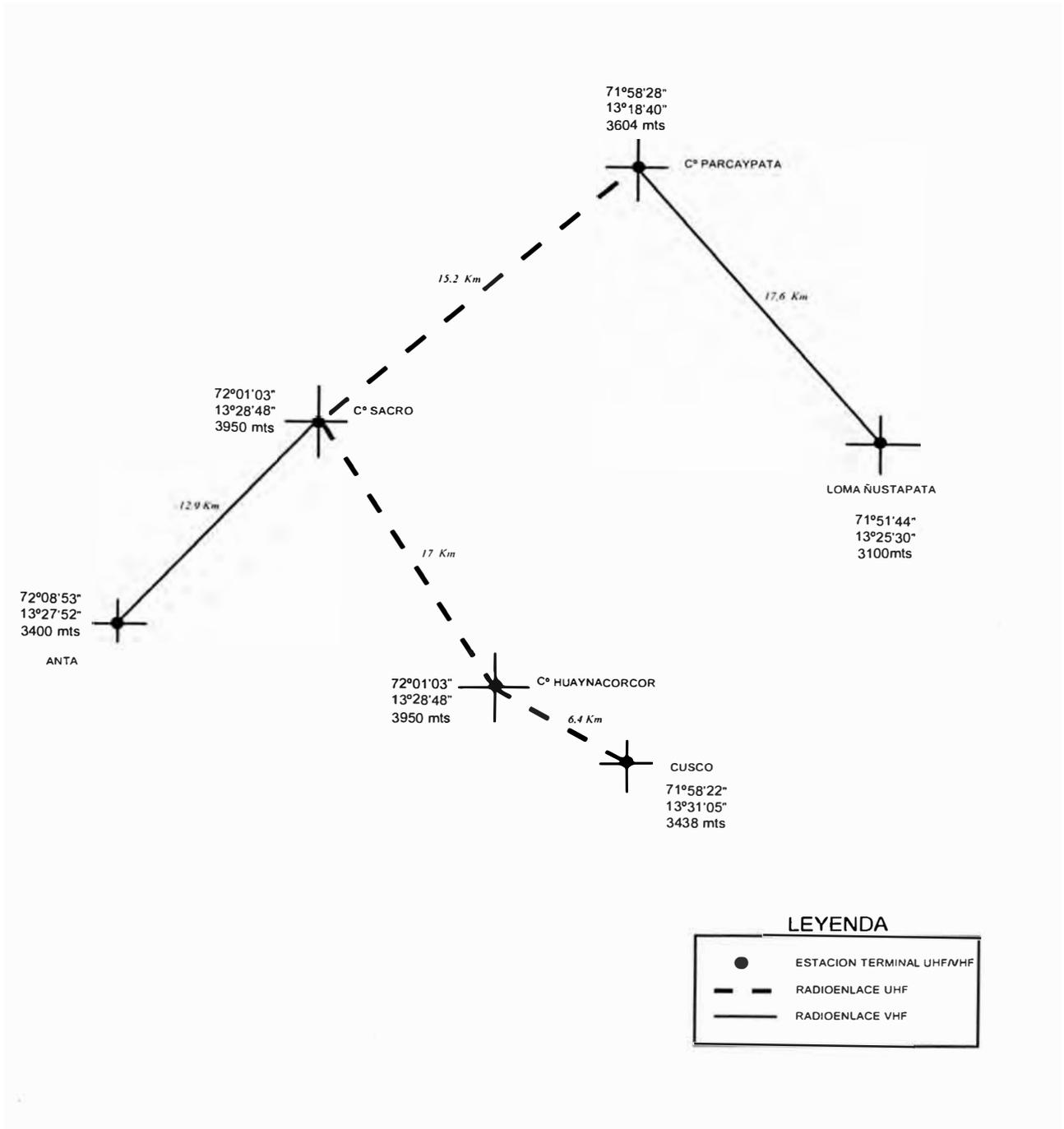


Fig. N° 1.3 Coordenadas de las Estaciones UHF - VHF

d) Equipamiento UHF y VHF utilizados

En las Tablas N° 1.3. y 1.4 se muestran las especificaciones técnicas de los equipos utilizados.

Rango de frecuencia	390 - 470 MHZ
Frecuencia de Cálculo	450 MHZ
Potencia de Transmisión	3 W
Figura de ruido	6 dB
Ancho de banda de F.I.	1,2 MHZ
Sistema de modulación	4 Fases
Perdida de inserción en TX	3,5 dB
Perdida de inserción en Rx	3.5 dB
Ganancia de antena 4 paneles/1 panel	14 dBi/9 dBi
Atenuación de cable coaxial	5 dB/100 mt
Relación BER s/n	10^{-6}
BER del sistema	10^{-5}
Confiabilidad	99.99 %

Tabla N° 1.3 Características equipos UHF

Rango de frecuencia	136 - 174 MHZ
Frecuencia de Cálculo	150 MHZ
Potencia de Transmisión	10 W
Perdida de inserción en TX	1,0 dB
Perdida de inserción en Rx	1,4 dB
Ganancia de antena Yagui	9 dBi
Atenuación de cable coaxial	12 dB/100 mt

Tabla N° 1.4 Características equipos VHF

El proyecto anteriormente expuesto no funcionó como se esperaba. Hubo continuos corte del sistema, por lo tanto el servicio telefónico no era eficiente. Consientes de esta situación y teniendo en cuenta los múltiples reclamos de las autoridades de la zona, la Empresa Ex Entel proyectó instalar un moderno y eficiente sistema de telecomunicaciones, cuya adquisición fue efectuada con la intermediación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). En base al proyecto anterior se volvieron a efectuar estudios de campo nuevamente en el año 1991.

1.1.3 Enlaces de radio PDH - 1993

- SITUACION AÑO 1991

La infraestructura de Telecomunicaciones estaba conformada por enlaces VHF ,UHF y LF (líneas físicas) que integraban a las localidades de Urubamba, Calca, Pisac, Iscuchaca, Ollantaytambo y Chinchero, cuyo servicio en muchos de ellos estaban interrumpido desde hace varios meses, debido a la falta de repuesto y en muchos casos al robo de equipos sufrido en las estaciones.

- DEMANDA TELEFÓNICA AÑO 1991

En la Tabla N° 1.5 se indican los requerimiento de tráfico telefónico en la zona. Inicialmente el sistema estaría equipado con 35 circuitos telefónicos(canales troncales de L.D.), cuya interconexión a la Red Nacional de Telecomunicaciones era a través de la central local de Urubamba y el Centro Primario de Cusco.

LOCALIDADES	POBLACION	DEMANDA	CIRCUITOS
URUBAMBA	12000	300	10
Yucay	2000	130	
Huayllabamba	1300	50	
CALCA	10000	280	8
Lamay	933	30	
PISAC	2100	127	5
Coya	1120	60	
Taray	320	15	
S. Salvador	1200	40	
ISCUCHACA	4000	150	6
Anta	300	10	
Huarcocondo	2600	80	
Zurite	1500	60	
OLLANTAYTAMBO	1600	40	2
C° SACRO			4
Chincheru	1200	30	
Maras	1800	70	
TOTAL CIRCUITOS			35

Tabla N° 1.5 Demanda Telefónica y circuitos a 1991

- **NUEVOS ESTUDIO DE PROSPECCION REALIZADOS**

Durante el estudio de campo se determinaron los lugares para la construcción de las estaciones terminales, las que fueron definidas luego de evaluar los resultados de las pruebas de propagación y comprobación de la línea de vista, así como las facilidades de acceso.

Las estaciones de Loma Taray, así como las estaciones repetidora de C° Huaynacorcor, C° Sacro y C° Parcaypata contaban con infraestructura existente (acceso, caseta y torre). Loma Taray era una estación terminal VHF con vías de acceso, caseta y postes. No tenía línea de vista con el C° Parcaypata. Para conseguirlo se requería una torre de 100 mts de

altura que además de ser costosa, no contaba con el área necesaria para su instalación; en consecuencia se consideró la alternativa de reubicar el centro de la torre a 82 mts de la actual, manteniendo el resto de la infraestructura en el mismo sitio.

- DISEÑO DE LA RED

- a) Esquema de Red

En la Fig. N° 1.4. se muestra el esquema de red (Plan de enrutamiento) consistente en 4 estaciones terminales, 3 estaciones repetidoras y enlaces de interconexión por cable.

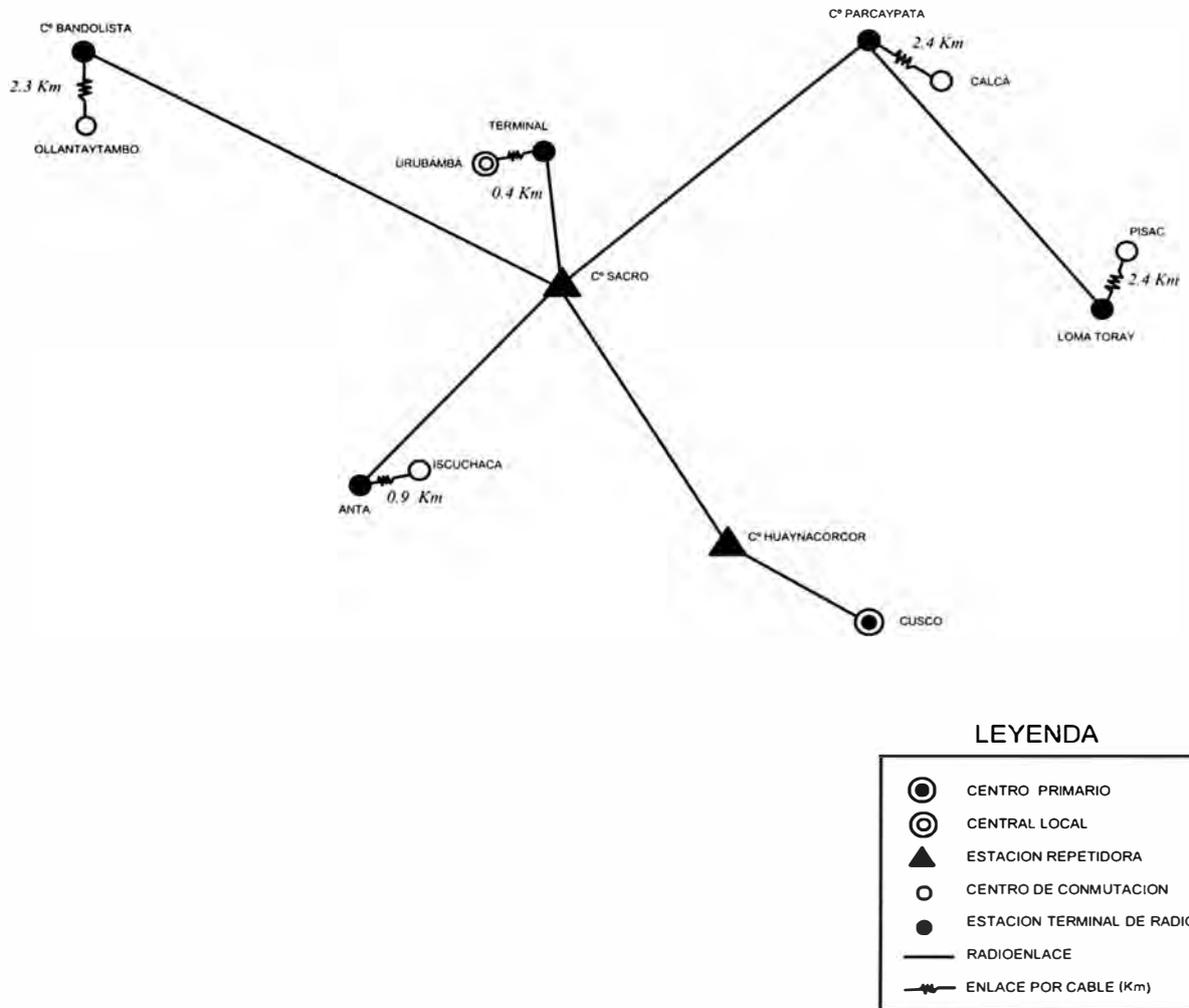


Fig. N° 1.4 Esquema de Red - Enlaces PDH - año

b) Coordenadas y Azimuths

En la Fig. N° 1.5. se indican las coordenadas y azimuths de las estaciones así como longitud de los radioenlaces.

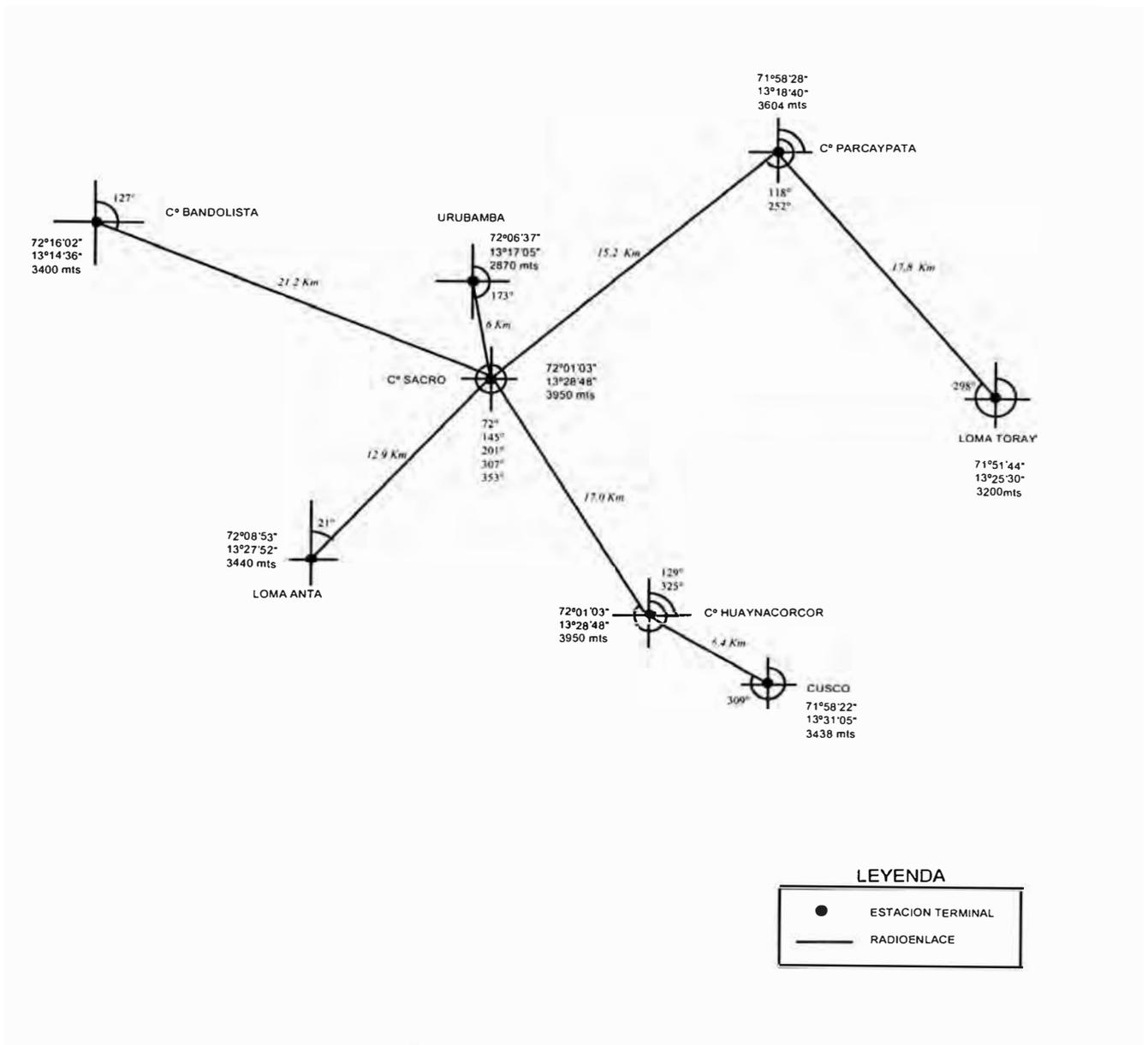


Fig. N° 1.5 Coordenadas y azimuths - enlaces PDH

- DISEÑOS DE LOS RADIOENLACES

a) Perfiles de los Radioenlaces

Se comprobó que todos los enlaces tengan línea de vista, a fin de garantizar los niveles de propagación acorde con los estándares de la UIT.

b) Alturas de torres

En la Fig. N° 1.6. se muestra las alturas de las torres y antenas, las cuales fueron determinadas tomando en consideración los perfiles de los radioenlaces, las pruebas de prospección, así como los cálculos de propagación.

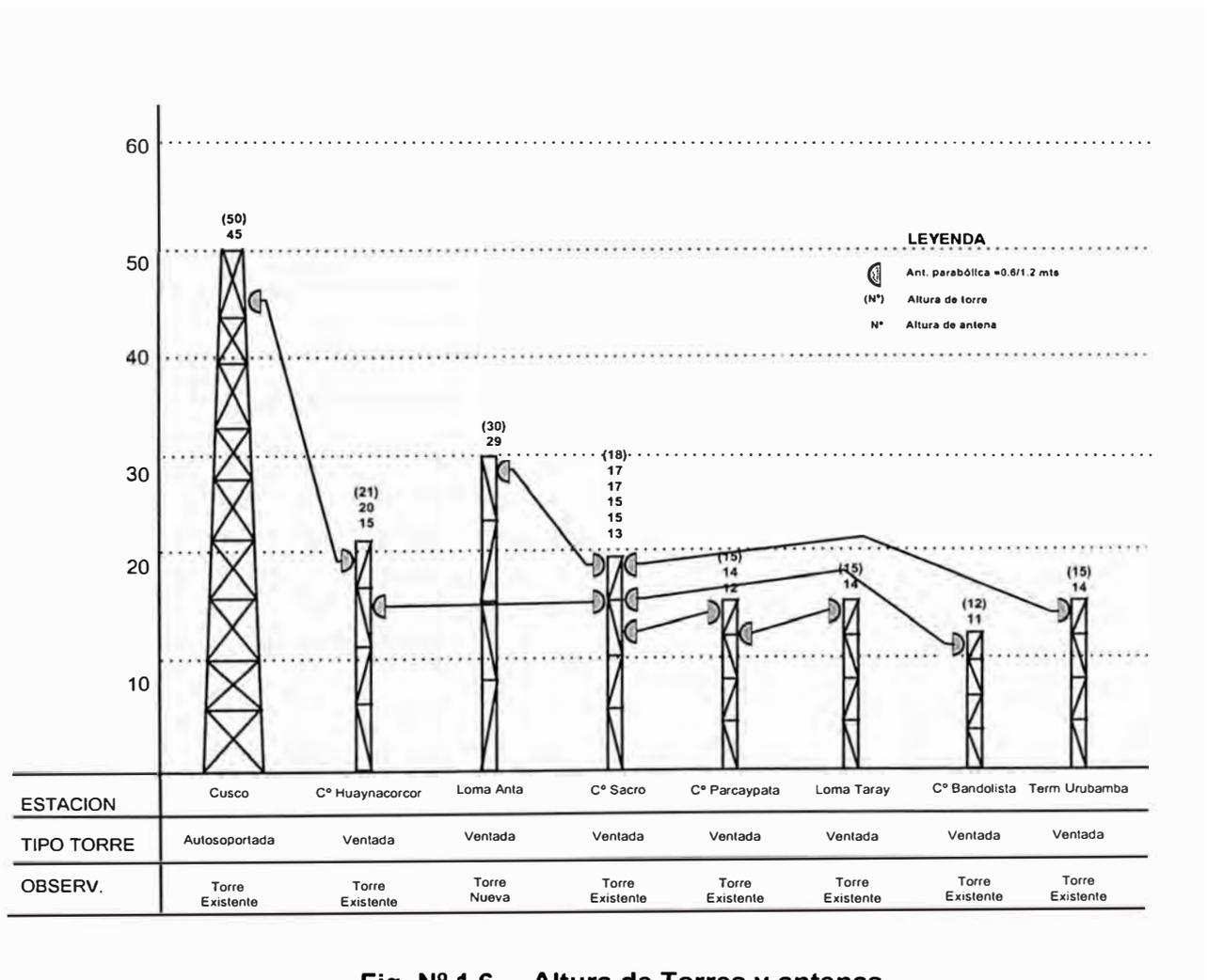


Fig. N° 1.6. Altura de Torres y antenas

c) Cálculo de Propagación

La evaluación del rendimiento (calidad y confiabilidad) se efectuó en función de las características del tramo, las recomendaciones del CCITT y CCIR y las características técnica del equipo que a continuación se indican (Tabla N° 1.6)

CARACTERISTICAS	34 MBPS	8 MBPS
Frecuencia central	2 GHZ	2 GHZ
Potencia del transmisor	0,5 W	0,5 W
Velocidad de transmisión	34 Mbps	8 Mbps
Sistema de Modulación	4 PSK	4 PSK
Factor de ruido	5 dB	5 dB
Ancho de banda (Symbol rate)	17 Mbps	5 Mbps
Nivel umbral para BER 10 ⁻³	83 dB	89 dB
Nivel Umbral para BER 10 ⁻⁶	79 dB	85 dB
Ganancia antena parab. 1.2 mts	23 dBi	23 dBi
Perdida en RF(TX-RX)	7 dBi	23 dBi
Perdida en alimentador coaxial 7/8"	0,07 dB/m	0,07 dBm/m

Tabla N° 1.6 Características técnicas de los equipos PDH

En la Tabla N° 1.7 se han tabulado los resultado de los cálculos realizados.

ESTACION A ESTACION B		Cusco C° Huaynac	C° Huaynac C° Sacro	C° Sacro T. Urubamb a	C° Sacro C° Bandoli	C° Sacro T. Anta	C° Sacro C° Parcayp.	C° Parcay L. Taray
Tipo de modulación		4 PSK	4 PSK	4 PSK	4 PSK	4 PSK	4 PSK	4 PSK
Frecuencia central de RF	GHz	2	2	2	2	2	2	2
Capacidad de transmisión	MBps	8	8	34	8	8	8	8
Factor de ruido	Mhz	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Potencia RF del transmisor	Db	27	27	27	27	27	27	27
Ancho de banda (Simbol rate)	Mhz	4	4	4	4	4	4	4
Longitud del tramo								
Característica del tramo	Km	6.6	16.8	6.0	21.2	12.85	15.2	17.0
Tipo de antena estación A/B		PARAB	PARAB	PARAB	PARAB	PARAB	PARAB	PARAB
Altura de antena estación A/B	Mts	45/20	15/15	17/14	15/11	17/29	13/14	12/14
Long. Aliment. Antena A/B	Mts	55/30	25/25	27/24	25/21	27/39	23/24	22/106
Atecuación del aliment.	DB	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Ganancia antena en A	dBi	23	23	23	23	23	23	23
Ganancia antena en B	dBi	23	23	23	23	23	23	23
Total ganancia	dBi	46	46	46	46	46	46	46
Pérdida espacio libre	dB	114.86	112.98	114.04	125.00	120.65	122.11	123.08
En alimentadores (A+B)	dB	5.95	3.50	3.57	3.22	4.62	3.29	8.96
En circuitos derivación RF	dB	7	7	7	7	7	7	7
Total pérdidas	dB	127.81	133.48	124.60	135.22	132.27	132.40	139.04
Atenuación del trayecto	dB	-81.81	-87.48	-78.60	-89.22	-86.65	-86.40	-93.04
Nivel de recep. esp.libre	dBm	-54.81	-60.48	-51.60	-62.22	-59.27	-59.40	-66.04
Nivel de ruido KTBf	dBm	-102.33	-102.33	-96.12	-102.33	-102.33	-102.33	-102.33
Probabilidad de desv. Rayleigh		6.62E-06	1.74E-04	4.74E-06	393E-04	6.18E-05	1.23E-04	1.81E-04
C/N para BER 10E-03	dB	14	14	14	14	14	14	14
Nivel umbral	dBm	88.33	88.33	82.12	88.33	88.33	88.33	88.33
Margen de desv. Disponib.	DB	33.52	27.85	30.52	26.11	29.06	28.93	22.29
Tiempo de interrup. Por dev.		2.94E-09	2.85E-07	4.20E-09	9.62E-09	8.57E-08	1.57E-07	1.07E-06
Tiempo de interrup. Según CCIR		6.05E-05	6.05E-05	6.05E-05	6.05E-05	6.05E-05	6.05E-05	6.06E-05
C/N para BER 10E-6	dB	18	18	18	18	18	18	18
Nivel umbral	dBm	84.33	84.33	84.33	78.12	84.33	84.33	84.33
Margen de dev. Disponible	dB	29.52	23.85	26.52	22.11	25.06	24.93	18.29
Tiempo de interrup. por dev.		7.39E-09	7.17E-07	1.06E-08	2.42E-06	2.12E-07	3.95E-07	2.68E-06
Tiempo de interrup. según CCIR		4.48E-04	4.48E-04	4.48E-04	4.48E-04	4.48E-04	4.48E-04	4.48E-04

Tabla N° 1.7 Tabulación de resultados

El encaminamiento telefónico de las llamadas de larga distancia (L.D.) se efectuó a través de la central local de Urubamba y el centro primario de Cusco. En la Fig. N° 1.7 se muestra el diagrama de equipamiento del plan de canalización.

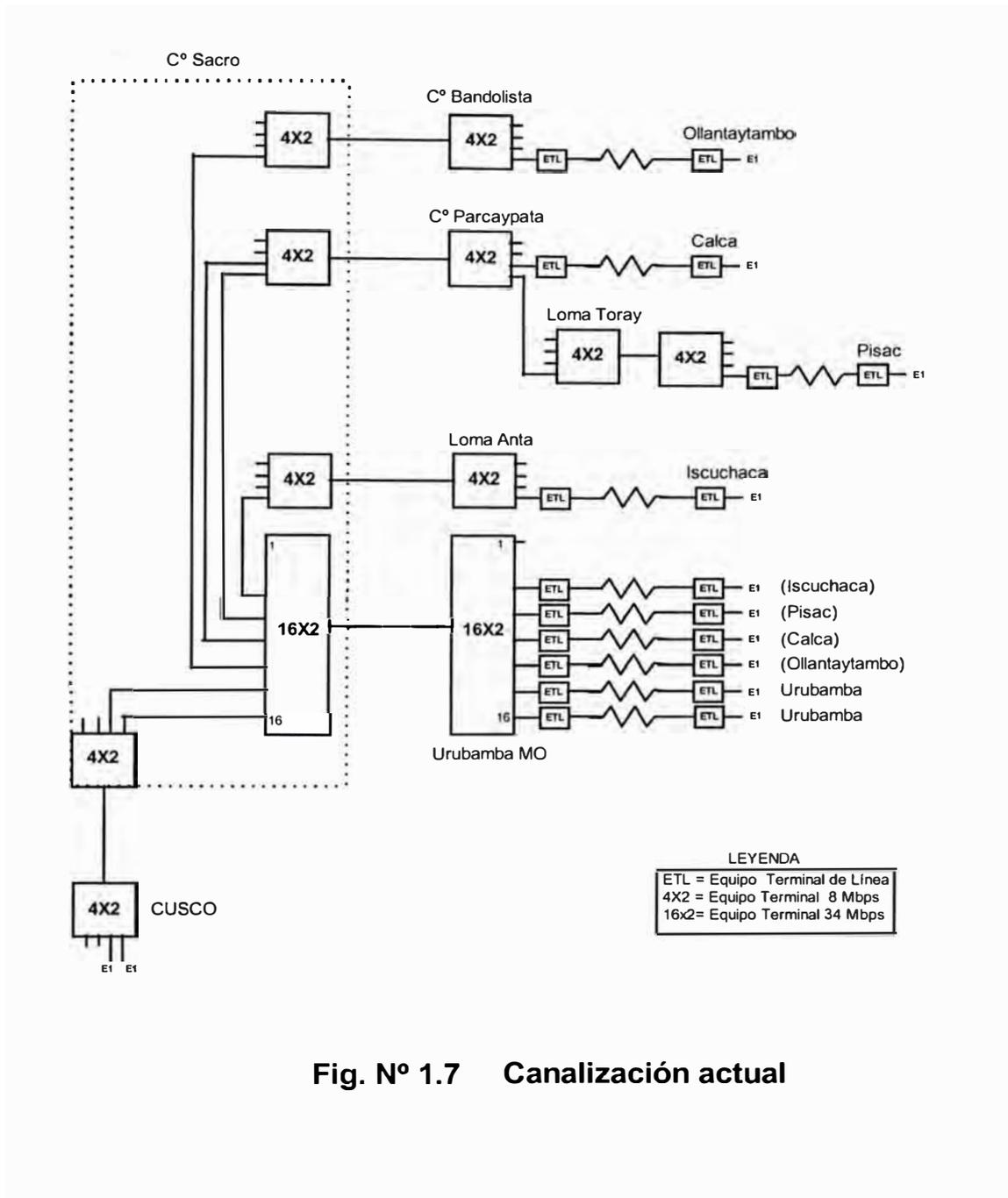


Fig. N° 1.7 Canalización actual

d) Sistema de transmisión

Los equipos fueron de bajo consumo de energía, de manera que se empleó subsistema fotovoltaico en las estaciones repetidoras. El sistema de transmisión constituía principalmente equipos de radio 8 y 34 Mbps que operaba en la banda de 2 Ghz, con multiplex digital (Muldex) 34/8/2 Mbps, mux PCM, terminales de líneas, cables de interconexión, repuestos y materiales de instalación.

Los enlaces de interconexión vía cable, entre las estaciones terminales y centrales telefónicas, se implementaron con equipos terminales de línea de 2 Mbps en la localidades de Calca, Pisac, Anta, Ollantaytambo y Urubamba. Las longitudes de los enlaces para los terminales de líneas fueron las siguientes

Terminal Urubamba - Urubamba	0,4 Km
Loma Anta - Iscuchaca	0.9 Km
Loma Taray - Pisac	2,4 Km
C° Bandolista - Ollantaytambo	2,3 km
C° Parcaypata - Calca	2.4 km

1.2 Sistema de telefonía y capacidades implementadas

A través de diferentes estudio y documentos realizados se ha señalado los grandes esfuerzos que Ex Entel realizó en la zona del Valle Sagrado, con la finalidad de dotar líneas telefónicas.

Sobre los sistemas de transmisión anteriormente descritos se implementó el servicio de telefonía local en cada una de las localidades lo cual eran prestado mediante centrales de tecnología antigua y obsoletas(manuales) en las localidades de Urubamba, Pisac, Calca, Ollantaytambo , Iscuchaca y Chinchero. Este servicio requería para su operación una operadora y como se pueden sospechar actualmente estas centrales telefónicas ya han superado ampliamente su vida útil y son de por si obsoletas, incurriéndose por lo tanto en excesivos gastos de operación y mantenimiento. En el Tabla

Nº 1.8 se muestra el estado del servicio de telefonía en las 5 localidades del Valle sagrado al año 1993.

LOCALIDADES	SISTEMA CONMUT.	ABONADOS A 1993
Urubamba	Manual	128
Pisac	Manual	64
Calca	Manual	96
Iscuchaca	Manual	128
Ollantaytambo	Manual	64
Total líneas		480

Tabla Nº 1.8 Situación líneas telefónicas, año 1993

1.3. Capacidad y limitación del actual sistema de Telecomunicación

Los sistemas existentes que soportan los servicios de telecomunicaciones que se brinda en la zona, están constituido principalmente por enlaces PDH y sistemas de líneas físicas que interconectan centros poblados cercanas a dichas localidades.

Sin embargo la cobertura de los servicios es limitado por las siguientes limitaciones

- **Sistema de transmisión**

Los equipos que conforman el sistema de transmisión son únicos en el país. No tienen capacidad de sistema de gestión centralizada, por lo que resulta muy difícil la capacidad de detección de fallas é interrupción del corte del servicio. La empresa suministradora de estos equipos ya no operan en nuestro país, por lo que el suministro de repuesto ha sido discontinuado existiendo a mediano plazo el peligro de escasez de

repuesto y por lo tanto la imposibilidad de disponer para el reemplazo inmediato en caso de fallas.

Actualmente este sistema de transmisión tiene limitada capacidad en el ancho de banda para atender las necesidades de expansión y/o implementación de otros servicios como datos, celular etc. Así mismo este sistema no ofrece la confiabilidad de continuidad del servicio.

El otro gran problema que adolece este sistema es la existencia de enlaces con tramos de cable multipar implementados con terminales de líneas con una capacidad máxima de un E1(30 canales). A esto se suma las continuas degradaciones en la calidad de la señal telefónica en esos lugares debido a las inducciones electromagnéticas, ruido, diafonía.

- **Telefonía**

Las últimas centrales telefónicas semiautomáticas, fueron implementadas en 1993. En lo que respecta a capacidad fueron muy pequeñas y no estaban implementadas para soportar incrementos de capacidad, a lo mucho la cantidad de líneas en promedio era de 200 a 300 líneas.

Al igual que en el caso de los equipos de transmisión, la línea de producción de estas centrales ya están descontinuadas por lo que el suministro de repuesto en la actualidad es nulo, no garantizando la continuidad del servicio a mediano y largo plazo. Estas centrales actualmente no tienen facilidades de gestión ni de servicios.

- **Datos asincrónicos y síncronos**

No existen nodos de datos en la zona. Actualmente es imposible dar este servicio por las limitantes mencionadas anteriormente.

- **Celular**

No existe servicio de telefonía celular en la zona, a pesar de tener un gran flujo turísticos por parte de extranjeros y nacionales.

CAPÍTULO II

PROYECCION DE LA DEMANDA (1999 - 2004) PARA EL SISTEMA DE TELEFONIA Y OTROS SERVICIOS

2.1. Indices poblacionales

Las localidades del Valle Sagrado de los Incas, hace muchos años fueron inicialmente considerados localidades rurales, olvidados por los gobiernos de turno. Es en 1911 cuando la Ciudadela Machupicchu fue descubierta para el mundo, y se empieza a mirar a toda esa zona desde otro punto de vista. El descubrimiento de la Ciudadela de Machupicchu trajo consigo un incremento paulatino y gradual del flujo turístico, que fue incrementándose paulatinamente a través de los años.

Los principales centros poblados (algunos capital de provincia) como Calca, Chinchero, Ollantaytambo, Urubamba, Iscuchaca y Pisac; empezaron a mostrar un crecimiento dinámico a través de los últimos 10 años. En este mismo periodo las tasas de crecimiento han tenido un comportamiento diferencial ya que entre los censos de 1940 a 1961 registraron una tasa de crecimiento del 2%, para el periodo 1961 - 1972 tuvieron un crecimiento considerable registrando el 2.8% como consecuencia de la formación de los principales pueblos jóvenes localizados alrededor de cada una de estas 6 localidades.

La distribución porcentual de la población a sido de 65% para el área urbana y de 35 % para el área rural. Una de las principales actividades de la zona es el desarrollo turístico, que a la fecha esta en auge debido presencia de importantes restos históricos, lo que trae consigo un gran flujo anual de visitantes.

En la Tabla 2.1 se muestra la población de cada una de estas localidades, desde el año 1961 hasta 1993 de acuerdo a los censos oficiales realizados por el INEI.

LOCALIDAD	PROVINCIA	1961	1972	1981	1993
Calca	Calca	4502	7100	7514	8132
Chincheros	Urubamba	1200	1755	1850	1991
Ollantaytambo	Urubamba	854	1255	1350	1625
Urubamba	Urubamba	3584	5150	5800	6680
Iscuchaca	Anta	3856	4210	4601	5191
Pisac	Calca	1563	1736	1845	1968

Tabla N° 2.1 Evolución de la población - Principales Centros poblados del Valle Sagrado (Fuente : INEI)

En la Tabla N° 2.2. se muestra el crecimiento estimado de la población desde el año 1994 hasta 2004.

LOCALIDAD	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	8352	8542	8927	9140	9297	9464	9644	9793	9940	10081	10342
Chinchero	2122	2345	2413	2468	2509	2553	2599	2639	2677	2714	2783
Ollantaytam	1785	1865	1999	2041	2074	2110	2149	2181	2212	2242	2300
Urubamba	6850	7154	7340	7514	7641	7778	7926	8049	8169	8284	8497
Iscuchaca	5242	5423	5745	5842	5985	6254	6321	6452	6752	6853	6957
Pisac	2115	2269	2396	2450	2490	2533	2580	2618	2657	2693	2762

Tabla N° 2.2 Crecimiento estimado - Centros poblados Valle Sagrado (Fuente : INEI)

2.2. Proyección de la demanda de líneas telefónicas

2.2.1. Evolución línea telefónicas : Periodo 1993 - 1998

Antes de 1993, el servicio de líneas telefónicas en las 6 localidades del Valle Sagrado consistía en CCT (Centros Comunitarios Telefónicos), a cargo de un concesionario de la Zona. Es en 1993, con la implementación del sistema de transmisión PDH (radio y cable), donde se empieza a comercializar el servicio de telefonía fija a la población. En Tabla N° 2.3 se muestra la evolución de las líneas telefónicas en cada una de las localidades, en el periodo 1993 -1998.

LOCALIDAD	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CALCA	53	96	171	307	550	585
CHINCHERO	20	25	28	32	85	115
OLLANTAYTAMBO	35	46	59	76	98	110
URUBAMBA	278	342	422	519	639	674
IZCUCHACA	59	87	129	190	280	297
PISAC	32	50	77	121	189	210
TOTAL LINEAS	477	646	886	1245	1841	1991

Tabla N° 2.3 Evolución de línea telefónica en cada localidad : Periodo 1993 - 1998 (Fuente : Anuarios Ex Entel y Telefónica del Perú)

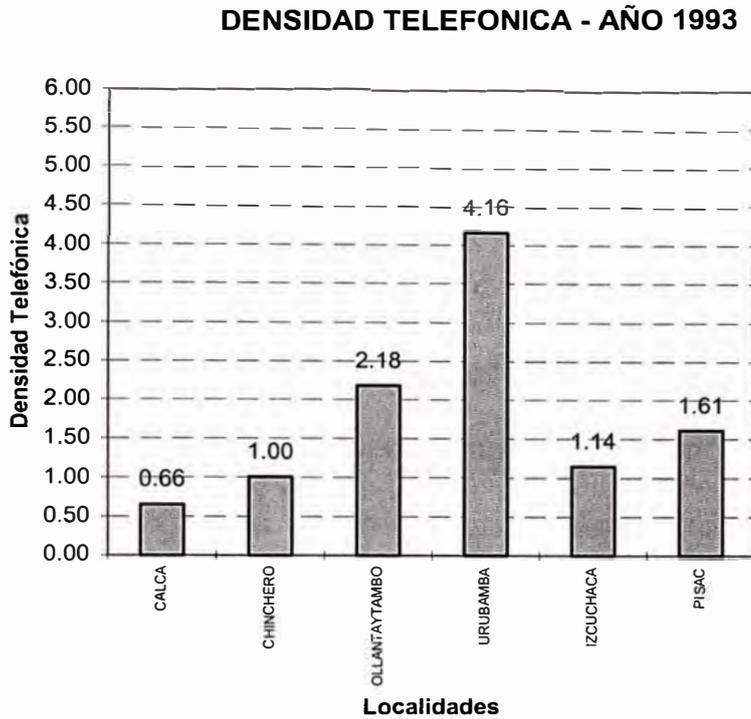


Fig . Nº 2.1 Densidad Telefónica - Año 1993 (Fuente : Anuarios Ex Entel)

2.2.2. Proyección de las líneas Telefónicas (1999 - 2004)

La demanda telefónica y su proyección esta sustentada en trabajos de campo que se han realizado en las localidades que contaban con el servicio telefónico. Esta fue realizada siguiendo parámetros y consideraciones diversas que se consignan en respectivos estudios de demanda efectuados. Entre los principales aspectos tomados en consideración para los estudios de demanda figuran

- Información socio - económico de la zona
- Crecimiento demográfico

- Historial del servicio telefónico

Los métodos empleados para determinar la proyección de la demanda telefónica en las localidades materia del estudio, fue básicamente el de tendencia, el cual se describe brevemente.

a. Método de Tendencia

Esta basado en la interpretación de los datos históricos del servicio telefónico, ajustados a una curva determinada, tanto para la demanda como la penetración telefónica. El método de Tendencia comprende dos partes :

a.1 Mediante la demanda telefónica

Consiste en pronosticar la demanda futura con la misma tendencia de crecimiento experimentado en años pasados, contándose para ello con datos históricos, efectuándose luego el ajuste a una ecuación por el método de los mínimos cuadrados, mediante el empleo de curvas exponenciales de mayor correlación.

a.2 Mediante la penetración telefónica

Para la penetración y proyección de la demanda mediante la penetración telefónica se considera :

$$P_t = \frac{\text{Demanda real}}{\text{Poblacion urbana}} \times 100$$

Pt = Penetración telefónica

Calculándose la Penetración Telefónica al año inicial, tomando como base el último año del censo población urbano (1993) y luego según el área

geográfico y el estrato poblacional correspondiente, se estima la penetración telefónica inicial.

Cálculo de la Demanda Telefónica al año inicial. Con la población urbana inicial (P_o) y obtenida la penetración telefónica (P_t), se procede a efectuar el cálculo de la demanda al año inicial, empleándose la ecuación :

$$D_o = \frac{P_o \times P_t}{100}$$

Cálculo proyectado de la Penetración Telefónica. Por cada año se obtuvo la penetración telefónica usando la ecuación lineal siguiente

$$P_n = P_t + m \log \frac{P_n'}{P_o}$$

Donde :

P_n = Penetración Telefónica para el año "n"

P_t = Penetración inicial (Constante)

m = Pendientes que se estima de acuerdo a la ciudad

P_n' = Variable correspondiente a la población urbana para el año "n"

P_o = Población inicial

Población de la demanda mediante la Penetración Telefónica

Conociendo la población urbana correspondiente (P_o) y obtenida la penetración telefónica (P_n) se procede a efectuar el cálculo de la demanda telefónica para cada año "n" de proyección empleando para tal efecto la ecuación :

$$D_n = \frac{P_n \times P_o}{100}$$

Donde :

D_n : Demanda telefónica al año "n"

De acuerdo a las fórmulas anteriormente detalladas, a continuación se detalla la proyección de la demanda telefónica en la Tabla N° 2.4 para el periodo 1999 - 2004.

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	617	665	710	755	770	796
Chincho	154	176	198	220	229	238
Ollantaytam.	121	132	154	176	183	190
Urubamba	708	768	820	872	955	1046
Iscuchaca	313	333	351	369	378	387
Pisac	232	245	257	270	274	278

Tabla N° 2.4 Proyección de la Demanda de líneas telefónicas

En la Tabla N° 2.5 y en la Fig N° 2.2 están los datos comparativos de los índices de densidad telefónica para los años 1993, 2000 y 2004.

LOCALIDAD	1993	2000	2004
CALCA	0,66	6,90	7,70
CHINCHERO	1,00	6,77	8,57
OLLANTAYTAMBO	2,18	6,14	8,24
URUBAMBA	4,16	9,69	12,30
ISCUCHACA	1,14	5,27	5,56
PISAC	1,61	9,50	10,07

Tabla N° 2.5 Densidad de Líneas Telefónicas

**EVOLUCION DENSIDAD TELEFÓNICA
(N° Líneas/N°habitantes)*100**

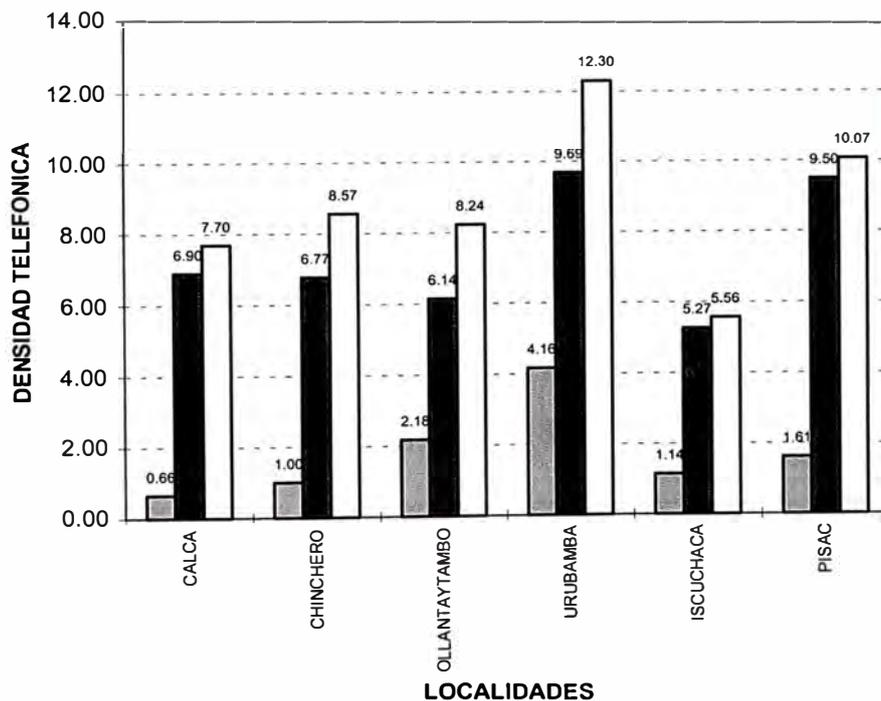


Fig . N° 2.2 Densidad Telefónica de cada una de las localidades (Año 1993, 2000, 2004 respectivamente)

2.3 Proyección para la introducción de nuevos servicios : Datos, Celular y RDSI.

2.3.1 Introducción

Actualmente se puede notar una gran demanda creciente de nuevos servicios de telecomunicaciones a nivel nacional, soportados sobre la red telefónicas ó paralela a ellas, que requieren la creación de redes particulares, lo mismo que el alquiler de circuitos dedicados dentro de la propia red telefónica. Las aplicaciones de datos en la zona del valle sagrado en el periodo 1980 -1995, fueron casi nulas. Los pocos usuarios que necesitaban transferir su información, utilizaban los medios analógicos existentes, convirtiendo los datos en tonos y enviándolos como señales de áudio mediante módem en las líneas telefónicas, siendo limitados por las deficiencias del medio y los retardos y consumo de tiempo de llamadas, siendo las velocidades muy reducidas 2.4 , 4.8 ó 9.6 Kbps.

2.3.2 Evolución de las redes de datos (1999 - 2004)

En esta última década las telecomunicaciones, la industria informática y la electrónica de consumo, han estado convergiendo tecnológicamente, acrecentado mas aún los requerimiento de la red y abriendo nuevas oportunidades de mercado. Otros fenómeno que se observa es la interrelación cada vez mas estrecha, entre las aplicaciones informática actuales y las telecomunicaciones, ambas se soportan mutuamente.

La red de datos a ser implementadas consiste en nodos de datos de tecnología Newbridge, la cual esta desplegada a nivel nacional, incluyendo

Lima Metropolitana. Esta implementación se llevará a cabo en las principales Unidades Remotas de la red de telefonía básica. Esta medida se efectuará con el fin de acortar el loop de abonado y permitir una mejor calidad de transmisión.

Por otro lado con la finalidad de mantener una red con una topología ordenada, se respetará siempre la topología de tres niveles : el nivel de Backbone, el Nivel de Concentración y el nivel de Acceso. En ese sentido el Nivel de Backbone sería Arequipa, el Nivel de Concentración Cusco y los niveles de acceso sería los nodos de datos a ser implementados en cada Unidad Remotas ó localidad del Valle Sagrado.

La implementación de estos nodos en cada localidad puede satisfacer la demanda de los requerimiento de datos hasta el año 2004. De requerirse mayores canales solo se crecería en puertas adicionales en cada nodo. Posteriormente en el capítulo 5 se detallará la implementación de cada uno de los nodos de datos así como la configuración de cada uno de ellos.

En el Tabla N° 2.6 se muestra la introducción de tres nodos de datos para el año 2000, con sus respectivas cantidad de puertas. Estos nodos se interconectarán con la red Digired existente en el Cusco, el cual permitirá la interconexión de los enlaces de datos con cualquier usuario a nivel nacional.

LOCALIDAD	Nodo de depend.	Nodos	Puertas
Calca	Cusco	1	16
Urubamba	Cusco	1	16
Pisac	Cusco	1	16

Tabla N° 2.6 Proyección Nodo de datos - Año 2000

2.3.3. Proyección Telefonía Móvil Celular(1999-2004)

La zona del Valle Sagrado, no puede estar al margen de las bondades que ofrece la comunicación vía el Sistema Celular. En ese sentido en la presente Tesis también se ha considerado proponer la implementación de Estaciones Base en cada localidad de la zona, para la comunicación diaria de algunos abonados de cada localidad, así como de los turistas que frecuenta diariamente la zona.

Los segmentos para la determinación y proyección de la demanda, ha sido dividido en tres segmentos : ciertos grupos de familias con ingresos medianos, empresas medianas ó pequeña (ejemplos Hoteles) y abonados pasantes que no radican en la zona sino que están algunas horas por Turismo.

En función a los estudio de demanda realizado por Telefónica del Perú, se ha determinado los datos de demanda, el cual se muestra en la Tabla N° 2.7

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	93	133	178	227	269	318
Chinchoero	23	35	50	66	80	95
Ollantaytam.	18	26	39	53	64	76
Urubamba	106	154	205	262	334	418
Iscuchaca	47	67	88	111	132	155
Pisac	35	49	64	81	96	111

**Tabla N° 2.7 Evolución Demanda Celular
(Fuente : Telefónica del Perú)**

2.3.4. Proyección RDSI (1999-2004)

La utilización de la RDSI, actualmente en sus dos modalidades también tiene una demanda del cual puede hacer uso. En primer lugar está la RDSI de banda angosta (2B+D), pudiendo ser utilizados por colegios para video y audioconferencia y/o empresas que deseen enlaces de 64 Kbps ó 128 Kbps. Este servicio estaría disponible localmente en cada localidad de acuerdo a la demanda inmediata, con solo añadir hardware en la central telefónica.

La RDSI de banda ancha también estaría disponible desde la central del Cusco. Mediante el medio de transmisión el enlace RDSI se llevaría del cualquier localidad del Valle Sagrado a través de los medios de transmisión hasta la central del Cusco. En la Tabla N° 2.8 se ha considerado una demanda estimada de RDSI accesos primarios, para calcular la capacidad de nuestros medios de transmisión.

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	1	2	2	3	3	4
Chinchero	1	1	1	1	2	2
Ollantaytam.	1	1	1	1	2	2
Urubamba	2	3	3	3	4	4
Iscuchaca	1	1	1	2	2	2
Pisac	1	2	2	2	3	3

Tabla N° 2.8 Demanda estimada Accesos Primarios (RDSI)

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMIENTO INTEGRAL DEL SISTEMA DE TRANSMISION PARA EL VALLE SAGRADO, MEDIANTE TECNOLOGIA PDH Y SDH

3.1. Descripción de los medios de transmisión a implementar

3.1.1. Introducción

Los medios de transmisión son el soporte sobre el cual van a viajar todas las señales digitales, pertenecientes a los diferentes servicios a ser implementados en cada localidad. La jerarquía de estos medios de transmisión es la Europea según sea la capacidad a utilizar :

JERARQUIA	TECNOLOG.	MEDIO DE TRANSM.
E1 (2 Mbps)	PDH	Radio ó F.O.
E3(16 E1s) =34 Mbps	PDH	Radio ó F.O.
STM-1 (63 E1s)=155 Mbps	SDH	Radio ó F.O.

Según la tecnología disponible y de acuerdo a los requerimiento de tráfico, se optará por la implementación de los respectivos medios de transmisión. Estos equipamiento deberá estar proyectado para soportar ancho de banda por un periodo mínimo de 5 a 7 años de vida útil. El tipo de tecnología de acuerdo a los últimos avances tecnológicos es la digital, el

cual asegurará la confiabilidad de la información así como los estándares de calidad requerida.

3.1.2. Requerimiento E1s para el dimensionamiento

- **Cálculo Tráfico telefónico**

De acuerdo al método de demanda explicado en el capítulo 2, se proyectó la demanda de líneas telefónicas 1999-2004, de acuerdo a la Tabla N° 2.4. En función a la cantidad de líneas requeridas y considerando un tráfico promedio por abonado de 60 mErlan, se tiene en la Tabla N° 3.1 el tráfico total por abonado expresado en Erlan.

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	37.02	39.9	42.6	45.3	46.2	47.76
Chinchero	9.24	10.56	11.88	13.2	13.74	14.28
Ollantaytambo	7.26	7.92	9.24	10.56	10.98	11.4
Urubamba	42.48	46.08	49.2	52.32	57.3	62.76
Iscuchaca	18.78	19.98	21.06	22.14	22.68	23.22
Pisac	13.92	14.7	15.42	16.2	16.44	16.68

Tabla N° 3.1 Tráfico telefónico total por localidad (Erlan)

Teniendo el tráfico total por cada localidad y en función a la tabla de Erlan se puede obtener la cantidad de canales requeridos (Tabla N° 3.2)

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	50	53	56	59	60	61
Chinchero	17	19	20	22	23	23
Ollantaytambo	14	15	17	19	19	20
Urubamba	55	60	64	66	72	78
Iscuchaca	29	31	31	33	33	34
Pisac	22	23	24	26	26	26

Tabla N° 3.2 Cantidad de Canales (64 Kbps) por localidad

De acuerdo a las jerarquías de transmisión, el mínimo ancho de banda requeridos para los sistemas de transmisión es 30 canales (01 E1). Esto de acuerdo al tipo de interfaz estándar que es el G703. En la Tabla N° 3.3 se detalla la cantidad de E1s para telefonía modularizados a múltiplos de 30 canales.

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	2	2	3	3	3	3
Chinchoero	1	1	1	1	1	1
Ollantaytambo	1	1	1	1	1	1
Urubamba	2	3	3	3	3	3
Iscuchaca	2	2	2	2	2	2
Pisac	1	1	1	2	2	2

Tabla N° 3.3 Cantidad de E1s para telefonía

- **E1s para los servicios de datos, celular y RDSI**

En las sgtes Tablas se muestran los requerimiento de E1s en cada uno de las 6 localidades para los servicios de datos, celular y RDSI respectivamente.

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	1	1	1	1	1	1
Chinchoero	0	0	1	1	1	1
Ollantaytambo	0	0	1	1	1	1
Urubamba	1	1	1	1	1	1
Iscuchaca	0	0	1	1	1	1
Pisac	1	1	1	1	1	1

Tabla N° 3.4 Cantidad de E1s para Nodos de datos

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	1	1	1	1	1	1
Chinchoero	1	1	1	1	1	1
Ollantaytambo	1	1	1	1	1	1
Urubamba	1	1	1	1	1	1
Iscuchaca	1	1	1	1	1	1
Pisac	1	1	1	1	1	1

Tabla N° 3.5 Cantidad de E1s para Celular

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	1	2	2	3	3	4
Chinchoero	1	1	1	1	2	2
Ollantaytambo	1	1	1	1	2	2
Urubamba	2	3	3	3	4	4
Iscuchaca	1	1	1	2	2	2
Pisac	1	2	2	2	3	3

Tabla N° 3.6 Cantidad de E1s estimados para RDSI (PRI)

En la Tabla N° 3.7 se muestran el resumen de E1s requeridos para todos los servicios por años, los cual servirá para el dimensionamiento de los medios de transmisión.

LOCAL/SERV.	AÑOS					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1. Calca						
Telefonía	2	2	3	3	3	3
Celular	1	1	1	1	1	1
Datos	1	1	1	1	1	1
RDSI	1	2	2	3	3	4
Sub total E1s	5	6	7	8	8	9
2. Chinchero						
Telefonía	1	1	1	1	1	1
Celular	1	1	1	1	1	1
Datos	0	0	1	1	1	1
RDSI	1	1	1	1	2	2
Sub total E1s	3	3	4	4	5	5
3. Ollantaytambo						
Telefonía	1	1	1	1	1	1
Celular	1	1	1	1	1	1
Datos	0	0	1	1	1	1
RDSI	1	1	1	1	2	2
Sub total E1s	3	3	4	4	5	5
4. Urubamba						
Telefonía	2	3	3	3	3	3
Celular	1	1	1	1	1	1
Datos	1	1	1	1	1	1
RDSI	2	3	3	3	4	4
Sub total E1s	6	8	8	8	9	9
5. Iscuchaca						
Telefonía	2	2	2	2	2	2
Celular	1	1	1	1	1	1
Datos	0	0	1	1	1	1
RDSI	1	1	1	2	2	2
Sub total E1s	4	4	5	6	6	6
6. Pisac						
Telefonía	1	1	1	2	2	2
Celular	1	1	1	1	1	1
Datos	1	1	1	1	1	1
RDSI	1	2	2	2	3	3
Sub total E1s	4	5	5	6	7	7
TOTAL DE E1s	25	29	33	36	40	41

TABLA N° 3.7 Cuadro Resumen de requerimiento de E1s

3.1.3. Diseño é implementación de los medios de transmisión

De acuerdo a la evaluación de visibilidad directa efectuada a las 6 localidades del Valle Sagrado, se ha determinado que dos de ellos no tiene línea de vista con las actuales estaciones de radio. En ese sentido el medio de transmisión alternativo y teniendo en cuenta la corta distancia, se considerará enlaces por fibra óptica. El sistema de transmisión propuesto sería el mostrado en la Tabla N° 3.8

N°	TRAMOS	MEDIO DE TX	TECNOL.	CAPAC.
1	Cusco - C° Huaynacorcor	Radioenlace	Digital SDH	STM-1
2	C° Huaynacorcor - C° Sacro	Radioenlace	Digital SDH	STM-1
3	C° Sacro - C° Parcaypata	Radioenlace	Digital SDH	STM-1
4	C° Sacro - Urubamba MO	Radioenlace	Digital PDH	16x2
5	Urubamba MO - Urubamba SW	Radioenlace	Digital PDH	16x2
6	C° Sacro - Iscuchaca	Radioenlace	Digital PDH	16X2
7	C° Sacro - C° Bandolista	Radioenlace	Digital PDH	16X2
8	C° Bandolista - Ollantaytambo	Fibra óptica	Digital PDH	16X2
9	C° Parcaypata - Loma Taray	Radioenlace	Digital PDH	16x2
10	Loma Taray - Pisac	Fibra óptica	Digital PDH	16x2
11	C° Parcaypara - Calca	Radioenlace	Digital PDH	16x2

TABLA N° 3.8 Sistemas de transmisión propuesto

3.1.4. Red propuesta : Esquema de enrutamiento, planos topográficos de los enlaces y esquemas de interconexión

De acuerdo al requerimiento de E1s el tipo de red de transmisión adecuada que permita soportar todos los servicios a mediano y largo plazo, es el de una red SDH, en su tramo troncal (Cusco - C° Huaynacorcor - C° Sacro - C° Parcaypata) y el resto PDH mediante radioenlace y fibra óptica.

En la Fig. N° 3.1. se muestra el esquema de enrutamiento en el que los tramos "Cusco - C° Huaynacorcor - C° Sacro - C° Parcaypata" son SDH con una capacidad de 155 Mbps(63 E1s, como máximo). Además se está considerado un radiocanal de respaldo en configuración (0+1), para efectos de protección en caso de fallas del radiocanal principal.

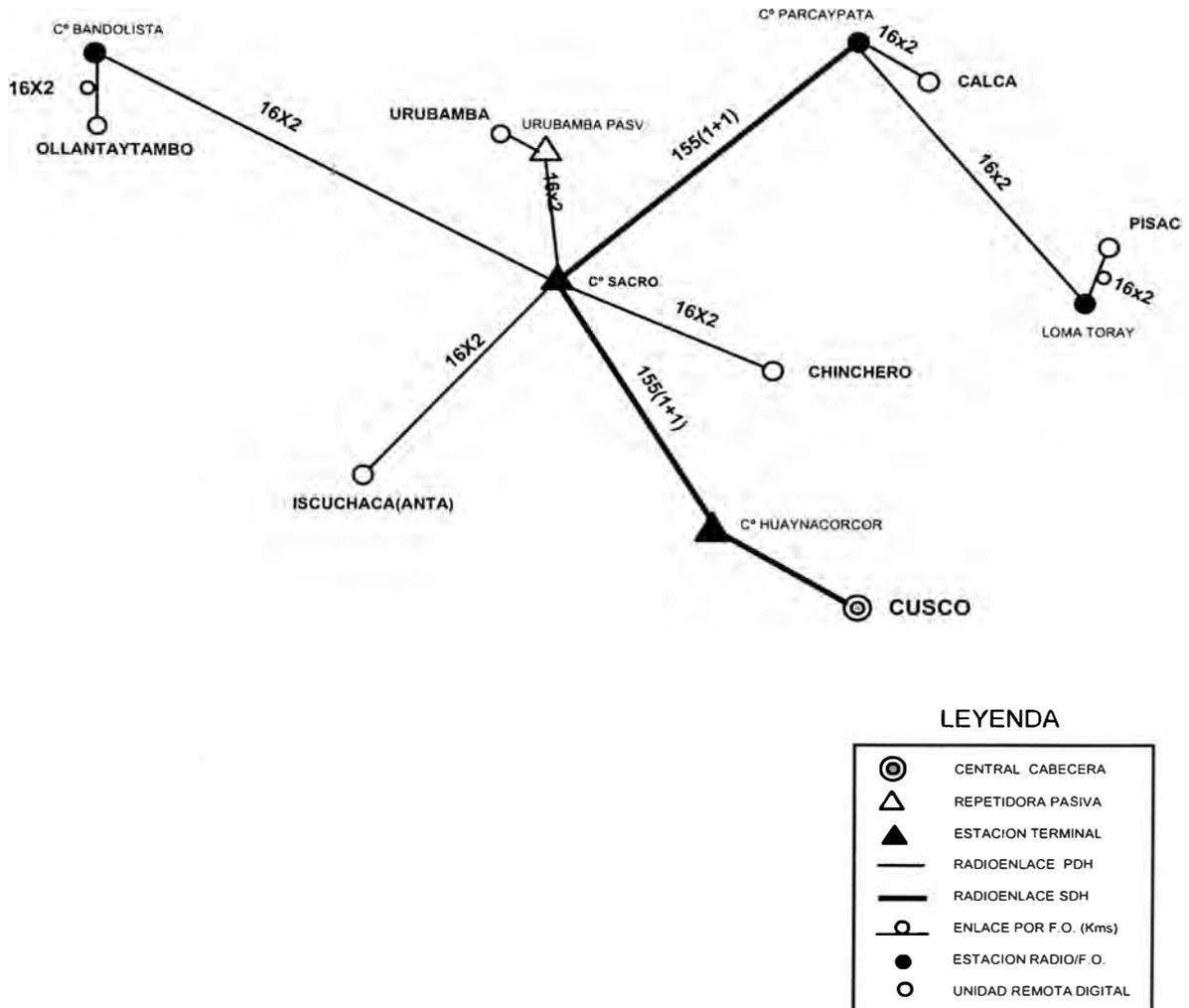
El acceso a las localidades de Urubamba, Iscuchaca, Calca y Chinchero, por sus capacidades y por los costos es conveniente por el momento radioenlaces PDH de mediana capacidad. Para el caso de Ollantaytambo y Pisac por no tener visibilidad directa con las estaciones de radio, y dada la corta distancia se está proponiendo que sean con enlace por fibra óptica.

Se está anexando esquemas topográficos de interconexión (Fig N° 3.2 - 3.6), perteneciente a todos los enlaces de radio, con sus respectivas coordenadas. Los Esquemas topográficos son los sgtes :

- (1) Cusco - C° Huaynacorcor → SDH
- (2) C° Huaynacorcor - C° Sacro → SDH
- (3) C° Sacro - C° Parcaypata → SDH

- (4) C° Sacro - Chinchero → PDH
- (5) C° Sacro - Iscuchaca → PDH
- (6) C° Sacro - Urubamba Microonda → PDH
- (7) Urubamba Micronda - Urubamba Conmutación → PDH
- (8) C° Parcaypata - Calca → PDH
- (9) C° Parcaypata - Loma Totay → PDH
- (10) C° Sacro - C° Bandolista → PDH

En la Fig. N° 3.7 se muestra el esquema de interconexión de todos los enlaces.



**Fig. N° 3.1. Esquema de enrutamiento general :
Enlaces PDH y SDH**

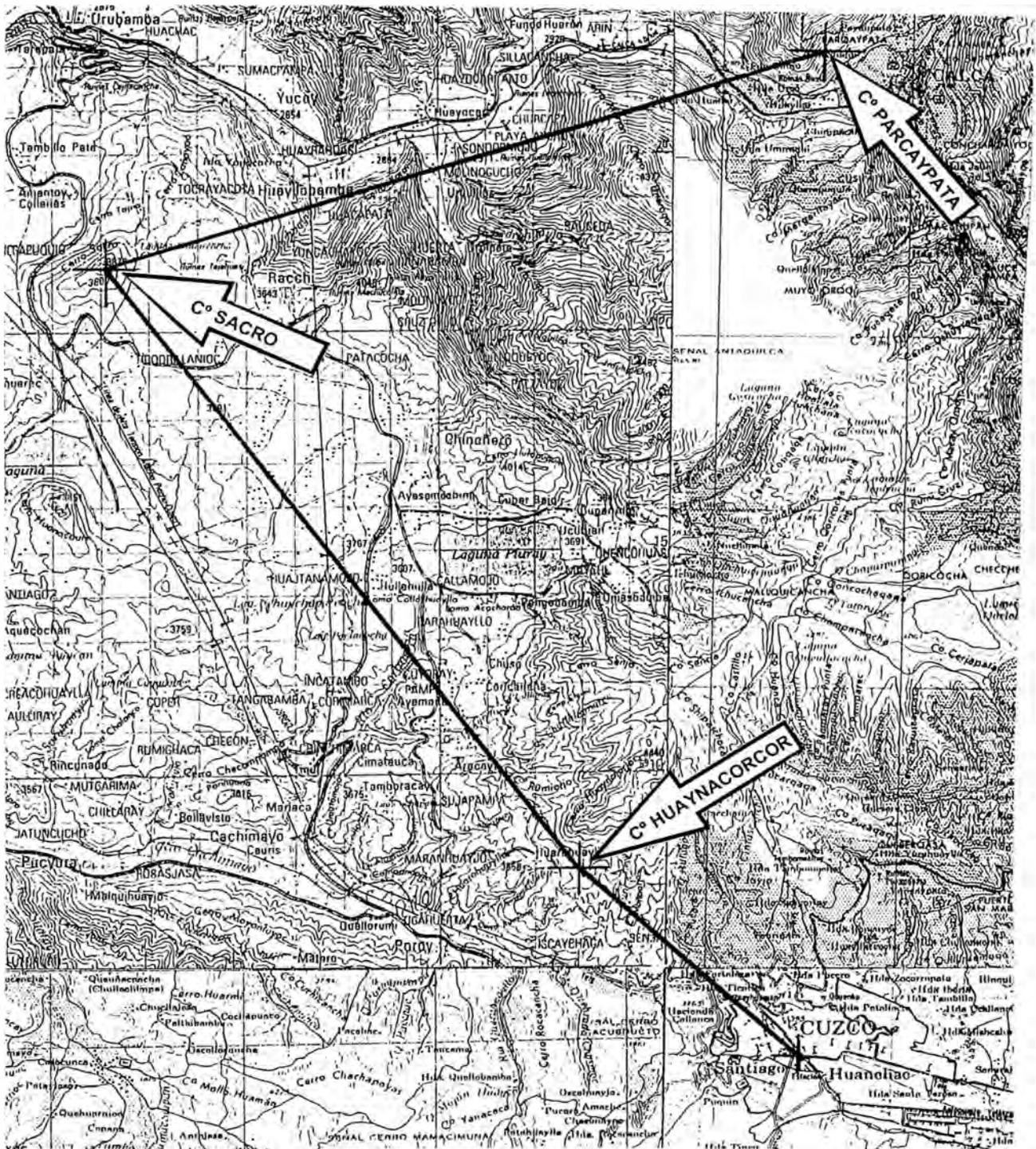


Fig. N° 3.2 Esquema de Interconexión radioenlaces SDH
 (1) Cusco - C° Huaynacorcór
 (2) C° Huaynacorcór - C° Sacro
 (3) C° Sacro - C° Parcaypata

REF	CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
NOMBRE DE LAS CARTAS	CUSCO, URUBAMBA, CALCA
CODIGO	28-S.27-R.27-S
ESCALA	1/100.000

	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA
CUSCO	13°18'40"	72°58'28"	3710 msnm
C° HUAYNACORCOR	13°19'03"	72°57'21"	2945 msnm
C° SACRO	13°25'30"	72°51'44"	3100 msnm
C° PARCAYPATA	13°18'40"	72°58'28"	3604 msnm

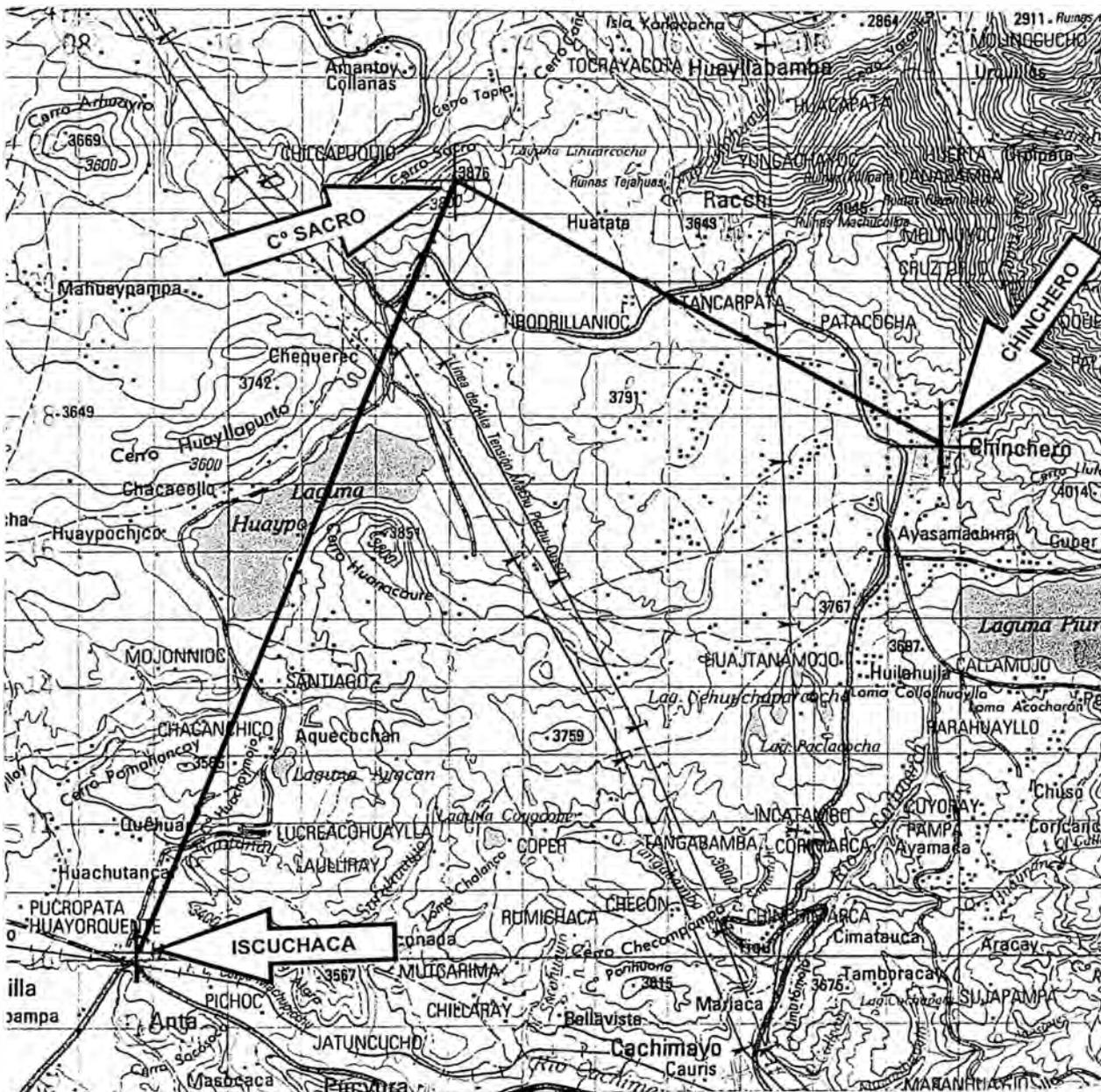


Fig. N° 3.3 Esquema de Interconexión radioenlaces PDH
 (4) C° Sacro - Chinchero
 (5) C° Sacro - Iscuchaca

REF	: CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
NOMBRE DE LA CARTA	: URUBAMBA
CODIGO	: 27-R
ESCALA	: 1/100,000

	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA
C° SACRO	13°21'15"	72°06'40"	3875 msnm
ISCUCHACA	13°27'52"	72°08'53"	3400 msnm
CHINCHERO	13°23'43"	72°02'45"	3750 msnm

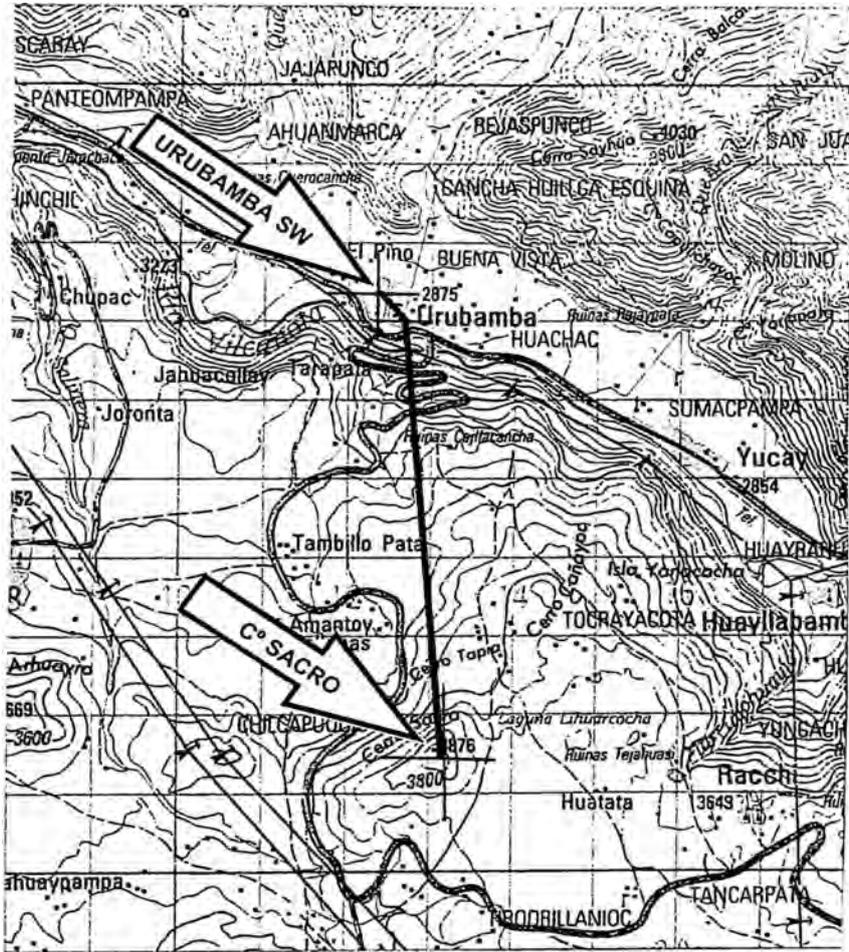


Fig. N° 3.4 Esquema de Interconexión radioenlaces PDH
(6) C° Sacro - Urubamba Microonda
(7) Urubamba Microonda - Urubamba Conmutación

REF	: CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
NOMBRE DE LA CARTA	: URUBAMBA
CODIGO	: 27-R
ESCALA	: 1/100,000

	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA
C° SACRO	13°21'15"	72°06'40"	3875 msnm
URUBAMBA PAS.	13°17'52"	72°06'48"	2875 msnm
URUBAMBA TERM.	13°18'15"	72°06'38"	2875 msnm

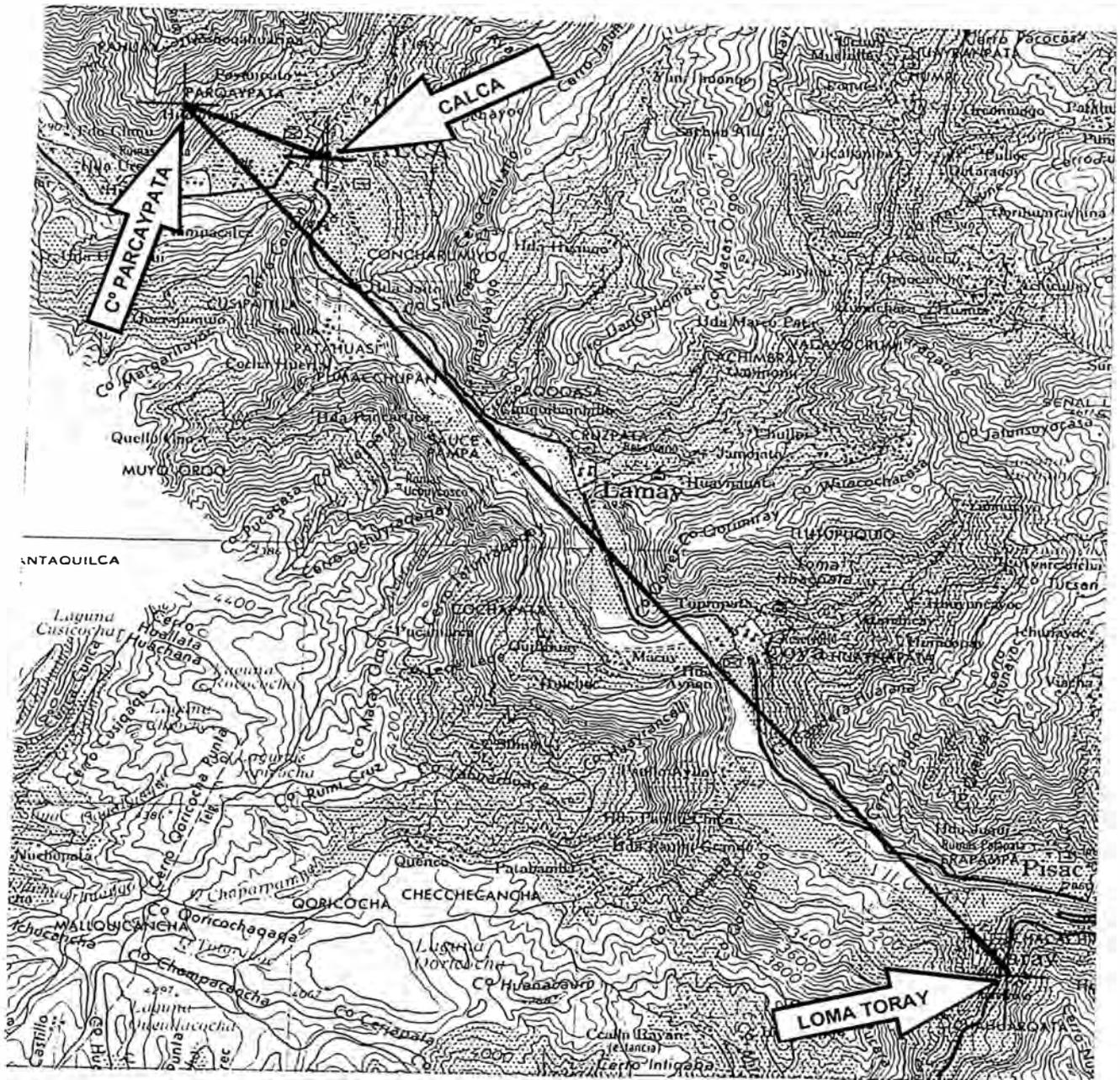
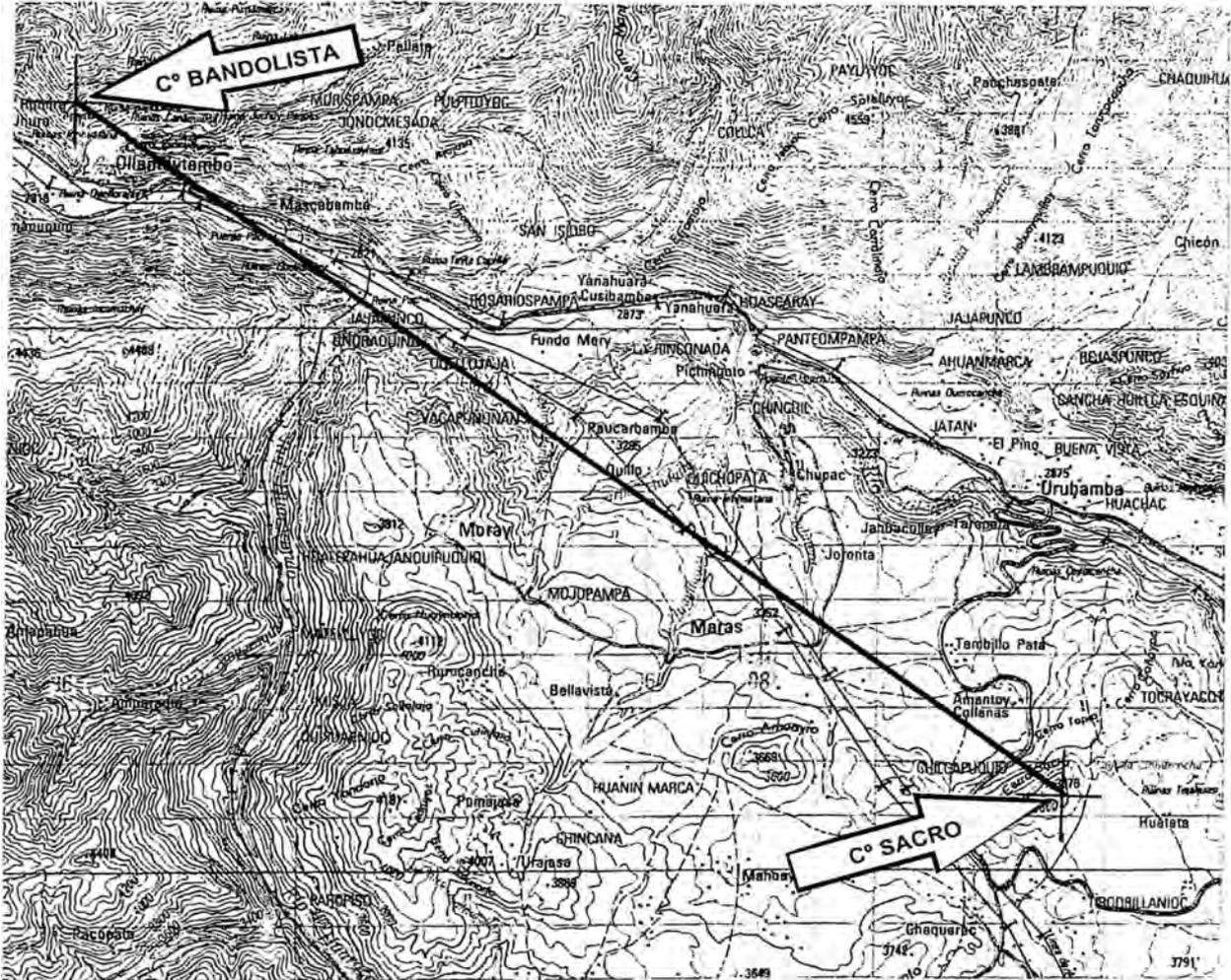


Fig. N° 3.5 Esquema de Interconexión radioenlaces PDH
(8) C° Parcaypata - Calca
(9) C° Parcaypata - Loma Toray

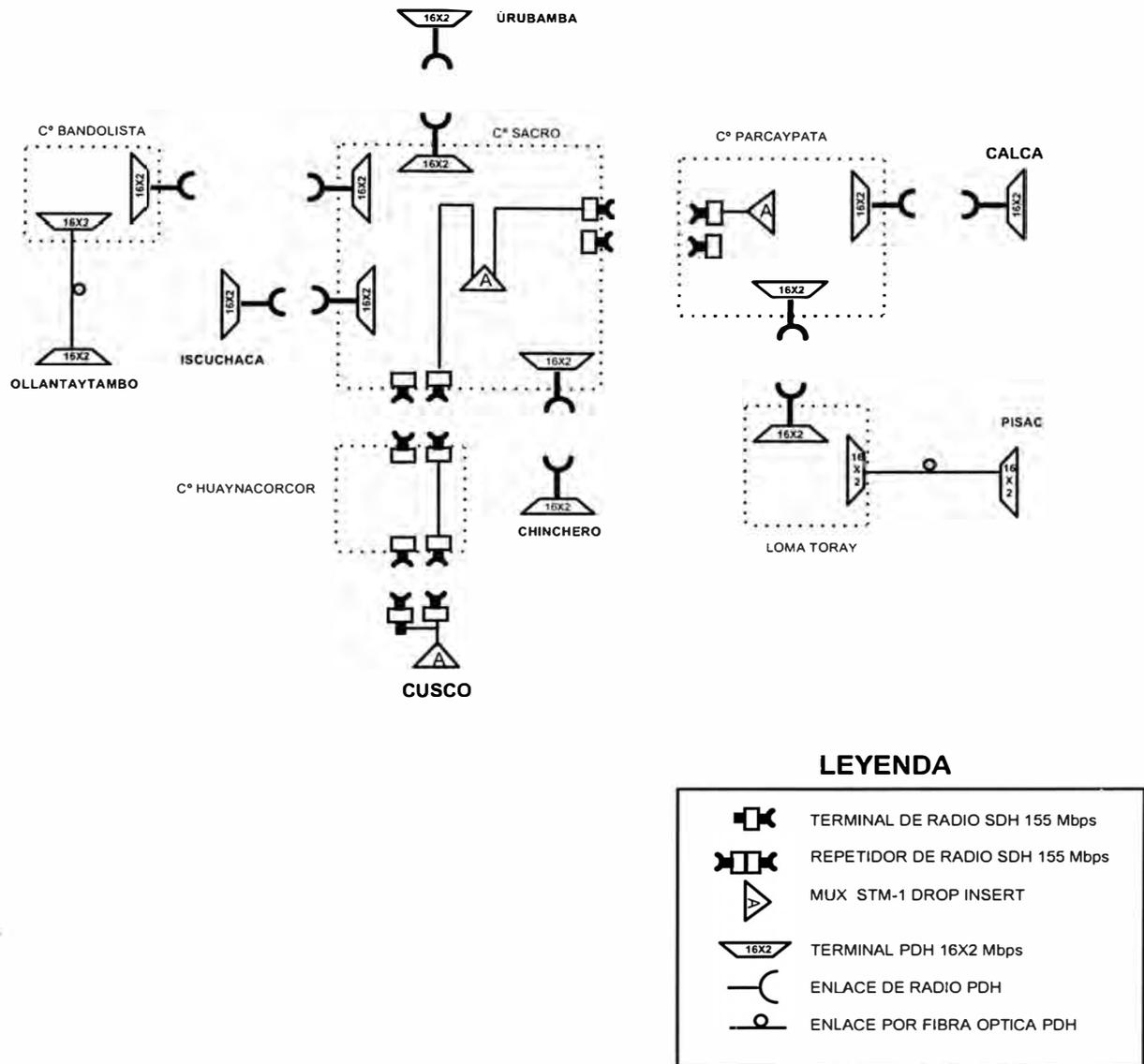
REF	: CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR			
		LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA	
NOMBRE DE LA CARTA	: CALCA	C° PARCAYPATA	13°18'40"	72°58'28"	3710 msnm
CODIGO	: 27-S	CALCA	13°19'03"	72°57'21"	2945 msnm
ESCALA	: 1/100,000	LOMA TORAY	13°25'30"	72°51'44"	3100 msnm



**Fig. N° 3.6 Esquema de Interconexión radioenlaces PDH
(10) C° Sacro - C° Bandolista**

REF	: CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
NOMBRE DE LA CARTA	: URUBAMBA
CODIGO	: 27-R
ESCALA	: 1/100.000

	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA
C° SACRO	13°21'15"	71°06'40"	3875 msnm
C° BANDOLISTA	13°14'40"	72°16'00"	3375 msnm



**Fig. N° 3.7 Esquema de Interconexión General :
Enlaces PDH y SDH**

3.2. Diseño, implementación y costos de sistemas radiales PDH

3.2.1. Teoría y fórmulas sustentatorias - Radioenlaces (Ver Anexo A)

En el Anexo A, se detalla algunas fórmulas empleadas en los cálculos de radiopropagación de los enlaces PDH y SDH.

3.2.2. Resultados de los niveles de propagación - Radioenlaces PDH

De acuerdo a las fórmulas derivadas de los estudios de propagación del Anexo A, a continuación se detalla los resultados tabulados desde la Tabla N° 3.10 - 3.15, en el que se muestra los niveles de propagación de todos los radioenlaces PDH para las estaciones de Urubamba, Iscuchaca, Chinchero, C° Bandolista, Calca y Loma Toray.

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION DE ENLACES PDH			
TRAMO	TECNOL.	CAPACIDAD	OBSERVAC.
C° Sacro - Urubamba	PDH	34 Mbps	Tabla N° 3.10
C° Sacro - Iscuchaca	PDH	34 Mbps	Tabla N° 3.11
C° Sacro - Chinchero	PDH	34 Mbps	Tabla N° 3.12
C° Sacro - C° Bandolista	PDH	34 Mbps	Tabla N° 3.13
C° Parcaypata - Calca	PDH	34 Mbps	Tabla N° 3.14
C° Parcaypata - Loma Toray	PDH	34 Mbps	Tabla N° 3.15

Tabla N° 3.9 Resumen de las Tablas - Niveles de Radiopropagación

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION - PDH			
1	Estación A		C° Sacro
	Repetidor pasivo		Urubamba
2	Estación B		Urubamba
3	Tipo de Modulación		16 PSK
4	Frecuencia Central RF	Ghz	7,275
5	Capacidad de Transmisión	Mb	34,000
6	Factor de Ruido	dB	4,000
7	Potencia RF de transmisión	dBm	28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz	7,000
9	Longitud del tramo	Km	6,390
	Longitud del tramo corto (Rep. Pasivo)		0,769
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M	20,000
11	Región (costa-sierra - selva)		SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)		2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B		PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt	13,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt	23,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt	23,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt	33,000
	Long. del Alimentador del Rep. Pasivo	mt	5,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB	0,048
19	Ganancia Estación A0=2.4 m	dB	43,000
20	Ganancia Estación B0=2.4 m	dB	43,000
	Ganancia del Rep. Pasivo 0=2,4 m	dB	86,000
21	TOTAL : GANANCIA	dB	172,000
22	Perdida por espacio libre	dB	125,747
	Perdida por Espac. Libre (Tramo Corto)	dB	107,355
23	Pérdida en alimentadores (A+B+C)	dB	2,928
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB	2,900
25	Atenuación	dB	0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB	238,930
27	Atenuación del travecto	dB	66,930
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm	-38,930
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm	-103,409
30	Probabilidad Devan. Tipo RAYLEICH		3.30E-04
31	C/N para BER 10E-03	dB	14,409
32	Nivel Umbral	dBm	-89,000
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB	50,070
34	Tiempo de interrupción por desvan.	%	3.58E-09
35	Tiempo total de interrup. por desv.	%	3.58E-09
36	Tiempo de interrup. Según R-UIT	%	6.05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB	18,409
38	Nivel Umbral	dBm	-85,000
39	Margen de Desv. Disponible	dB	46,070
40	Tiempo de Interrup. Por desv.	%	8.99E-09
41	Tiempo total de interrup. por dev.	%	8.99E-09
42	Tiempo de Interrup. Según CCIR	%	4.48E-04

Tabla N° 3.10 Enlace C° Sacro - Urubamba

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION			
1	Estación A		C° Sacro
2	Estación B		Iscuchaca
3	Tipo de Modulación		
4	Frecuencia Central RF	Ghz	7,275
5	Capacidad de Transmisión	Mb	34,000
6	Factor de Ruido	dB	4,500
7	Potencia RF de transmisión	dBm	28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz	7,000
9	Longitud del tramo	Km	12,860
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M	20.000
11	Región (costa-sierra - selva)		SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)		2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B		PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt	13,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt	23,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt	34,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt	33,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB	0,048
19	Ganancia Estación A0=0.6 m	dB	30,400
20	Ganancia Estación B0=0.6 m	dB	30,400
21	TOTAL : GANANCIA	Db	60,800
22	Perdida por espacio libre	dB	131,821
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB	3,216
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB	2,900
25	Atenuación	dB	0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB	137,937
27	Atenuación del trayecto	dB	-77,137
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm	-49,137
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm	-103.409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH		3,28E-03
31	C/N para BER 10E-03	dB	14.409
32	Nivel Umbral	dBm	-89,000
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB	39,863
34	Tiempo de interrupción por desvan.	%	3,66E-07
35	Tiempo total de interrup. por desv.	%	3,66E-07
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	%	6.05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB	18.409
38	Nivel Umbral	dBm	-85,000
39	Margen de Desv. Disponible	dB	35,863
40	Tiempo de Interrup. por desv.	%	9,19E-07
41	Tiempo total de interrup. por dev.	%	9,19E-07
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	%	4.48E-04

TABLA N° 3.11 C° Sacro - Iscuchaca

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION			
1	Estación A		C° Sacro
2	Estación B		Chinchoero
3	Tipo de Modulación		
4	Frecuencia Central RF	Ghz	7,275
5	Capacidad de Transmisión	Mb	34,000
6	Factor de Ruido	dB	4,500
7	Potencia RF de transmisión	dBm	28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz	7,000
9	Longitud del tramo	Km	8,156
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M	20.000
11	Región (costa-sierra - selva)		SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)		2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B		PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt	18,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt	11,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt	25,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt	15,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB	0,048
19	Ganancia Estación A0=0.6 m	dB	30,400
20	Ganancia Estación B0=0.6 m	dB	30,400
21	TOTAL : GANANCIA	dB	60,800
22	Perdida por espacio libre	dB	127,866
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB	1,920
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB	2,900
25	Atenuación	dB	0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB	132,686
27	Atenuación del trayecto	dB	-71,886
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm	-43,886
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm	-103,090
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH		3.30E-04
31	C/N para BER 10E-03	dB	14,409
32	Nivel Umbral	dBm	-89,000
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB	45,114
34	Tiempo de interrupción por desvan.	%	3,58E-09
35	Tiempo total de interrup. por desv.	%	3,58E-09
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	%	6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB	18,409
38	Nivel Umbral	dBm	-85,000
39	Margen de Desv. Disponible	dB	41,114
40	Tiempo de Interrup. por desv.	%	2,74E-07
41	Tiempo total de interrup. por dev.	%	2,74E-07
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	%	4,48E-04

TABLA N° 3.12 C° Sacro - Chinchoero

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION		
1	Estación A	C° Sacro
2	Estación B	C° Bandolis.
3	Tipo de Modulación	16 PSK
4	Frecuencia Central RF	Ghz 7,275
5	Capacidad de Transmisión	Mb 34,000
6	Factor de Ruido	dB 4.500
7	Potencia RF de transmisión	dBm 28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz 7,000
9	Longitud del tramo	Km 21,16
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M 20,000
11	Región (costa-sierra - selva)	SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)	2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B	PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt 19,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt 14,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt 15,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt 16,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB 0,048
19	Ganancia Estación A0=1.2 m	dB 37,400
20	Ganancia Estación B0=1.2 m	dB 37,400
21	TOTAL : GANANCIA	dB 74,800
22	Perdida por espacio libre	dB 136,147
	Perdida por Espacio Libre (Tramo Corto)	dB 0.000
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB 1,488
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB 2,900
25	Atenuación	dB 0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB 140,535
27	Atenuación del trayecto	dB -65,735
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm -37,735
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm -103,409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH	1,37E-02
31	C/N para BER 10E-03	dB 14,409
32	Nivel Umbral	dBm -89,000
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB 51,265
34	Tiempo de interrupción por desvan.	% 1,54E-06
35	Tiempo total de interrup. por desv.	% 1,54E-06
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	% 6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB 18,409
38	Nivel Umbral	4 -85,000
39	Margen de Desv. Disponible	dB 47,265
40	Tiempo de Interrup. por desv.	% 3,88E-06
41	Tiempo total de interrup. por dev.	% 3,88E-06
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	% 4,48E-04

TABLA N° 3.13 C° Sacro - Bandolista

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION		
1	Estación A	C° Parcayp.
2	Estación B	Calca
3	Tipo de Modulación	16 PSK
4	Frecuencia Central RF	Ghz 7,275
5	Capacidad de Transmisión	Mb 34.000
6	Factor de Ruido	dB 4.500
7	Potencia RF de transmisión	dBm 28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz 7,000
9	Longitud del tramo	Km 2,139
	Longitud del tramo corto (Rep. Pasivo)	0,000
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M 20,000
11	Región (costa-sierra - selva)	SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)	2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B	PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt 6,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt 14,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt 15,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt 16,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB 0,048
19	Ganancia Estación A0=0.60 m	dB 30,400
20	Ganancia Estación B0=0.60 m	dB 30,400
21	TOTAL : GANANCIA	dB 60,800
22	Perdida por espacio libre	dB 116,241
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB 1,488
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB 4,000
25	Atenuación	dB 0,000
26	TOTAL PERDIDAS	dB 121,729
27	Atenuación del trayecto	dB -60,929
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm -32,929
29	Nivel de Ruido KTB	dBm -103,409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH	1,47E-05
31	C/N para BER 10E-03	dB 14.409
32	Nivel Umbral	dBm -89,000
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB 56,071
34	Tiempo de interrupción por desvan.	% 3,02E-11
35	Tiempo total de interrup. por desv.	% 1,23E-07
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	% 6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB 18.409
38	Nivel Umbral	dBm -85,000
39	Margen de Desv. Disponible	dB 52,071
40	Tiempo de Interrup. por desv.	% 7,58E-11
41	Tiempo total de interrup. por dev.	% 3,09E-07
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	% 4,48E-04

TABLA N° 3.14 C° Parcaypata - Calca

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION		
1	Estación A	C° Parcayp.
2	Estación B	Loma Toray
3	Tipo de Modulación	
4	Frecuencia Central RF	Ghz 7,275
5	Capacidad de Transmisión	Mb 34,000
6	Factor de Ruido	dB 4,500
7	Potencia RF de transmisión	dBm 28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz 7,000
9	Longitud del tramo	Km 17,525
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M 20.000
11	Región (costa-sierra - selva)	SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)	2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B	PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt 14,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt 18,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt 24,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt 20,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB 0,048
19	Ganancia Estación A0=1.2 m	dB 30,400
20	Ganancia Estación B0=1.2 m	dB 37,400
21	TOTAL : GANANCIA	dB 67,800
22	Perdida por espacio libre	dB 134,510
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB 2,112
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB 2,900
25	Atenuación	dB 0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB 139,522
27	Atenuación del trayecto	dB -71,722
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm -43,722
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm -103,409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH	7,90E-03
31	C/N para BER 10E-03	dB 14,409
32	Nivel Umbral	dBm -89,000
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB 45,278
34	Tiempo de interrupción por desvan.	% 2,46E-07
35	Tiempo total de interrup. por desv.	% 2,46E-07
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	% 6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB 18,409
38	Nivel Umbral	dBm -85,000
39	Margen de Desv. Disponible	dB 41,278
40	Tiempo de Interrup. por desv.	% 6,17E-07
41	Tiempo total de interrup. por dev.	% 6,17E-07
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	% 4,48E-04

TABLA N° 3.15 C° Parcaypata - Loma Toray

3.2.3. Canalización a implementarse

- **Canalización actual**

En la Fig. N° 1.7 (Capítulo N° 1) se muestra la canalización actual de las localidades del Valle Sagrado hacia la cabecera Cusco.

- **Canalización Propuesta - Valle Sagrado**

La nueva canalización es mas flexible (Fig. N° 3.8) . El enlace principal Cusco-C° Sacro-C° Parcaypata, es SDH con capacidad suficiente para albergar los E1s de todas centrales del Valle Sagrado. Los enlaces desde las Centrales hacia las repetidoras SDH son enlaces PDH de mediana capacidad.

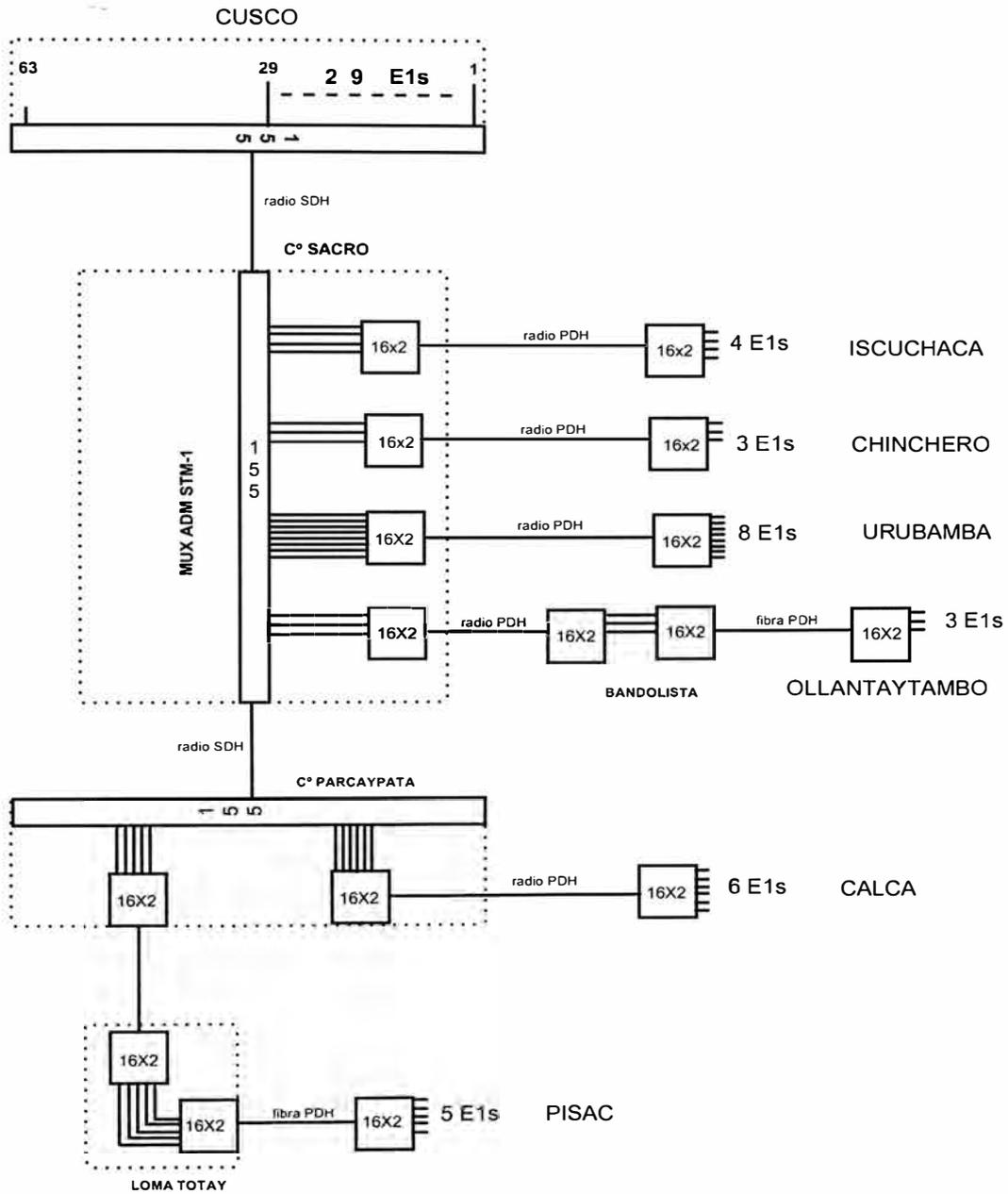


Fig. N° 3.8 Canalización propuesta - Año 2000

3.2.4. Plan de distribución de frecuencias

- SISTEMA PDH

a) Elección de Recomendación para Sistemas 16X2 Mbps (Radio)

Ancho de Banda = 7 Mhz

Recomendaciones del ITU-R = 385 - 4

$$f_n = f_0 - 154 + 7n$$

$$f'_n = f_0 + 7 + 7n$$

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots, 20$$

$$f_0 = 7275 \text{ Mhz}$$

CANAL n	f_n (Mhz)	Canal n'	f' (Mhz)
1	7128	1'	7289
2	7135	2'	7296
3	7142	3'	7303
4	7149	4'	7310
5	7156	5'	7317
6	7163	6'	7324
7	7170	7'	7331
8	7177	8'	7338

Tabla N° 3.16 Distribución de frecuencia : ITU-R 385-4

b) Planificación de las Frecuencias de los Radios PDH (Fig N° 3.9)

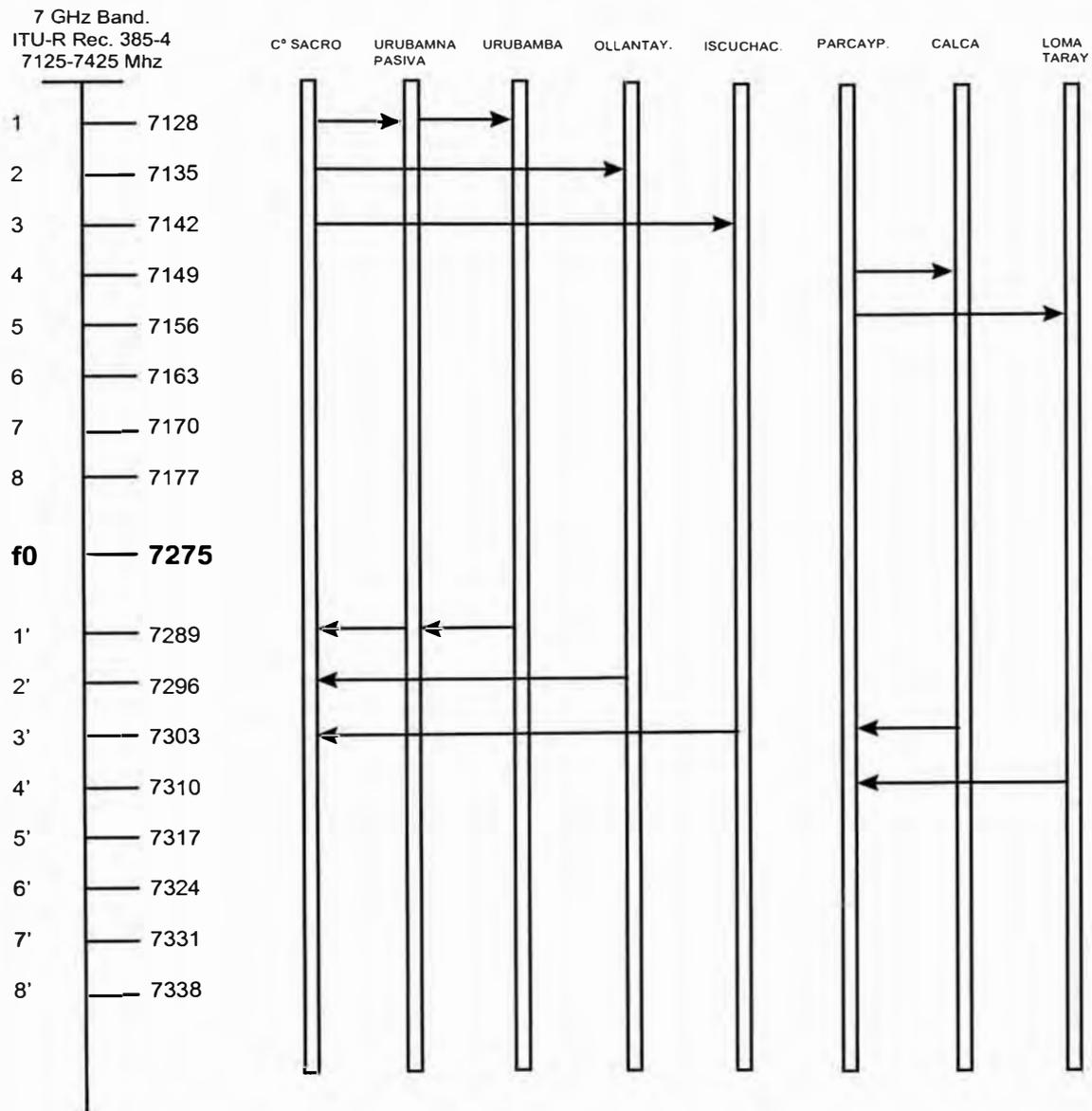


Fig N° 3.9 Planificación de las Frecuencias de los Radios PDH

3.2.5. Cuadro resumen de la infraestructura requerida

Ver Tabla N° 3.17

	ESTACIONES	DIRECCION	ALT. DE ANT. (mts)	DIAM. (mts)	POL.	LONG. GUIA (mts)	ALT. DE TORRE (mts)
1	Cusco	C° Huaynacorcor	45	0.6	H	60	55
2	C° Huaynacorcor	C° Sacro	20	0.6	V	25	25
3	R.A. C° Sacro	Pasv Urubamba	13	2.4	H	15	25
		R.A. C° Parcaypata	9	1.2	V	15	
		Iscuchaca	13	0.6	V	17	
		C° Bandolista	19	1.2	H	25	
		Chincheró	11	0.6	V	15	
		C° Huaynacorcor	17.7	0.6	H	22	
4	Iscuchaca	R.A. C° Sacro	26	0.6	H	35	30
5	C° Bandolista	R.A. C° Sacro	14	1.2	V	22	12
6	Pasv. Urubamba	R.A. C° Sacro	11	2.4	V	15	15
		T. Urubamba	14	2.4	H	20	
7	Urubamba	Pasv. Urubamba	24	2.4	H	38	35
8	R.A. Parcaypata	R.A. C° Sacro	14	0.6	H	22	15
		Calca	6	0.6	H	14	
		Loma Taray	14	0.6	V	22	
9	Calca	R.A. C° Parcaypata	14	0.6	H	20	15
10	Loma Toray	R.A. C° Parcaypata	18	1.2	V	35	15

Tabla N° 3.17 Infraestructura requerida

3.2.6. Perfiles de los enlaces de radio PDH

En los esquemas adjuntos se muestra los perfiles de los radioenlaces (líneas de vistas : Fig N° 3.10-3.16), el cual verifica la visibilidad de los enlaces, necesarios para la confiabilidad de los enlaces (Cálculos de radiopropagación). Adicionalmente en la Tabla N° 3.18 se presenta las coordenadas de cada una de las estaciones (ubicaciones).

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)	DISTANCIA (Kms)
Cusco	13°31'05"	71°58'26"	3395	6.42 17.067
C° Huaynacorcor	13°28'49"	72°01'03"	3950	
C° Sacro	13°21'15"	72°06'39.8"	3875	
C° Sacro	13°21'15"	71°06'39.8"	3875	6.39 0.76
R.P. Urubamba	13°17'52"	72°06'48"	2875	
T. Urubamba	13°18'15"	72°06'38"	2875	
C° Sacro	13°21'15"	71°06'39.8"	3875	15.5 2.14
C° Parcaypata	13°18'40"	72°58'28"	3604	
T. Calca	13°19'03"	72°57'21"	2945	
C° Parcaypata	13°18'40"	71°58'28"	3604	17.52 F.O.
Loma Toray	13°25'30"	72°51'44"	3100	
T. Pisac	13°25'19"	72°50'59"	2970	
C° Sacro	13°21'15"	71°06'39.8"	3875	12.8
T. Loma Anta	13°27'52"	72°08'53"	3400	
C° Sacro	13°21'15"	71°06'39.8"	3875	21.16 F.O.
C° Bandolista	13°14'40"	72°16'00"	3375	
T.Ollantaytambo	13°15'16"	72°15'24"	2845	

Tabla N° 3.18 Resumen de Coordenada (Ubicaciones)

Fig. N° 3.10 Perfil enlace de radio: "C° Sacro - Urubamba R.P."

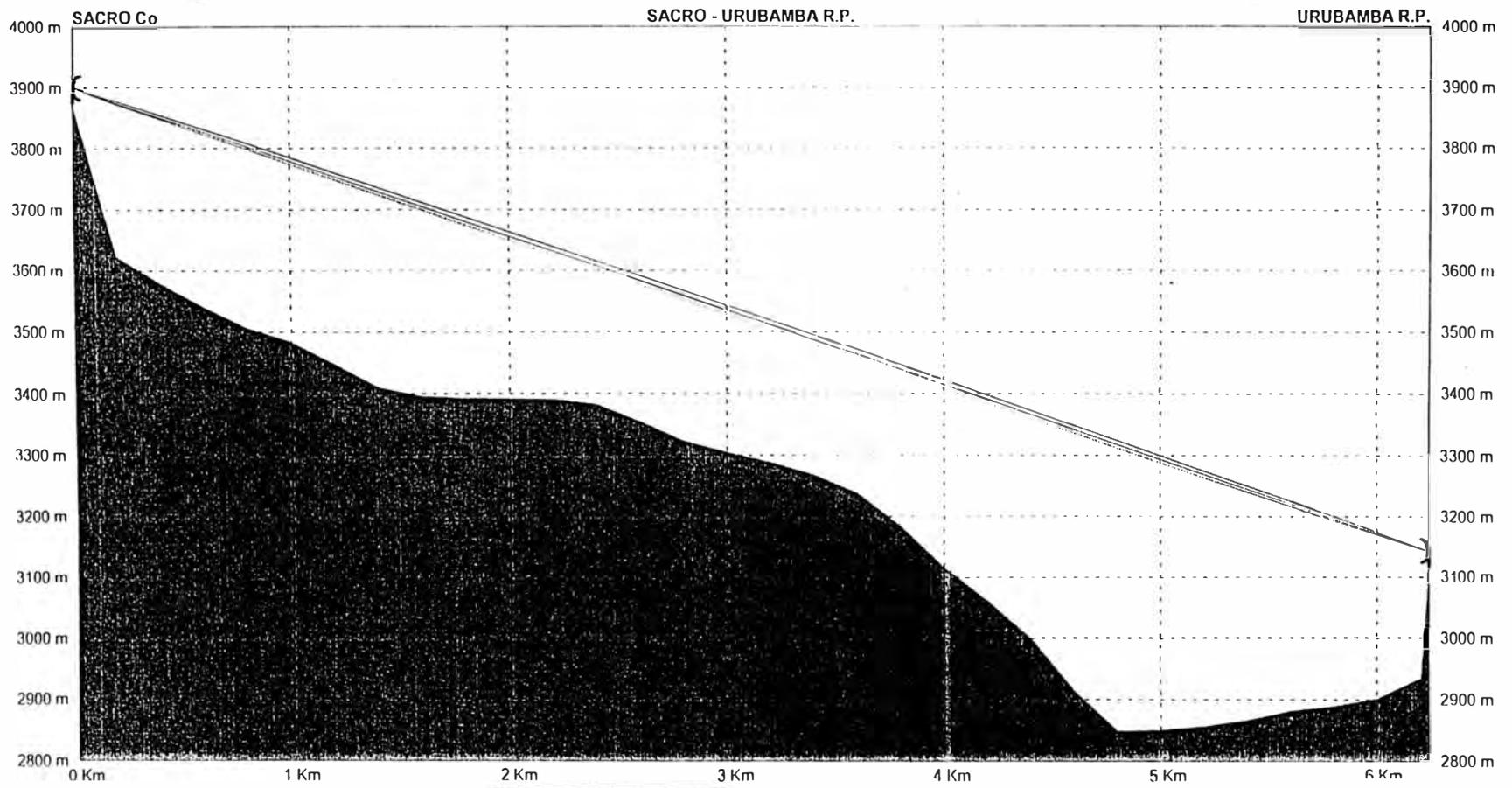


Fig. Nº 3.11 Perfil enlace de radio : "Urubamba R.P. - Urubamba MO"

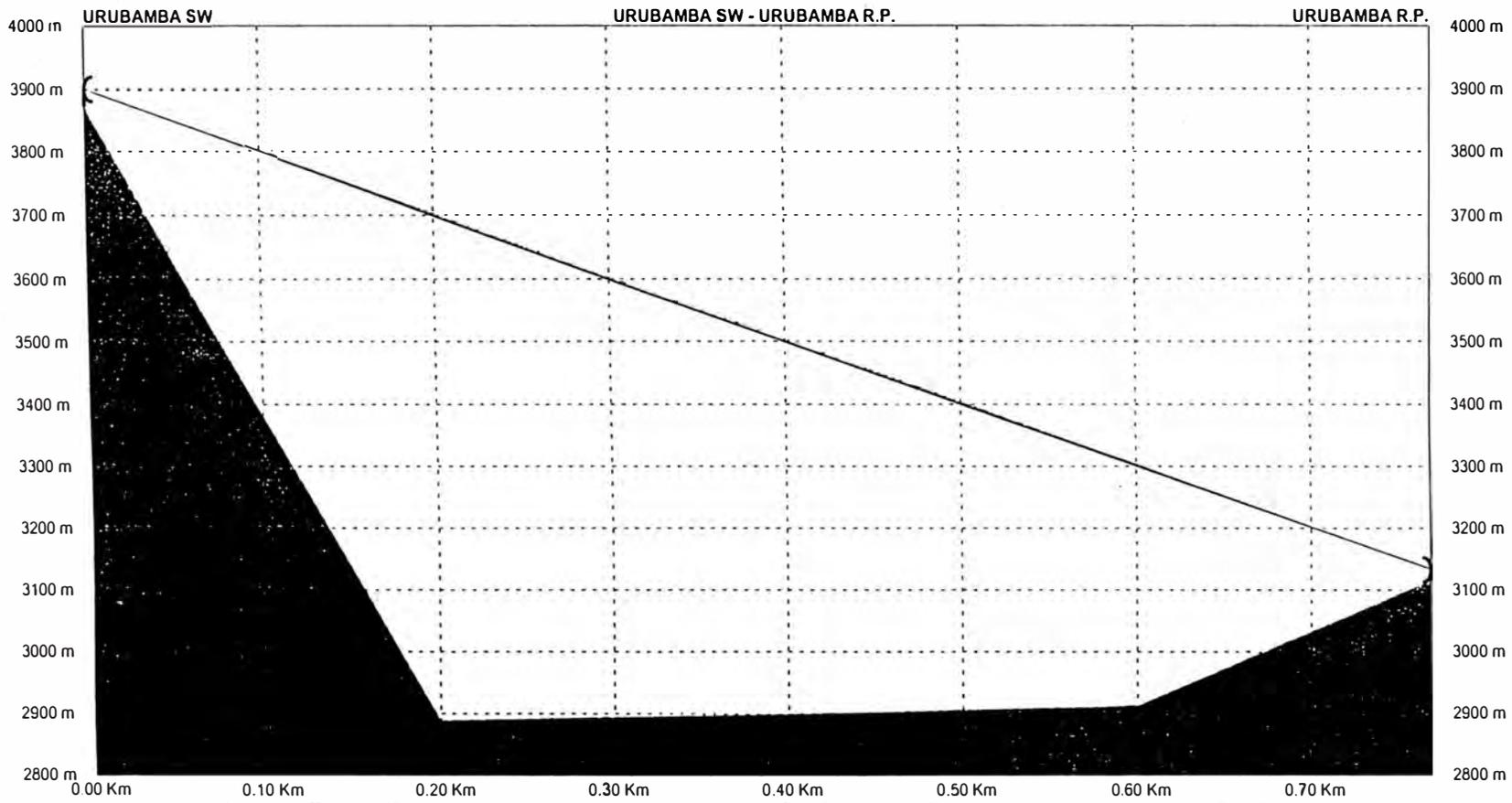


Fig. Nº 3.12 Perfil enlace de radio : "Co Sacro - Iscuchaca"

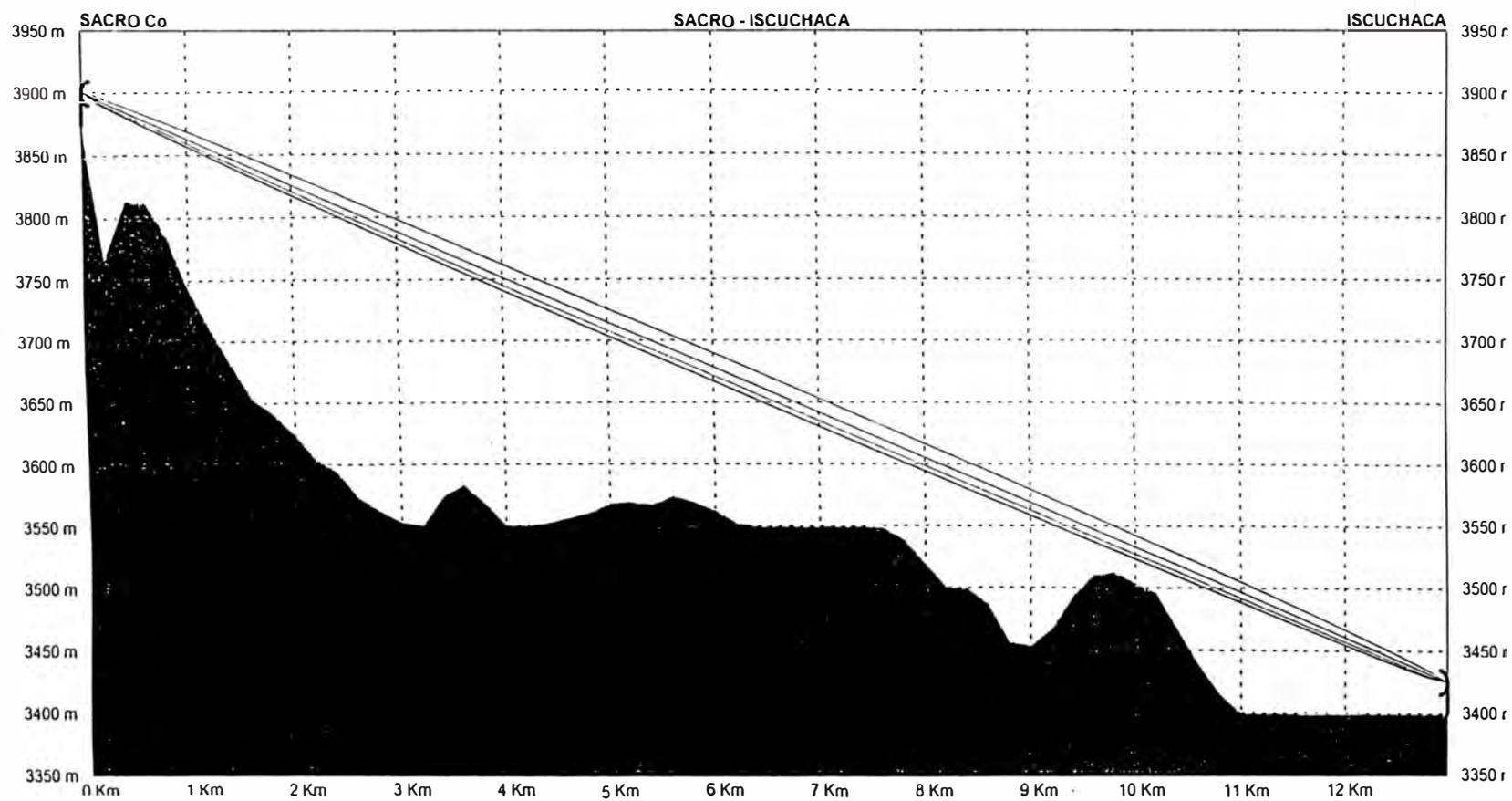


Fig. No 3.13 Perfil enlace de radio: "Cº Sacro - Chinchero"

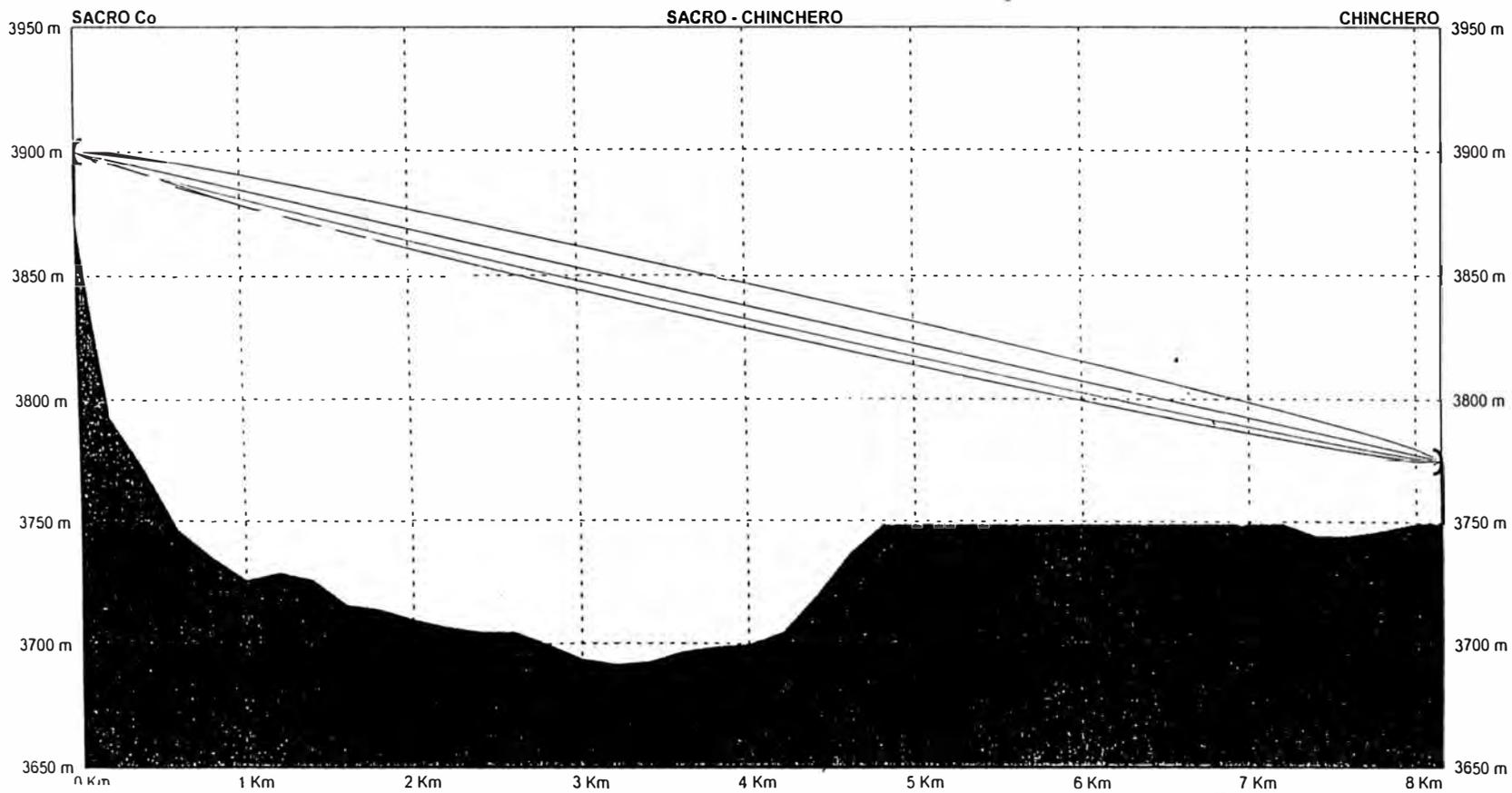


Fig. N° 3.14 Perfil enlace de radio: "C° Sacro - C° Bandolista"

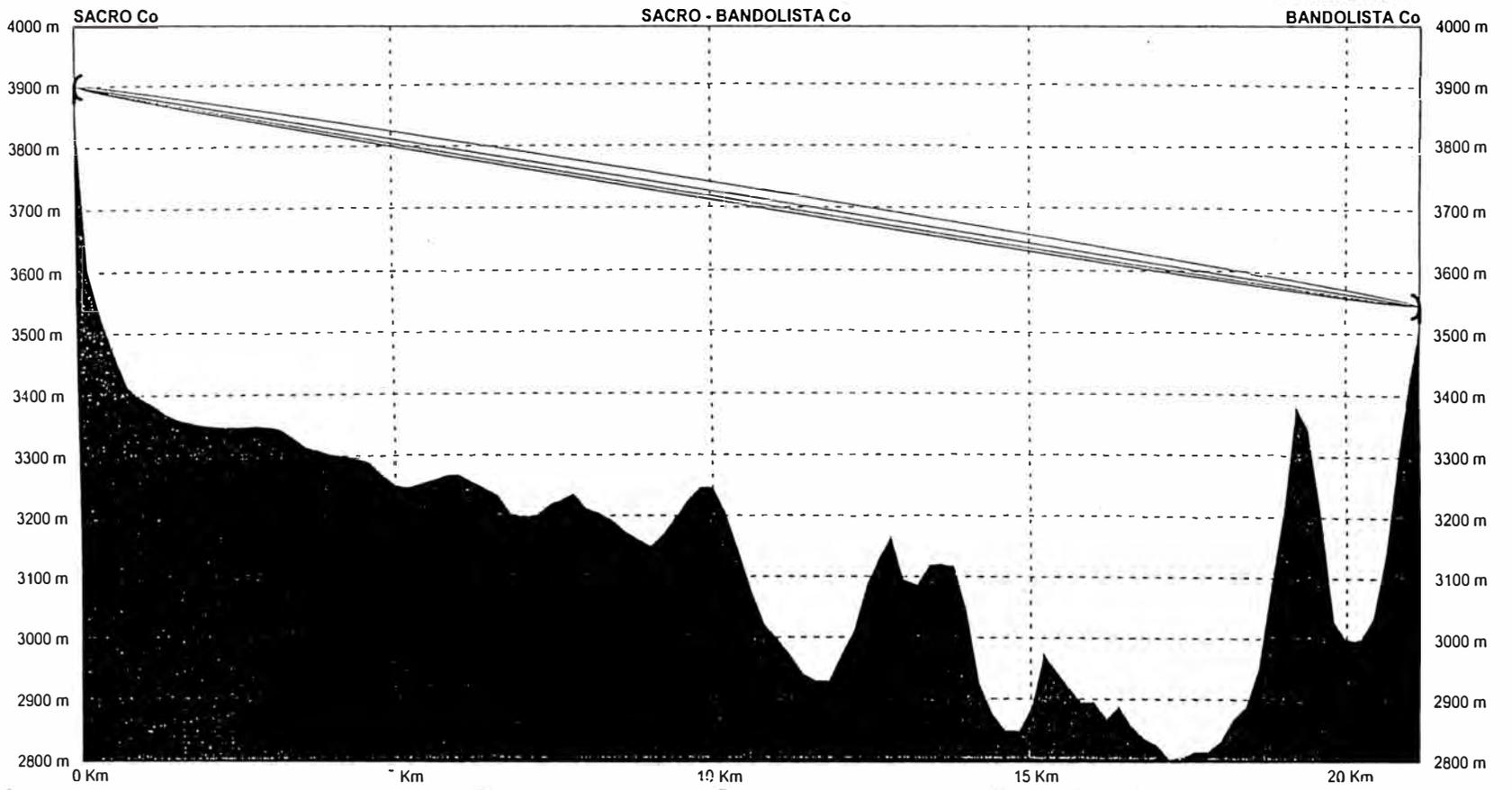


Fig. N° 3.15 Perfil enlace de radio: "C° Parcaypata - Ca ca"

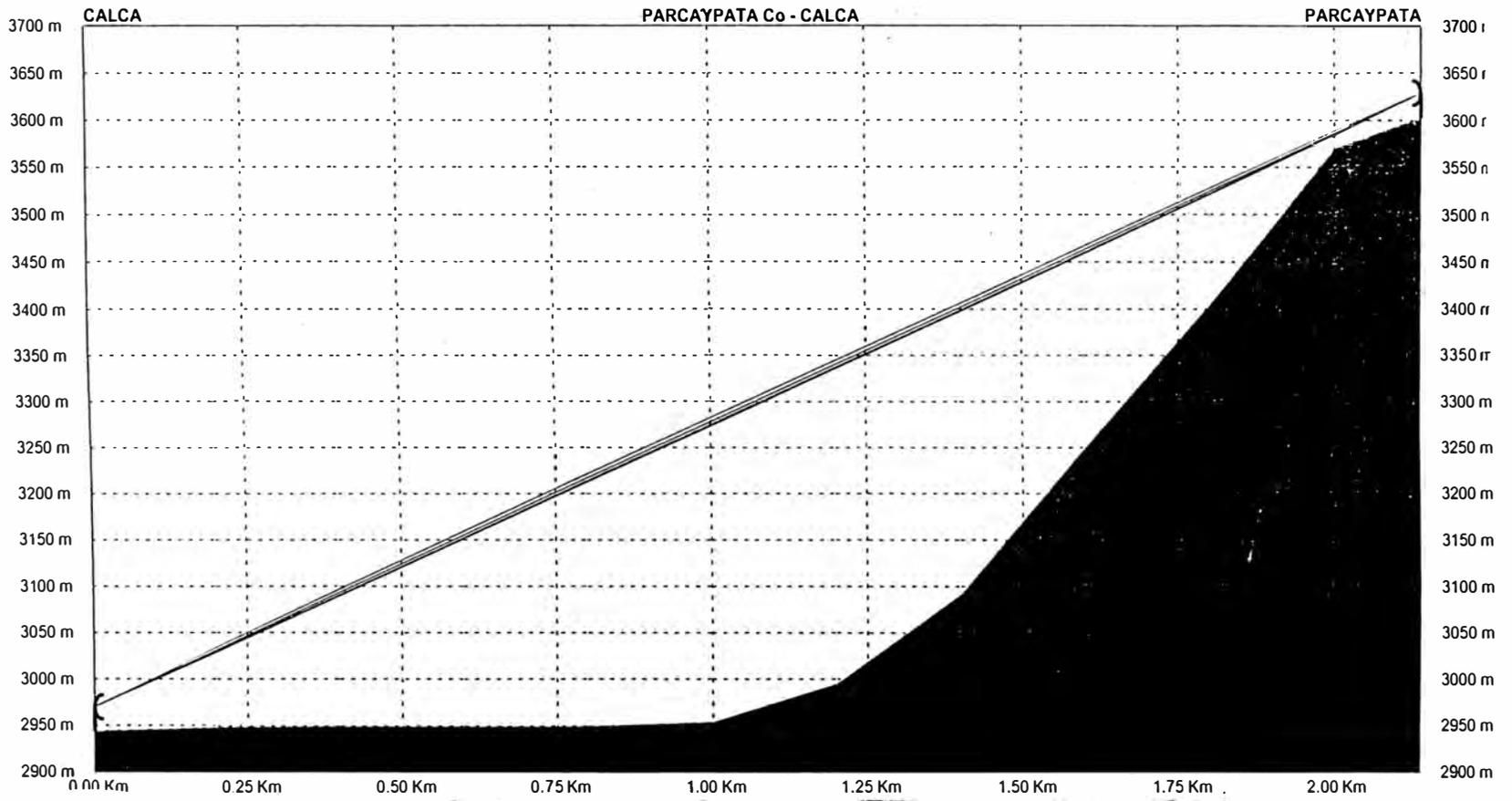
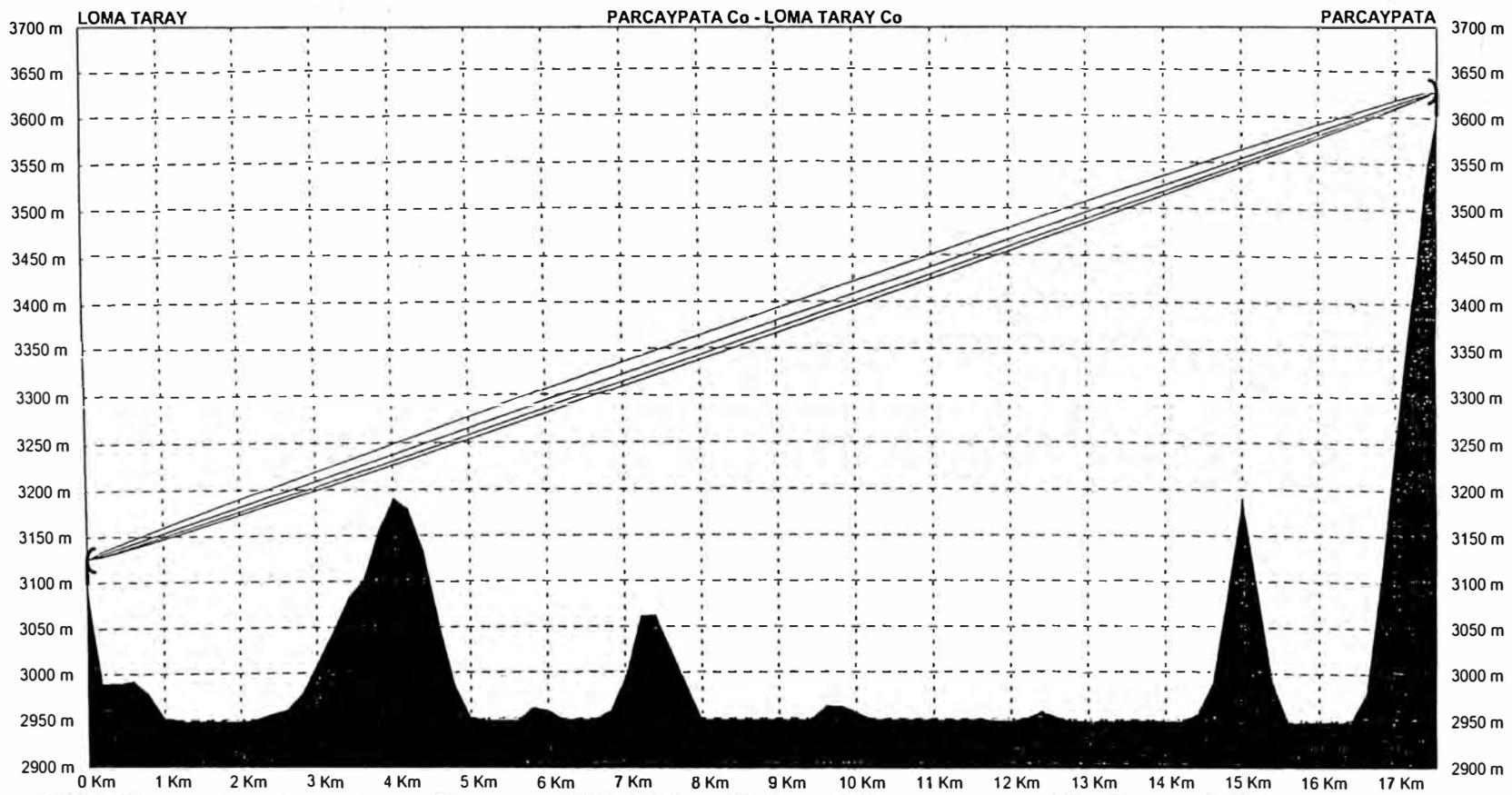


Fig. N° 3.16 Perfil enlace de radio: "Co Parcaypata - Loma To ay"



3.2.7. Costos de los enlaces PDH

En la Tabla N° 3.19 adjunta se muestra el resumen de costos estimados de todos los enlaces de radio PDH, en moneda extranjera y moneda nacional perteneciente a servicios y transporte. Los equipos de radios elegidos para los diseños y características son los Nera.

ITEM	ENLACE	COSTOS TOTALES	
		M.E.(US \$)	M.N.(S/.)
1	C° SACRO - URUBAMBA	115969,8	74314,6
2	C° SACRO - ISCUCHACA	96566,0	70484,0
3	C° SACRO - CHINCHERO	96566,0	126604,1
4	C° SACRO - OLLANTAYTAMBO	97263,5	70893,5
5	C° PARCAYPATA - CALCA	96566,0	70484,0
6	C° PARCAYPATA - LOMA TOTAY	96566,0	70484,0
	SUB TOTAL (PDH)	599497,3	483264,1

Nota :

M.E.(US \$) : Bienes(equipos de radio, antenas y materiales)

M.N.(S/.) : Servicios(instalación, transporte, estudios)

Tabla N° 3.19 Resumen de Costos - Enlaces de radio PDH

3.3. Introducción de la tecnología SDH - Desarrollo y Aplicación

3.3.1. Jerarquía Digital Plesiócrana (PDH) - Limitaciones

ELEXIBILIDAD

- La existencia de bits de justificación en cada nivel de multiplexado, implica la identificación de la localización exacta de las tramas y poder extraer en un nodo, un canal de 2 Mbps, dentro la línea de mayor velocidad.
- En el caso de 140 Mbps, se tiene que demultiplexar los 64 componentes de 2 Mbps, pasando por los demultiplexadores de 34 y 8 Mbps. Una vez identificada y extraída la línea de 2 Mbps tienen que volverse a multiplexarse.
- Esta característica dificulta la flexibilidad de las conexiones, el proceso para el incremento de multiplexores y demultiplexores se hace mas lento; con el consecuente coste de equipamiento y mantenimiento conforme se aumenta el número de nodos y la velocidad de la línea.

GESTION DE RED

- En una red PDH de alta capacidad con muchos nodos y equipamientos de multiplexados y demultiplexados, una comunicación punto a punto ha podido viajar a través de diferentes caminos. La única manera de asegurar que siga la ruta correcta es controlar y conservar con detalles los registros de interconexionado de los equipos. Conforme las actividades de reconexión en la red aumenta se vuelve mas difícil mantener los registros actualizados y la posibilidad de fallos aumenta. Estos fallos no

solo pueden afectar a la conexión establecida sino también a otras conexiones existentes con comunicaciones activas.

- Otras limitaciones de los PDH es la tradicional falta de capacidad potentes de supervisión del comportamiento de la red. Las necesidades de disponibilidad y de supervisión de fallos en las redes se han ido incrementando a lo largos de los años. Conforme aumenta la complejidad de la red, es necesario un mayor control de los parámetros y características de las comunicaciones. El formato de trama PDH proporciona poca información para un adecuado sistema de gestión de red cuando se incrementa la dimensión de la misma, comparado con las características SDH.

3.3.2. La Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

ESTANDARES SDH - VENTAJAS

- Los estándares SDH se han desarrollado como una evolución de las jerarquías de transmisión teniendo en cuenta las fallas existentes en el PDH.
- Las recomendaciones CCITT definen un número de velocidades de transmisión básica del SDH. La primera de estas es de 155 Mbps, nombrada STM-1 (donde STM-1 indica "Synchronous Transport Modules"). Las velocidades superiores definidas son STM-4 y STM-16 (622 Mbps y 2.4 Gbps respectivamente) y existen mas niveles propuestos por estudios.
- Un punto muy importante de estas recomendaciones ha sido que también la definición de una estructura de multiplexado a las que una velocidad

STM-1 puede llevar señales PDH a velocidades entre 1,5 Mbps y 140 mbps, permitiendo así señales PDH pueden viajar en redes síncronas. De esta manera se garantizó que los equipos existentes PDH no quedasen obsoletos.

3.4. Diseño, implementación y costos de un radioenlace digital SDH

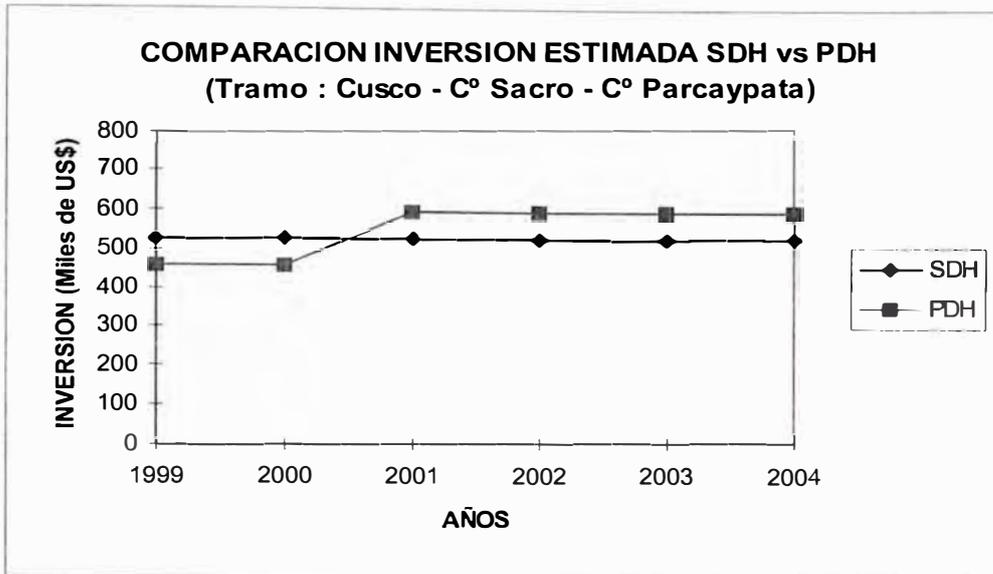
3.4.1. Consideraciones iniciales

El tramo “Cusco - C° Sacro - C° Parcaypata”, representa el tramo principal del sistema de transmisión del Valle Sagrado, por lo que debe ser un sistema de transmisión confiable y con una gran capacidad de crecimiento para el futuro. De acuerdo a la capacidad requerida de E1s en este tramo, el ancho de banda necesario es el sgte :

AÑOS	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total de E1s	25	29	33	36	40	41

Tabla N° 3.20 Proyección de E1s “Cusco - C° Sacro”

Alternativamente se podría implementar sistemas PDH con capacidad 34(2+1) Mbps (32 E1s inicialmente), pero de acuerdo a la configuración requerida posteriormente, los costos se incrementaría según se muestra en el esquema “Comparación inversión Estimada SDH y PDH” (Fig. N° 3.17)



Nota : SDH (1999-2004) = 63 E1s
PDH (1999-2000) = 32 E1s y (2002-2004) = 48 E1s

Fig. N° 3.17 Esquema comparativo “Inversión estimada PDH y SDH
Periodo : 1999 - 2004

Tal como se muestra en la gráfica anterior lo mas conveniente es realizar la inversión inicial con un sistema SDH y no PDH.

3.4.2. Equipos a utilizarse

Dentro de la gama de equipos disponibles en el mercado, se considera conveniente que el equipos óptimo sea del fabricante NEC, dado que este ya está homologado(probado) por la Empresa de Telecomunicaciones “ Telefónica”, é inclusive ya tiene instalado en planta varios de estos equipos. A continuación se detalla las características técnicas de estos equipos SDH, en la Tabla N° 3.21 adjunta.

Banda de Frecuencia	6 GHz, Baja	6 GHz, Alta
Aplicaciones	Transmisiones de larga distancia	
Capacidad de transmisión	STM-1(Interf. eléct. ó óptica)	
Rango de frecuencia	5.925-6.425 Mhz	6.430-7,110 Mhz
Espaciamiento de Canales	29.65 Mhz	40.00 Mhz
Modulación	128 QAM	128 QAM
Capacidad de Wayside	2,048 Mbps	2,048 Mbps
Frecuencia Intermedia	70Mhz	70Mhz
Estabilidad de Frecuencia del TX	$\pm 5 \times 10^{-6}$	$\pm 5 \times 10^{-6}$
Potencia de salida de RF	31,0 dBm	31,0 dBm
Sensibilidad del Receptor		
Nivel de Umbral (BER= 10^{-3})	-72,7dBm	-75,1dBm
Nivel de Umbral (BER= 10^{-6})	-69,9 dBm	-72,6dBm
Ganancia del Sistema (BER= 10^{-3})	103,7 dB	103,7 dB
Pérdida del circuito de derivación (1+1)	3,0 dB	3,0 dB
Máximo Esquema de Protección	1+7	1+7
Requerimiento de Alimentación	-20 a -75 VCC	
Consumo total de Energía	670 W	
Dimensiones	(600mm,2.200mm)	
Temperatura de Operación	0° a 50 ° C	

Tabla N° 3.21 Parámetros de los Sistemas SDH para los radios en banda 6 Ghz (NEC)

3.4.3. Cálculo de los niveles de propagación

En función a los datos de las especificaciones técnica de los equipos, así como los datos de gabinete en el que se ha determinados las distancias, el uso de las frecuencias etc, en las Tablas N° 3.22, 3.23 y 3.24 se han tabulado los resultados de los cálculos de los niveles de propagación para los enlaces “Cusco - C° Huaynacorcor - C° Sacro - C° Parcaypata

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION		
1	Estación A	Cusco
2	Estación B	C° Huaynacor.
3	Tipo de Modulación	128 QAM
4	Frecuencia Central RF	Ghz 6,500
5	Capacidad de Transmisión	Mb 155,000
6	Factor de Ruido	dB 4,500
7	Potencia RF de transmisión	dBm 28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz 40,000
9	Longitud del tramo	Km 6,420
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M 20.000
11	Región (costa-sierra - selva)	SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)	2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B	PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt 40,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt 22,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt 60,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt 33,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB 0,048
19	Ganancia Estación A0=0.6 m	dB 25,000
20	Ganancia Estación B0=0.6 m	dB 25,000
21	TOTAL : GANANCIA	dB 50,000
22	Perdida por espacio libre	dB 124,809
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB 4,464
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB 3,000
25	Atenuación	dB 0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB 132,273
27	Atenuación del trayecto	dB -82,273
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm -54,273
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm -103.409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH	3,30E-04
31	C/N para BER 10E-03	dB 14.409
32	Nivel Umbral	dBm -75,100
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB 20,827
34	Tiempo de interrupción por desvan.	% 3,58E-09
35	Tiempo total de interrup. por desv.	% 3,58E-09
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	% 6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB 18,409
38	Nivel Umbral	dBm -72,600
39	Margen de Desv. Disponible	dB 18,327
40	Tiempo de Interrup. por desv.	% 8,99E-09
41	Tiempo total de interrup. por dev.	% 8,99E-09
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	% 4,48E-04

TABLA N° 3.22 Radioenlace SDH “Cusco - C° Huaynacorcor”

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION		
1	Estación A	C° Huaynac.
2	Estación B	C° Sacro
3	Tipo de Modulación	128 QAM
4	Frecuencia Central RF	Ghz 6,500
5	Capacidad de Transmisión	Mb 155,000
6	Factor de Ruido	dB 4,500
7	Potencia RF de transmisión	dBm 28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz 40,000
9	Longitud del tramo	Km 17,067
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M 20.000
11	Región (costa-sierra - selva)	SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)	2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B	PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A.	mt 17,700
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt 18,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt 25,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt 25,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB 0,048
19	Ganancia Estación A0=2.4 m	dB 30,000
20	Ganancia Estación B0=2.4 m	dB 30,000
21	TOTAL : GANANCIA	dB 60,000
22	Perdida por espacio libre	dB 133,301
23	Pérdida en alimentadores (A+B+C)	dB 2,400
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB 3,000
25	Atenuación	dB 0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB 138,701
27	Atenuación del trayecto	dB -78,701
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm -50,701
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm -103.409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH	3,30E-04
31	C/N para BER 10E-03	dB 14.409
32	Nivel Umbral	dBm -75,100
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB 24,399
34	Tiempo de interrupción por desvan.	% 3,58E-09
35	Tiempo total de interrup. por desv.	% 3,58E-09
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	% 6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB 18,409
38	Nivel Umbral	dBm -72,600
39	Margen de Desv. Disponible	dB 21,899
40	Tiempo de Interrup. por desv.	% 8,99E-09
41	Tiempo total de interrup. por dev.	% 8,99E-09
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	% 4,48E-04

TABLA N° 3.23 Radioenlace SDH "C° Huaynacorcor - C° Sacro"

CALCULO NIVELES DE PROPAGACION		
1	Estación A	C° Sacro
2	Estación B	C° Parcaypata
3	Tipo de Modulación	128 QAM
4	Frecuencia Central RF	Ghz 6,500
5	Capacidad de Transmisión	Mb 155,000
6	Factor de Ruido	dB 4,500
7	Potencia RF de transmisión	dBm 28,000
8	Ancho de banda (Simbol Rate)	Mhz 40,000
9	Longitud del tramo	Km 15,242
10	Rugosidad del terreno(6<M<42)	M 20.000
11	Región (costa-sierra - selva)	SIERRA
12	Característica del tramo (KQ)	2.04E-07
13	Tipo de antena Estación A/B	PARAB.
14	Altura instalación de Antena Est. A	mt 9,000
15	Altura instalación de Antena Est. B.	mt 14,000
16	Long. del alimentador Ant. Est. A	mt 70,000
17	Long. del Alimentador Ant. Est. B	mt 33,000
18	Atenuador el Alimentador (M)	dB 0,048
19	Ganancia Estación A0=1.2 m	dB 30,000
20	Ganancia Estación B0=1.2 m	dB 30,000
21	TOTAL : GANANCIA	dB 60,000
22	Perdida por espacio libre	dB 132,319
23	Pérdida en alimentadores (A+B)	dB 4,944
24	Pérdida de Circuitos de derivación RF	dB 3,000
25	Atenuación	dB 0.000
26	TOTAL PERDIDAS	dB 140,263
27	Atenuación del trayecto	dB -80,263
28	Nivel de recepción en Esp. Libre	dBm -52,263
29	Nivel de Ruido KTBF	dBm -103.409
30	Probalidad Dev. Tipo RAYLEICH	3,30E-04
31	C/N para BER 10E-03	dB 14.409
32	Nivel Umbral	dBm -75,100
33	Margen de desvanecimiento dispon.	dB 22,837
34	Tiempo de interrupción por desvan.	% 3,58E-09
35	Tiempo total de interrup. por desv.	% 3,58E-09
36	Tiempo de interrup. según R-UIT	% 6,05E-05
37	C/N para BER 10E-06	dB 18,409
38	Nivel Umbral	dBm -72,600
39	Margen de Desv. Disponible	dB 20,337
40	Tiempo de Interrup. por desv.	% 8,99E-09
41	Tiempo total de interrup. por dev.	% 8,99E-09
42	Tiempo de Interrup. según CCIR	% 4,48E-04

TABLA N° 3.24 Radioenlace SDH “C° Sacro - C° Parcaypata”

3.4.4. Plan de frecuencias para SDH

Para el plan de frecuencia de los enlaces SDH, se ha utilizado las bandas de frecuencias ya establecidos por la ITU-R a través de sus diferentes recomendaciones. Dichas recomendaciones tiene estandarizados ya bandas de frecuencias con un cierto tipo de modulación, por lo que los equipos a ser elegidos deberán cumplir con algunas estas recomendaciones. En la Tabla N° 3.25 se muestra algunas recomendaciones disponibles.

BANDA	5 Ghz	L 6 Ghz	U 6 Ghz	8 Ghz
Recomendación	ITU-R 287-4	ITU-R 383.5	ITU-R 386-5	ITU-R 386-4
Espac. Canal	40 Mhz	40 Mhz	40 Mhz	40 Mhz
Modulación	QAM	QAM	QAM	QAM
Rango Frec. (Mhz)	4400-5000	5925-6425	6430-7110	7725-8275
Frec. Central (Fo)	4700	6175	6770	8000

Tabla N° 3.25 Algunas Banda de la ITU - R para SDH

Para el caso particular del radioenlace SDH para el tramo “Cusco - C° Sacro - C° Parcaypata”, vamos a elegir la banda perteneciente a la ITU - R Recomendación 386-5, en el cual el rango disponible es de 6430 - 7110 Mhz y cuyos especificaciones técnicas de los equipos a ser elegidos pueden trabajar en dicha banda.

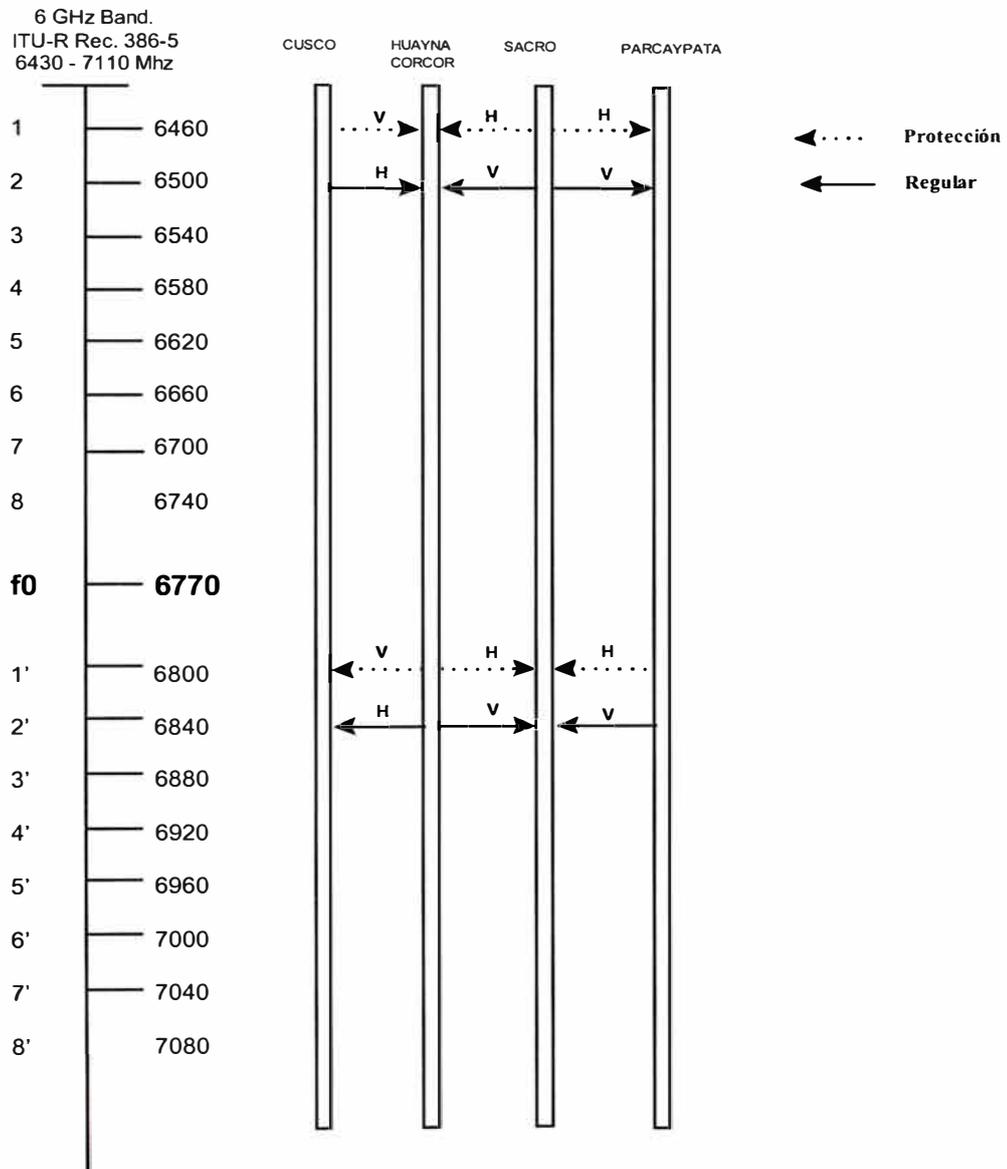


Fig. N° 3.18 Plan de Frecuencias para los radioenlaces SDH

3.4.5. Perfiles de los radioenlaces SDH

Se muestran en las Fig. N° 3.19, 3.20 y 3.21

Fig. N° 3.19 Perfil Radioenlace SDH "Cusco - C° Huaynaco cor"

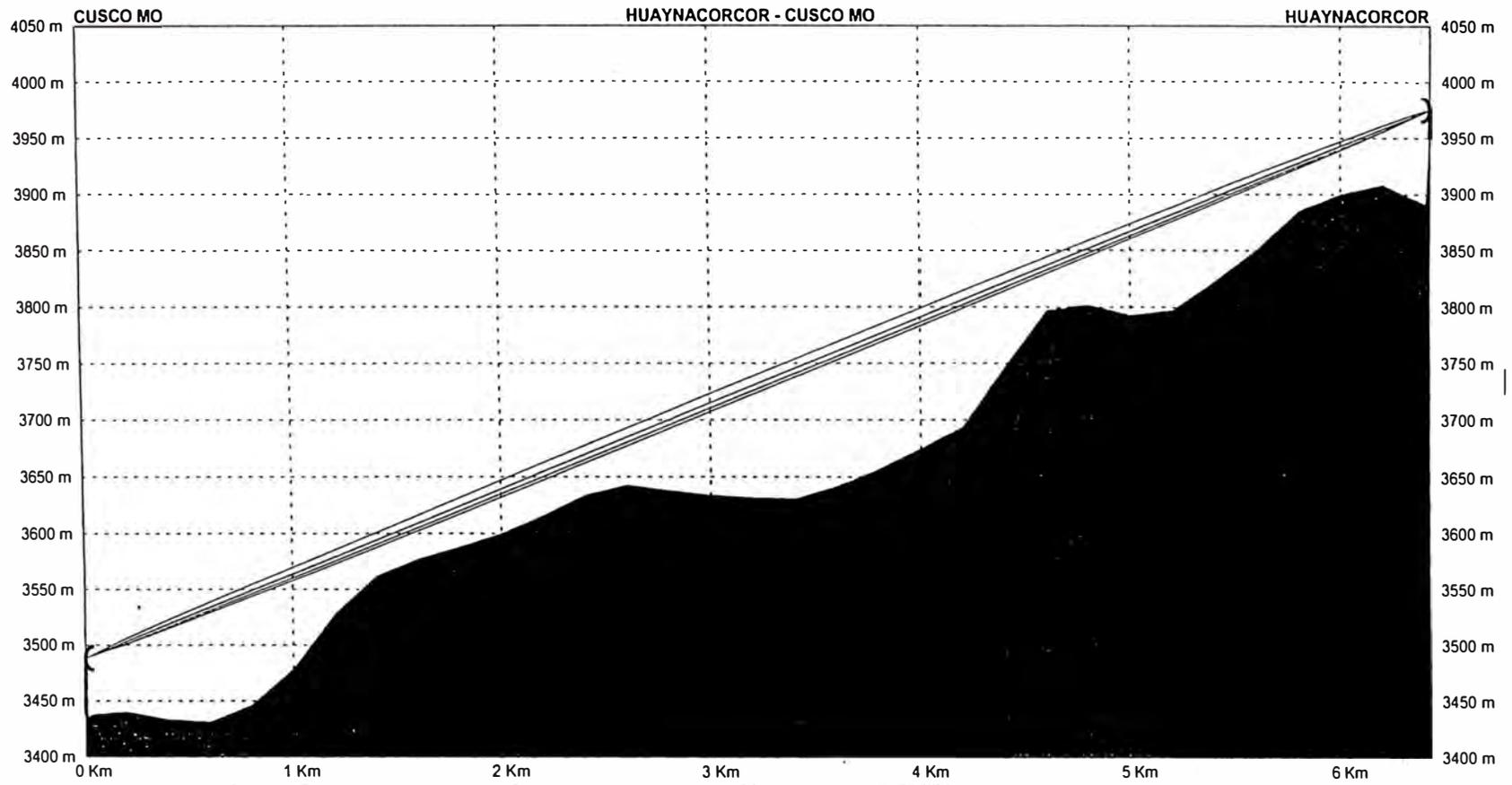


Fig. N° 3.20 Perfil Radioenlace SDH "C° Huaynacorcór - C° Sacro

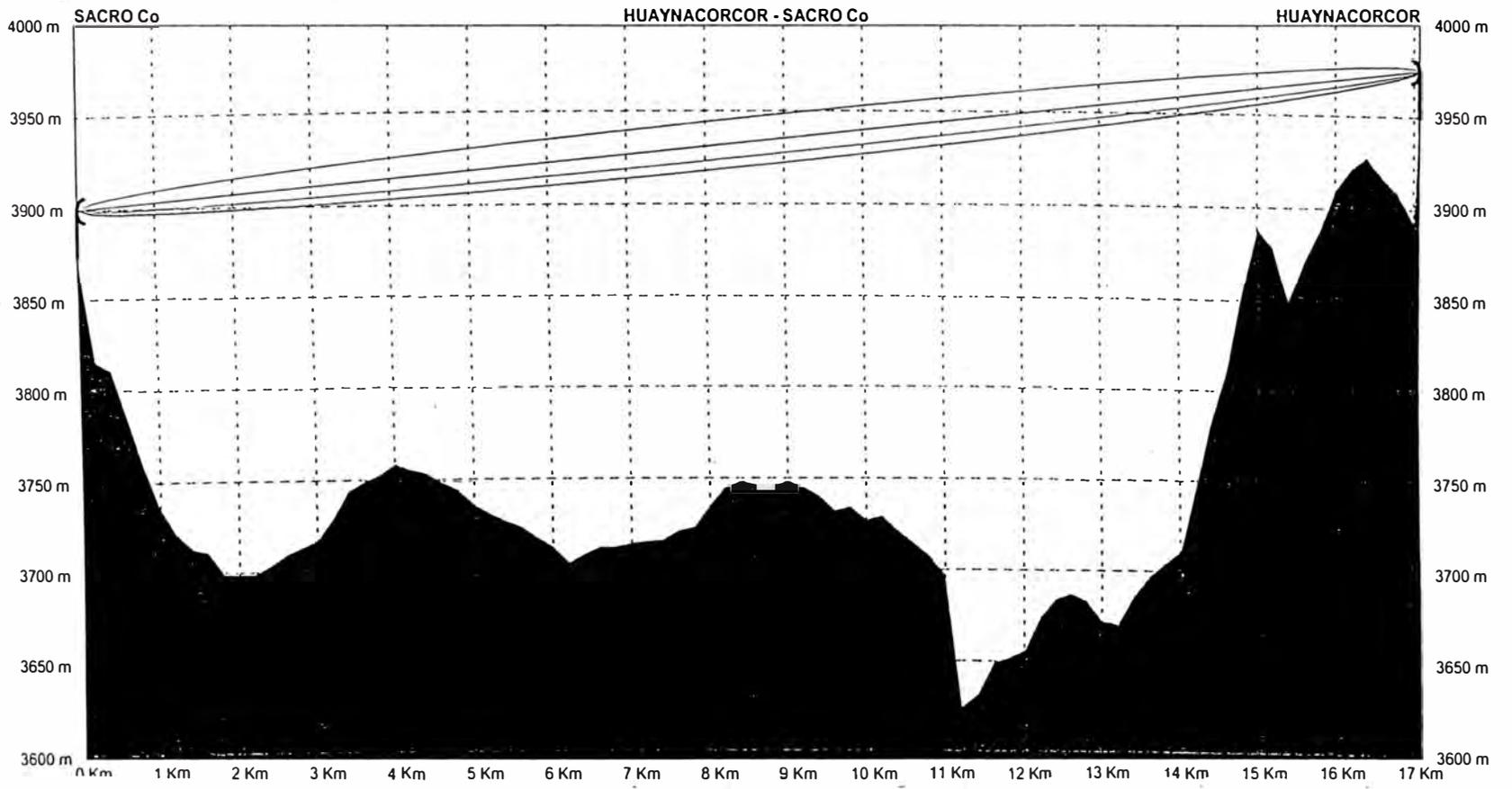
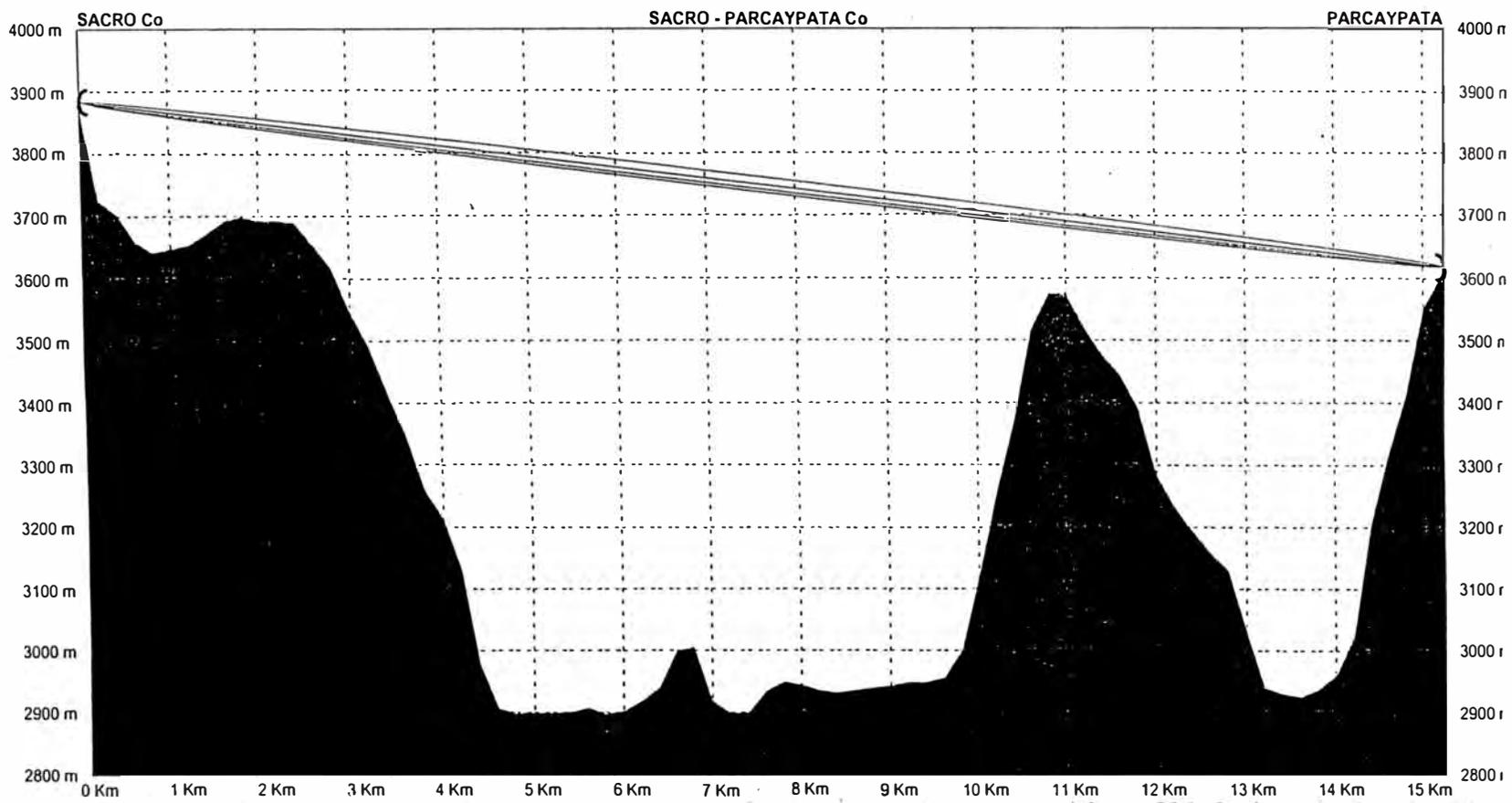


Fig. N° 3.21 Perfil Radioenlace SDH "C° Sacro - C° Parcaypata"



3.4.6. Costos de los radioenlaces SDH

ITEM	DESCRIPCION	COSTOS TOTALES	
		M.E. (US\$)	M.N. (S/.)
BIENES			
1	EQUIPOS DE RADIOS	305041	
2	ANTENAS	49010	
3	SUPERVICION Y CONTROL	49034	
4	INTERNAMIENTO Y TRANSP.	88678	
SERVICIOS			
5	INSTALACION		70000
6	TRANSPORTE LOCAL(3%)		14753
7	ESTUDIO DE PROSPECCION		35000
TOTAL GENERAL		491763	119753

Tabla N° 3.26 Costos radioenlaces SDH

3.5. Diseño, implementación y costos de sistemas de fibra óptica

3.5.1. Introducción

Las localidades con fibra óptica propuestas para ser implementadas son Ollantaytambo y Pisac. Este medio de transmisión alternativo ha sido elegido debido a la corta distancia que dista de la localidad con la estación de radio mas cercana (Bandolista y Loma Toray respectivamente). A esto se suma como se ha mencionado anteriormente que desde esta localidades no existe línea de vista con la estación mas cercana, por lo que habría de implementar adicionalmente un repetidor pasivo, lo que incrementaría los costos debido a la infraestructura que se tendría que colocar adicionalmente.

Por otro lado estas localidades por sus características históricas y por la gran oposición del Instituto nacional de Cultura de la Zona, es muy difícil y casi imposible obtener permiso para la construcción de torres, estructuras que no van a corde con zona.

En el Anexo B se ha desarrollado un pequeño resumen de la tecnología de las fibras ópticas, de las cuales varios criterios y datos han sido utilizados para desarrollar el diseño de los enlaces que a continuación se menciona.

3.5.2. Diseño é implementación de sistemas de transmisión digital PDH por Fibras Opticas

- **Características de los Tramos**

El tramo del enlace óptico se puede representar según los esquemas siguientes (Fig. N° 3.22 y 3.23)

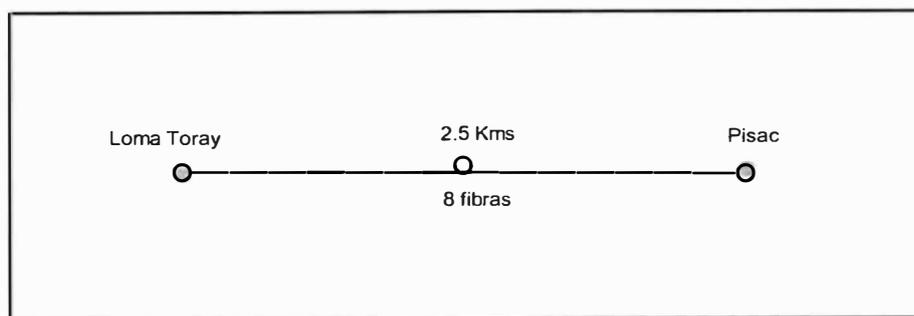


Fig. N° 3.22 Esquemático de interconexión “Pisac - Loma Toray”

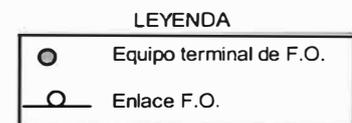
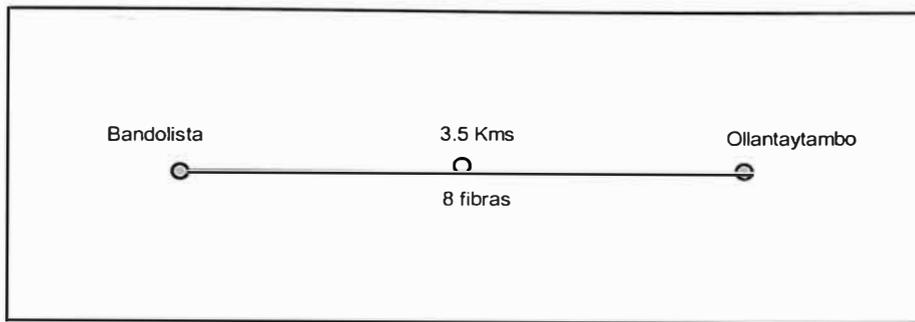


Fig. N° 3.23 Esquemático de interconexión “Ollantaytambo - Bandolista”

La topología de los dos enlaces es punto a punto, unidireccional en cada fibra óptica (transmisor/receptor) por lo que se requiere de un par de ellas para establecer un enlace completo. El tipo de cable a elegir deberá ser uno de 8 fibras (hilos), con lo cual es posible tener opcionalmente hasta 4 enlaces ópticos. La velocidad de transmisión es de 34 Mbps en configuración 1+0.

- **Proyección de la Capacidad (E1s)**

De acuerdo a la Tabla N° 3.27, los E1s requeridos para estos dos enlaces de F.O. hasta el año 2004, el cual incluye los servicios de telefonía, celular, RDSI y datos es de

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pisac	4	5	5	6	7	7
Ollantaytambo	3	3	4	4	5	5

Tabla N° 3.27 E1s de transmisión para los enlaces de F.O.

- **Tabulación de los resultados del análisis de interconexión por fibras ópticas.**

(1) Datos generales de cada enlace

ENLACES	Loma Toray - Pisac	Bandolista - Ollantaytambo
N° de E1s (año 2000)	4	3
Distancia	2.5 Kms	3.5 Kms
Sistema de Transmisión	34 Mbps	34 Mbps
N° de Sistema	1	1
N° de Fibras	8	8

Tabla N° 3.28 Datos Generales para el enlace

- (2) Resultados de los enlaces por el método : Máxima longitud permisible sin regeneración, debido a la atenuación.**

(2.1.) Datos : Máxima de la longitud debido a la atenuación

- Atenuación por empalmes (Ae) = 0.02 dB
- Atenuación por conectores (Ac) = 0.5 dB
- Penalidad (P) = 2 dB
- Margen del sistema (Ms) = 4 dB
- Atenuación lineal de la Fibra(Af) = 1 dBm/km
- Potencia de transmisión (Ptx) = -5 dBm
- Potencia de recepción (Pr) = -40 dBm

(2.2.) Fórmulas empleadas

$$\text{Pérdidas totales} = \# e(Ae) + \# c(Ac) + P + Ms \rightarrow (a)$$

$$\text{Ganancia total} = (P_{tx} - P_r) \rightarrow (b)$$

$$\text{Atenuación total} = (b) - (a)$$

$$\text{Longitud máxima} = \text{Atenuación total} / \text{Atenuación líneal (Af)}$$

Nota :

#e = Número de empalmes

#c = Número de conectores

(2.3.) Tabulación de resultados

CARACTERISTICA ó COMPONENTE	ENLACES	
	Loma Toray - Pisac	Bandolista-Ollantaytambo
Longitud de Onda (um)	1.3 um	1.3 um
Transmisor óptico	LD	LD
Potencia óptica (dBm)	-5	-5
Sensibilidad (dBm)	-40	-40
Ganancia del sistema (dBm)	35	35
Penalización por ecualización (dB)	2	2
Margen del sistema (dB)	4	4
Atenuación de conectores (4 conectoresx0.5 dB c/u)	2	2
Atenuación de empalmes (dB)	0,02	0,02
Atenuación de línea(dB total)	26.98	26.96
Coefficiente de atenuación de fibra (dB/Km)	1	1
Máxima longitud (*) de sección permisible sin regeneración : L (Kms), debido a la atenuación	26.98	26.96

Tabla N° 3.29 Analisis de los enlaces : Método Atenuación

(3) Resultados de los enlaces por el método : Máxima longitud permisible sin regeneración, debido al ancho de banda.

(3.1.) Datos : Análisis Máxima de la longitud debido al ancho de banda

- Capacidad del Sistema (Mbps) = 34 Mbps
- Código de línea = CMI
- Ancho espectral (nm) = 10 nm
- Coeficiente de dispersión cromática = 5
[ps/(nm.Km)]
- Ancho de banda unitario (Mhz x Km) = 1000

(3.2.) Fórmulas empleadas

CMI = 2 f (Código de línea empleado)

f0 = 34 Mhz (Capacidad del sistema)

f = 2 f0 → f = 68 Mhz

Teniendo en cuenta que : f/BI < 1.6

Entonces el ancho de banda requerido es :

BI = f / 1.6 → BI = 68 / 1.6 = 42.5 Mhz

→ BI > 42.5 Mhz

Ancho de banda unitario = B = 1000 Mhz x km

El ancho de banda total de una longitud determinada es :

$$Bl = B \times L^{-1}$$

Donde : BI = 42.5 Mhz

B = 1000 Mhz x Km

L = Distancia del cable

= Indices del cable

0.5 Escalón

0.6 Gradual

1.0 Monomodo

$$L = B / BI$$

(3.3.) Tabulación de resultados

CARACTERISTICA ó COMPONENTE	ENLACES	
	Loma Toray - Pisac	Bandolista - Ollantaytambo
Sistema (Mbps)	34	34
Código de línea	CMI	CMI
Velocidad de transmisión (Mbps)	68	68
Frecuencia Normalizada(Fn)	1,6	1,6
Ancho de Banda requerido (Mhz)	42,5	42,5
Transmisor óptico	LD	LD
Ancho Espectral (nm)	10 nm	10 nm
Fibra óptica	MIG	MIG
Ancho de Banda Unitario (Mhzx Km)	1000	1000
Coefficiente de dispersión cromática [ps/(nm.Km)]	5	5
Máxima longitud de sección permisible sin regeneración : L (Kms), debido al ancho de banda	23.52	23.52

Tabla Nº 3.30 Análisis de los enlaces : Método Ancho de Banda

(4) Comentarios de los resultados

Evaluación realizada	Loma Toray - Pisac	Bandolista - Ollantaytambo
Máxima longitud (*) de sección permisible sin regeneración : L (Kms), debido a la atenuación	29.98 Kms	29.96 Kms
Máxima longitud de sección permisible sin regeneración : L (Kms), debido al ancho de banda	23.52 Kms	23.52 Kms

Tabla N° 3.31 Análisis los enlaces

- La máxima longitud de los enlaces sin regeneración estará dado por el parámetro de ancho de banda, por lo tanto :

(1) Distancia “Loma Toray - Pisac” < 23.52 Kms

$$L = 2.5 \text{ Kms} < 23.52$$

(2) Distancia “Bandolista - Ollantaytambo” < 23.52 Kms

$$L = 3.5 \text{ Kms} < 23.52$$

- Como se puede observar los dos enlaces son viables, teniendo en cuenta que la distancia de estos es menor de 23.52 Kms respectivamente.

3.5.3. Costos de los Enlace por Fibra Optica

Los tramos de los enlaces de la fibra óptica, serán canalizado y en triducto, el cual ofrecerá una mayor seguridad ante posibles actos vandálicos.

ENLACES FIBRA OPTICA					
Pisac - Loma Toray			Ollantaytambo - Bandolista		
	C.Unit(US \$)	Distancia	C. Total	Distancia	C. Total
Cable de F.O.	8	2500	20000	3500	28000
Canalización	10	2500	25000	3500	35000
Triducto	3	2500	7500	3500	10500
SUB TOTAL US \$			52500	73500	

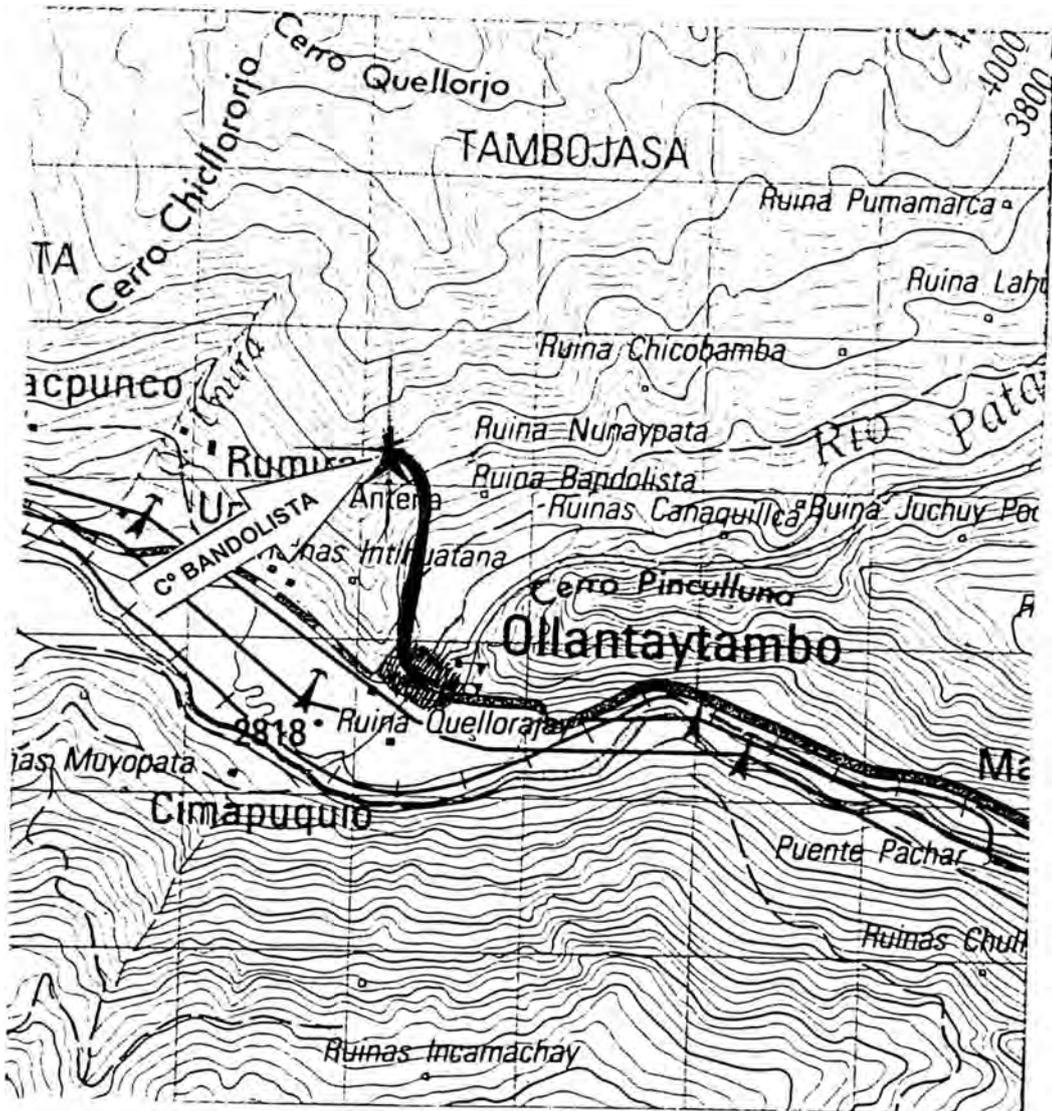
RESUMEN COSTOS POR ENLACE

ENLACE F.O.	US \$
Pisac - Loma Toray	52500
Ollantaytambo - Bandolista	73500
TOTAL US \$	126000

Tabla Nº 3.32 Costos estimados para los enlaces por F.O.

3.5.4. Esquema de interconexión topográfico de los enlaces por F.O.

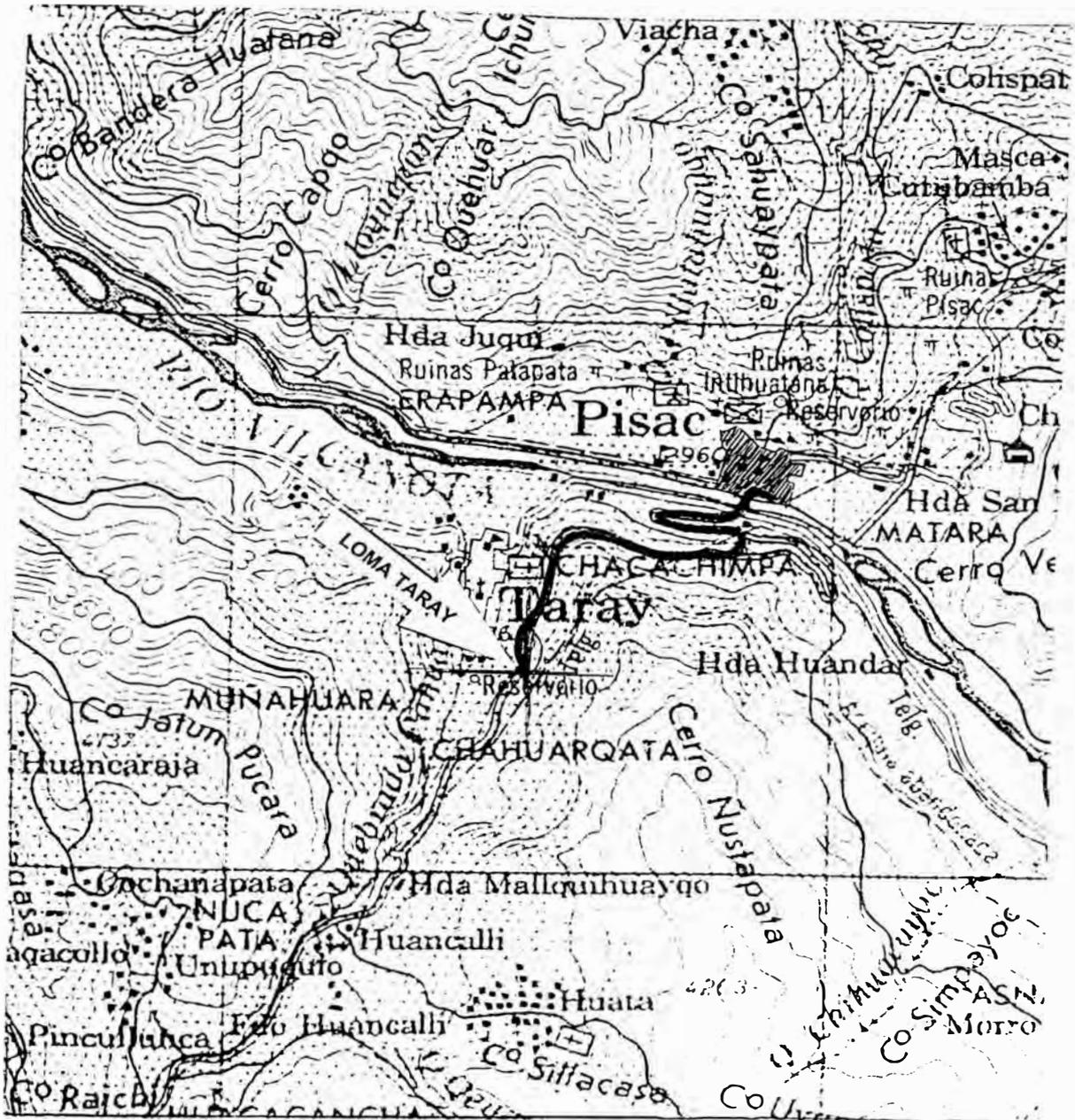
En las Fig. Nº 3.24 y 3.25 se muestra los esquemas de interconexión topográficos de las dos localidades que deberán ser interconectadas por fibra óptica.



**Fig. N° 3.24 Esquemático de interconexión por F.O.
(1) C° Bandolista - Ollantaytambo**

REF	: CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
NOMBRE DE LA CARTA	: URUBAMBA
CODIGO	: 27-R
ESCALA	: 1/100,000

	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA
C° BANDOLISTA	13°14'36"	72°16'02"	3521 msnm
OLLANTAYTAMBO	13°15'25"	72°15'43"	2967 msnm



**Fig. N° 3.25 Esquemático de interconexión por F.O.
(2) Loma Toray - Pisac**

REF	: CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
NOMBRE DE LA CARTA	: CALCA
CODIGO	: 27-S
ESCALA	: 1/100,000

	COORDENADAS Y ALTITUD DEL LUGAR		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTURA
LOMA TOTAY	13°25'30"	71°51'44"	3100 msnm
PISAC	13°24'60"	71°50'54"	2981 msnm

CAPÍTULO IV

DIMENSIONAMIENTO é INTRODUCCION DE NUEVAS CENTRALES DIGITALES TELEFONICAS EN CADA UNA DE LAS LOCALIDADES DEL VALLE SAGRADO

4.1. Tráfico telefónico en la zona del Valle Sagrado

Utilizando los resultados del estudio de la demanda, junto con la información relacionada a las áreas geográficas mas apropiadas para establecer el servicio de telefonía, se tiene elaborado ya un cuadro de demanda el cual tienen parámetros de población, índices de penetración telefónica y factores socioeconómico, el cual esta proyectado desde el año 1999 al 2004.

LOCALIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004
CALCA	617	665	710	755	770	796
CHINCHERO	154	176	198	220	229	238
OLLANTAYTAMBO	121	132	154	176	183	190
URUBAMBA	708	768	820	872	955	1046
ISCUCHACA	313	333	351	369	378	387
PISAC	232	245	257	270	274	278
TOTAL DEMANDA LINEAS	2145	2319	2490	2662	2788	2935

Tabla N° 4.1 Evolución de la demanda de líneas telefónicas

4.2. Descripción breve de las nuevas Centrales (AXE - 10)

(Ver Anexo C)

4.3. Cálculo de las líneas telefónica en función de la demanda

Los magazines de las centrales AXE son de 128 abonados cada uno. Por lo tanto de la Tabla N° 4.1 pertenecientes a la demanda de las líneas en cada localidad, modularizamos los magazines a 128 líneas de acuerdo a la siguiente fórmula :

$$\text{Lineas Telefonicas} = \text{Entero}\left(\frac{\text{Demanda Telefonica}}{128}\right) \times 128$$

Nota :

- Líneas telefónicas al año 2000
- Demanda de líneas telefónica al año 2000

De acuerdo a la fórmula de modularización a 128 líneas tendremos en la Tabla N° 4.2 las líneas definitivas por localidad que deberán ser implementadas, el año 2000 y el cual servirá como base para el dimensionamiento de cada central.

LOCALIDAD	LÍNEAS
Urubamba	768
Calca	768
Pisac	256
Ollantaytambo	128
Iscuchaca	384
Chinchero	256
Total líneas al 2000	2560

Tabla N° 4.2 Líneas telefónicas al año 2000

4.3.1. Dimensionamiento del hardware de las centrales telefónica

1. URUBAMBA

1.1. Sub Sistema RSS - Datos Generales

- **Números de abonados totales** **768**
- Tráfico unitario por abonado (Erlan) 0.035
- Tráfico saliente total (Erlan) 16.13 (60 % de tráfico Unit.)
- Tráfico local total (Erlan) 0.806 (5% del tráfico Saliente)
- **Tráfico originado total(Erlan)** **16.93 (Tráf. Salien.+local)**
- Tráfico entrante total (Erlan) 10.75 (40% de tráfico unitario)
- **Tráfico terminado total (Erlan)** **11.56 (Tráf. Entrante+local)**

Tráfico medio por abonado

- Tráfico originado 16.93 Erlan
- Tráfico terminado 11.56 Erlan

Tráfico total 28.49 Erlan

1.2. SSN-D

El equipamiento del SSN-D se realiza por cada grupo de 2048 abonados

Cant. de grupos de SSN-D = $768/2048 = 0.374$ es decir :

- 1 grupo incompleto de SSN-D con : $768/128 = 6$ LSM

Total grupos LSM → 6 LSM para 768 abonados

1.3. Circuito de conexión (E.T.B.)

Se calcula por grupo de SSN-D en función del tráfico por abonado

$A = \text{Tráfico medio por abonado} \times \text{num de abonado conectados al grupo de SSN-D}$

$$A = 27.69 \text{ Erlan}$$

Con estos valores de tráfico, según la tabla de erlan B y con un grado de congestión $E = 0.01$, necesitamos:

$$\text{Total de ETB} = 2$$

1.4. Receptores de teclado multifrecuencias (KRC)

El receptor de señalización multifrecuencia(KRC) forma parte del módulo LSM, con un total de 8 circuitos de códigos por cada tarjeta KRC. La cantidad de KRC se dimensiona en función del tráfico total originado por los abonados con la facilidad efectuándose

- Tiempo medio de ocupación (T_{mKR}) = 8 Seg.
- Tiempo medio duración de llamada (T_m) = 215 Seg.
- Traf. total orig. por grupo de 768 abon = 16.93 Erlan**

$$A_{KRD} = A_{\text{total}} \times T_{mKR}/T_m$$

$$P(> t) = 0.01 \quad A_{KRC} = 0.630 \text{ Erlan} \quad (768 \text{ abonados})$$

De acuerdo a la tabla de Erlan B y teniendo en cuenta que cada tarjeta tiene 8 funciones, necesitamos :

Por cada grupo incompleto de SSN-D : 8 funciones, es decir 3 KRC

$$\text{Total KRC} = 3$$

1.5. SE-PRM

El número de líneas que van a utilizar adaptadores de tasa, es el 10% de las líneas totales, mas un 3% de las líneas ampliadas (teléfonos públicos nuevos).

Por lo tanto, necesitamos SE-PRM para 100 abonados

Cada SE-PRM es para 64 abonados, entonces

$$\text{Almacen SE-PRM (12 Khz) = 2}$$

1.6. Dimensionamiento de otros equipos

STR

Para la etapa de abonados, son necesarios dos (uno duplicado) controladores del bus de RP remotos (STR) por cada grupo de 2048 abonados, así como el mismo número de centralizados (STC) localizados en la central madre (Cusco).

$$\text{STR} = 2 \times 1 = 2$$

IO-SULT

También es necesario un equipo de prueba de línea en la central (IO-SULT) por cada 2048 abonados.

$$\text{Nº IO-SULT : } 768/2048 = 1$$

2. CALCA

2.1. Sub Sistema RSS - Datos Generales

• Números de abonados totales	768
• Tráfico unitario por abonado (Erlan)	0.035
• Tráfico saliente total (Erlan)	16.13 (60 % de tráf. Unit.)
• Tráfico local total (Erlan)	0.806 (5% del tráf. Saliente)
• Tráfico originado total(Erlan)	16.93 (Traf. Salien.+local)
• Tráfico entrante total (Erlan)	10.75 (40% de tráf. unitario)
• Tráfico terminado total (Erlan)	11.56 (Tráf. Entran+local)
Tráfico medio por abonado	
- Tráfico originado	16.93 Erlan
- Tráfico terminado	11.56 Erlan
Tráfico total	28.49 Erlan

2.2. SSN-D

Cant. de grupos de SSN-D = $768/2048 = 0.380$ es decir :

- 1 grupo incompleto de SSN-D con : $768/128 = 6$ LSM

Total grupos LSM → 6 LSM para 768 abonados

2.3. Circuito de conexión (E.T.B.)

A = Tráfico medio por abonado X num de abonado conectados al grupo de SSN-D

$$\mathbf{A = 27.69 Erlan}$$

Con estos valores de tráfico, según la tabla de Erlan B y con un grado de congestión $E = 0.01$, necesitamos:

Total de ETB = 2

2.4. Receptores de teclado multifrecuencias (KRC)

- Tiempo medio de ocupación (TmKR) = 8 Seg.
 - Tiempo medio duración de llamada (Tm) = 215 Seg.
- Traf. total orig. por grupo de 768 abon = 16.93 Erlan**

A KRD = A total x TmKR/Tm

P(> t) = 0.01 A KRC = 0.630 Erlan (768 abonados)

De acuerdo a la tabla de Erlan B y teniendo en cuenta que cada tarjeta tiene 8 funciones, necesitamos :

Por cada grupo incompleto de SSN-D : 8 funciones, es decir 3 KRC

Total KRC = 3

2.5. SE-PRM

Necesitamos SE-PRM para : 100 abonados (13% del total abonados)

Cada SE-PRM es para 64 abonados, entonces :

Almacen SE-PRM (12 Khz) = 2

2.6. Dimensionamiento de otros equipos

STR : 2

IO-SULT : 1

3.- PISAC

3.1. Sub Sistema RSS - Datos Generales

• Números de abonados totales	256
• Tráfico unitario por abonado (Erlan)	0.035
• Tráfico saliente total (Erlan)	5.38 (60 % de tráfico Unit.)
• Tráfico local total (Erlan)	0.269 (5% del tráfico Saliente)
• Tráfico originado total(Erlan)	5.64 (Tráfico Saliente+local)
• Tráfico entrante total (Erlan)	3.58 (40% del tráfico Unitario)
• Tráfico terminado total (Erlan)	3.85 (Tráfico Entrante+local)
Tráfico medio por abonado	
- Tráfico originado	5.64 Erlan
- Tráfico terminado	3.85 Erlan
Tráfico total	9.50 Erlan

3.2. SSN-D

Cant. de grupos de SSN-D = $256/2048 = 0.125$ es decir :

- 1 grupo incompleto de SSN-D con : $256/128 = 2$ LSM

Total grupos LSM → 2 LSM para 256 abonados

3.3. Circuito de conexión (E.T.B.)

A = Tráfico medio por abonado X num de abonado conectados al grupo de SSN-D

$$A = 9.23 \text{ Erlan}$$

Con estos valores de tráfico, según la tabla de erlan B y con un grado de congestión $E = 0.01$, necesitamos:

Total de ETB = 1

3.4. Receptores de teclado multifrecuencias (KRC)

- Tiempo medio de ocupación (TmKR) = 8 Seg.
 - Tiempo medio duración de llamada (Tm) = 215 Seg.
- Traf. total orig. por grupo de 256 abon = 5.64 Erlan**

A KRD = A total x TmKR/Tm

P(> t) = 0.01 A KRC = 0.210 Erlan (256 abonados)

De acuerdo a la tabla de Erlan B y teniendo en cuenta que cada tarjeta tiene 8 funciones, necesitamos :

Total KRC = 2

3.5. SE-PRM

Por lo tanto, necesitamos SE-PRM para : 34 abonados

Almacén SE-PRM (12 Khz) = 1

3.6. Dimensionamiento de otros equipos

STR = 2

IO-SULT = 1

4. OLLANTAYTAMBO

4.1. Sub Sistema RSS - Datos Generales

- **Números de abonados totales** **128**
- Tráfico unitario por abonado (Erlan) 0.035
- Tráfico saliente total (Erlan) 2.69 (60 % de tráfico Unit.)
- Tráfico local total (Erlan) 0.134 (5% del tráfico Saliente)
- **Tráfico originado total(Erlan)** **2.82 (Tráfico Saliente.+local)**
- Tráfico entrante total (Erlan) 1.79 (40% del tráfico Unitario)
- **Tráfico terminado total (Erlan)** **1.93 (Tráfico Entrante+local)**

Tráfico medio por abonado

- Tráfico originado 2.82 Erlan
- Tráfico terminado 1.93 Erlan

Tráfico total 4.75 Erlan

4.2. SSN-D

Cant. de grupos de SSN-D = $128/2048 = 0.0625$ es decir :

- 1 grupo incompleto de SSN-D con = $128/128 = 1$ LSM

Total grupos LSM → 1 LSM para 128 abonados

4.3. Circuito de conexión (E.T.B.)

A = 4.61 Erlan

Con estos valores de tráfico, según la tabla de erlan B y con un grado de congestión $E = 0.01$, necesitamos:

Total de ETB = 1

4.4. Receptores de teclado multifrecuencias (KRC)

- Tiempo medio de ocupación (TmKR) = 8 Seg.
- Tiempo medio duración de llamada (Tm) = 215 Seg.
- Traf. total orig. por grupo de 128 abon = 2.82 Erlan**

$$A_{KRD} = A_{total} \times T_{mKR}/T_m$$

$$P(> t) = 0.01 \quad A_{KRC} = 0.105 \text{ Erlan (128 abonados)}$$

$$\text{Total KRC} = 1$$

4.5. SE-PRM

Necesitamos SE-PRM para : 17 abonados

Cada SE-PRM es para 64 abonados, entonces

$$\text{Almacen SE-PRM (12 Khz)} = 1$$

4.6. Dimensionamiento de otros equipos

$$\text{STR} = 2$$

$$\text{IO-SULT} = 1$$

5. ISCUCHACA

5.1. Sub Sistema RSS - Datos Generales

• Números de abonados totales	384
• Tráfico unitario por abonado (Erlan)	0.035
• Tráfico saliente total (Erlan)	8.06 (60 % de tráf. Unit.)
• Tráfico local total (Erlan)	0.403 (5% del tráf. Saliente)
• Tráfico originado total(Erlan)	8.47 (Traf. Salien.+local)
• Tráfico entrante total (Erlan)	5.38 (40 % de tráf. Unitario)
• Tráfico terminado total (Erlan)	5.78 (Tráf. Entran+local)
Tráfico medio por abonado	
- Tráfico originado	8.47 Erlan
- Tráfico terminado	5.78 Erlan
Tráfico total	14.25 Erlan

5.2. SSN-D

Cant. de grupos de SSN-D = $384/2048 = 0.187$ es decir :

- 1 grupo incompleto de SSN-D con $384/128 = 3$ LSM

Total grupos LSM → 3 LSM para 384 abonados

4.3. Circuito de conexión (E.T.B.)

A = 13.84 Erlan

Total de ETB = 1

5.4. Receptores de teclado multifrecuencias (KRC)

- Tiempo medio de ocupación (TmKR) = 8 Seg.
- Tiempo medio duración de llamada (Tm) = 215 Seg.

Traf. total orig. por grupo de 384 abon = 8.47 Erlan

A KRD = A total x TmKR/Tm

P(> t) = 0.01 A KRC = 0.315 Erlan (384 abonados)

De acuerdo a la tabla de Erlan B y teniendo en cuenta que cada tarjeta tiene 8 funciones, necesitamos

Total KRC = 2

5.5. SE-PRM

Por lo tanto, necesitamos SE-PRM para 50 abonados

Almacén SE-PRM (12 Khz) = 1

5.6. Dimensionamiento de otros equipos

STR = 2

IO-SULT = 1

6.- CHINCHERO

6.1. Sub Sistema RSS - Datos Generales

- **Números de abonados totales** **256**
- Tráfico unitario por abonado (Erlan) 0.035
- Tráfico saliente total (Erlan) 5.38 (60 % de tráf. Unit.)
- Tráfico local total (Erlan) 0.269 (5% del tráf. Saliente)
- **Tráfico originado total(Erlan)** **5.64 (Traf. Salien.+local)**
- Tráfico entrante total (Erlan) 3.58 (40% del tráf. Unitario)
- **Tráfico terminado total (Erlan)** **3.85 (Tráf. Entran+local)**

Tráfico medio por abonado

- Tráfico originado 5.64 Erlan
- Tráfico terminado 3.85 Erlan

Tráfico total 9.50 Erlan

6.2. SSN-D

Cant. de grupos de SSN-D = $256/2048 = 0.380$ es decir :

- 1 grupo incompleto de SSN-D con $= 256/128 = 2$ LSM

Total grupos LSM → 2 LSM para 256 abonados

6.3. Circuito de conexión (E.T.B.)

A = 9.23 Erlan

Total de ETB =1

6.4. Receptores de teclado multifrecuencias (KRC)

- Tiempo medio de ocupación (TmKR) = 8 Seg.
- Tiempo medio duración de llamada (Tm) = 215 Seg.
- Traf. total orig. por grupo de 256 abon = 5.64 Erlan**

$$A_{KRD} = A_{total} \times T_{mKR} / T_m$$

$$P(> t) = 0.01 \quad A_{KRC} = 0.315 \text{ Erlan (256 abonados)}$$

De acuerdo a la tabla de Erlan B y teniendo en cuenta que cada tarjeta tiene 8 funciones, necesitamos :

$$\text{Total KRC} = 2$$

6.5. SE-PRM

Por lo tanto, necesitamos SE-PRM para 34 abonados

$$\text{Almacen SE-PRM (12 Khz)} = 1$$

6.6. Dimensionamiento de otros equipos

$$\text{STR} = 2$$

$$\text{IO-SULT} = 1$$

4.3.2. Resumen requerimiento de Hardware - Centrales AXE-10

CENTRAL	Líneas	Tráf. Total (Erlan)	LSM	ETB	KRC	SE-PRM	STR	IO-SULT
Urubamba	768	27.69	6	2	3	2	2	1
Calca	768	27.69	6	2	3	2	2	1
Pisac	256	9.23	2	1	2	1	2	1
Ollantayt.	128	4.61	1	1	1	1	2	1
Iscuchca	384	13.84	3	1	2	1	2	1
Chincheru	256	9.23	2	1	2	1	2	1
TOTAL	2560	92.29	20	8	13	8	12	6

**Tabla N° 4.3 Resumen equipamiento de las Centrales AXE-10
(Año 2000)**

4.3.3. Resumen análisis de tráfico de cada localidad

ANALISIS DE TRAFICO	LOCALIDADES					
	Urub.	Calca	Pisac	Ollant.	Iscuch.	Chinch.
Números de abanados totales	768	768	256	128	384	256
Tráf. unitario/abon.(Erlan)	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Tráfico saliente total (Erlan)	16,13	16,13	5,38	2,69	8,06	5,38
Tráfico local total (Erlan)	0,81	0,81	0,27	0,13	0,40	0,27
Tráfico originado total (Erlan)	16,93	16,93	5,64	2,82	8,47	5,64
Tráfico entrante total (Erlan)	10,75	10,75	3,58	1,79	5,38	3,58
Tráfico terminado total (Erlan)	11,56	11,56	3,85	1,93	5,78	3,85
Total tráfico	28,49	28,49	9,50	4,75	14,25	9,50

Tabla N° 4.4 Resumen análisis de tráfico efectuado (Año 2000)

4.4. Esquema de enrutamiento sistema de Conmutación

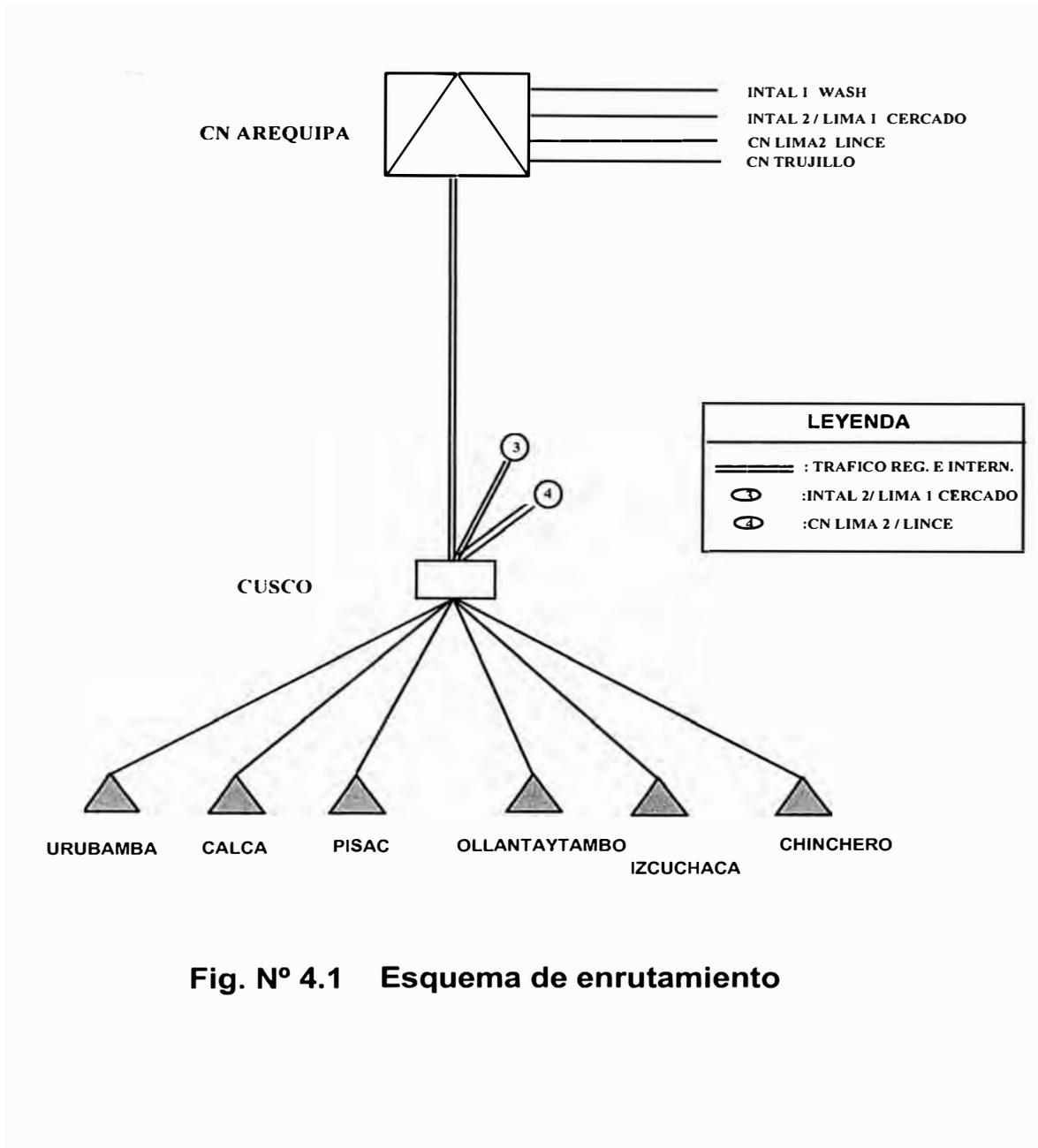


Fig. N° 4.1 Esquema de enrutamiento

4.5. Esquemáticos del equipamiento de la centrales telefónicas.

S T R	S T R	IOSULT		E T B	E T B	LSM(128 líneas)
SEPRM	SEPRM					LSM(128 líneas)
LSM(128 líneas) KR+ETB						
LSM(128 líneas) KR+ETB						
LSM(128 líneas) KR + ETB						
LSM(128 líneas) ETB						

Fig. N° 4.2 Central Urubamba

S T R	S T R	IOSULT		E T B	E T B	LSM(128 líneas)
SEPRM	SEPRM					LSM(128 líneas)
LSM(128 líneas) KR+ETB						
LSM(128 líneas) KR+ETB						
LSM(128 líneas) KR + ETB						
LSM(128 líneas) ETB						

Fig. N° 4.3 Central Calca

S T R	S T R	IOSULT		E T B
SEPRM				
LSM(128 líneas) KR+ETB				
LSM(128 líneas) KR+ETB				

Fig. N° 4.4 Central Pisac

S T R	S T R	IOSULT		E T B
SEPRM				
LSM(128 líneas) KR+ETB				

Fig. N° 4.5 Central Ollantaytambo

S T R	S T R	IOSULT		E T B
SEPRM				
LSM(128 líneas) KR+ETB				
LSM(128 líneas) KR+ETB				
LSM(128 líneas) KR + ETB				

Fig. N° 4.6 Central Iscuchaca

S T R	S T R	IOSULT		E T B
SEPRM				
LSM(128 líneas) KR+ETB				
LSM(128 líneas) KR+ETB				

Fig. N° 4.7 Central Chinchero

CAPÍTULO V

FACTIBILIDAD DE INTRODUCCION DE NUEVOS SERVICIOS(CELULAR, RDSI y DATOS) EN LA REGION VALLE SAGRADO

5.1. Consideraciones para la planificación de la Red Celular en el Valle Sagrado

La planificación de la red celular móvil con lleva la planificación de las redes de conversación, señalización é interconexión. Dado la complejidad intrínseca del problema, así como el volumen de información que es necesario manejar, es conveniente la utilización de aplicaciones informáticas que faciliten la tarea de implementar la red.

5.1.1 Sistema Analógico (AMPS)

- **Mapa de distribución de Tráfico**

Basados en los datos de tráfico actuales por cada sector, se obtiene el mapa de distribución de tráfico del sistema, lo que mostrará que no existe una distribución de tráfico uniforme, sino que habrá mayor concentración en determinados puntos de cada pueblo en estudio.

- **Premisas de diseño - tráfico**

Se debe tener en cuenta el tráfico medio por abonado, el número de abonados y el tiempo de retención de llamadas. Con estos datos es

posible calcular el máximo tráfico demandado. Cabe resaltar que los diseños se hacen teniendo en cuenta 2% de bloqueo. Es importante trabajar con un factor seguridad de 18 %.

- **Plan de Frecuencias**

Es importante tomar en cuenta el patrón de rehusos y el plan de frecuencia. Para el caso en que se use celdas sectorizadas, se considera un patrón de uso de 7 celdas. Si se usará el tipo de celda omnidireccional, el patrón de rehusos será 12. Se debe evitar el uso de canales adyacentes en una misma celda, o en celdas contiguas. Debe tener una separación de canales en una misma celda de 21, esto quiere decir 630 KHz.

- **Estudio de cobertura**

Inicialmente, se calcula un estimado de la cobertura de la celda, mediante un estudio de "Link budget", que toma en cuenta las pérdidas y ganancias en el camino de propagación, así como un modelo de propagación para el cálculo del radio estimado de la estación base.

Utilizando la herramienta, NetPlan, se verifica lo obtenido anteriormente y se realiza estudio de propagación tanto de la estación base hacia el móvil (Forward link), como del móvil hacia la Estación Base (Reverse Link). Esto se conoce como "Balanced Path". Así se determinan posibles zonas donde la cobertura es pobre y se hace necesaria una Estación Base. La idea es asegurar el servicio dentro de edificaciones.

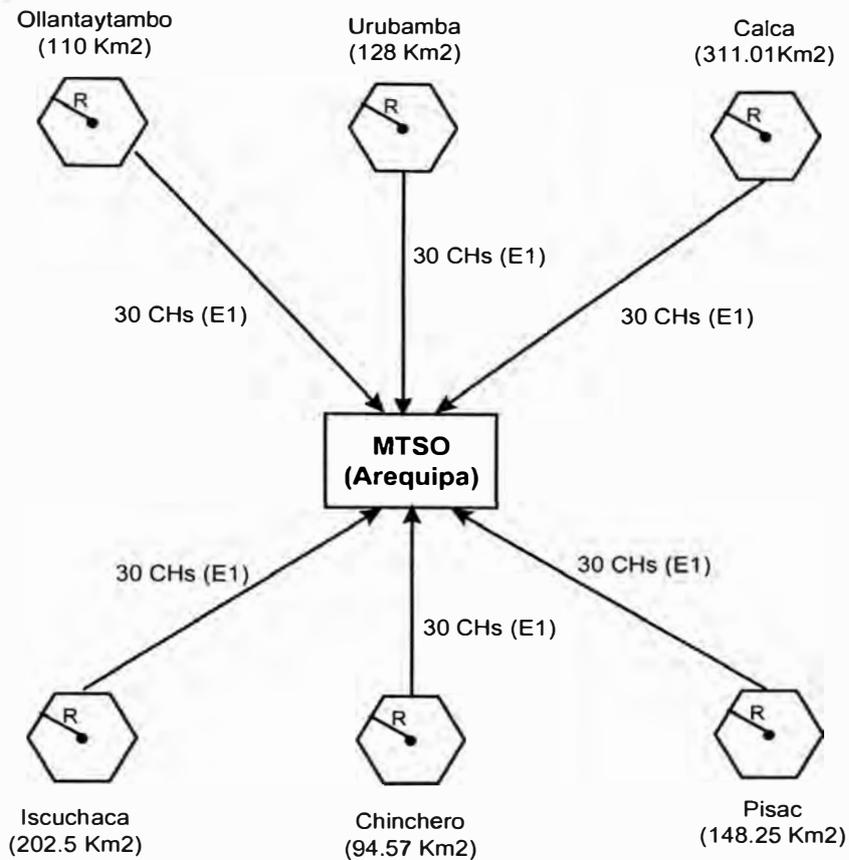


Fig. N° 5.1 Celdas celulares en el Valle Sagrado

- Considerando que la celda celular se encontrará en el pueblo y que este tiene una superficie llana (Plana) y que el radio teórico de una celda es de 10-15 Kms, podemos considerar inicialmente que el radio teórico de la celda sea 10 Km²:

$$\text{Area Celda Celular} = 314.15 \text{ Km}^2$$

El área de cada localidad a cubrir es menor que el área que puede cubrir la celda celular, por lo tanto el número de celdas por localidad es el sgte .:

Localidad	Nº Celdas
Urubamba	1
Calca	1
Pisac	1
Chincheru	1
Ollantaytambo	1
Iscuchaca	1

- **Criterios para determinar la cobertura**

Los criterios son los siguientes :

1. El nivel de señal RDSSI que recibe el móvil en la calle debe ser -75 dBm a -80 dBm para garantizar buena cobertura dentro de edificios.
2. la sensibilidad de recepción del transceiver de la estación celular es -116 dBm.
3. En los estudios de propagación se tiene en cuenta los efectos de desvanecimiento de señal, el ruido ambiental, margen de interferencia (dependiendo de la carga del sistema), altura del móvil. ERP del móvil y de la estación base de acuerdo a lo que se tiene actualmente en servicio, vale decir, que la propagación se tiene los valores de ERP, altura de torres y downtills que actualmente tenemos en el sistema. Para este estudio se ha tomado los siguientes valores para los parámetros anteriormente descritos :

- Atenuación por desvanecimiento de la señal : 5.6 dB.

- Ruido ambiental : 2.5 dB

- Margen de interferencia (para 80 % de carga) : 7 dB
- Altura del móvil : 1.5 mts
- Potencia máxima del móvil : 600 mW

4. Para determinar cuáles son los límites por cobertura, ya sea dentro de edificios, en la calle ó en un auto, se consideran las siguientes pérdidas :

- Pérdida en vehículo : 6 dB
- Pérdida por el cuerpo humano : 2 dB

Pérdida en edificio : 15 dB

Luego, teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, nuestros límites para el estudio de propagación son :

- Estación base → Móvil :

Para asegurar cobertura en edificios, la medida en calle debe ser -75 a -80 dBm. El nivel de señal de un móvil en calle debe ser -85 a -90 dBm.

- Móvil → Estación base :

Tener en cuenta que la sensibilidad del transceiver es -116 dBm, es decir el mínimo nivel de señal que percibe la estación base.

5.1.2. Sistema CDMA

- **Estudio del Tráfico**

Un Estación base CDMA de una sola portadora puede cursar hasta 38.4 Erlan ; adicionalmente debemos considerar el uso de recursos de la estación base para efectos de soft handoff, el cual consideramos en 48 %, por lo que el tráfico de un estación base incluido el factor soft handoff es 56.8 Erlan. Estos 56.8 Erlan a un grado de servicio de 2% equivale a 68 canales de tráfico. Hay que considerar los canales de búsqueda y sincronismo que corresponden a dos canales de tráfico por sector, lo que equivale a decir 6 canales para este fin.

- **Premisas de diseños**

Se debe tener en cuenta, el tráfico medio por abonado, el número de abonados, el tiempo de retención de llamada, el tipo de codificador a usar (8k, 13K ó 8KEVRC) y el tipo de configuración de la estaciones, que en su mayoría de estos casos es omnidireccional. Cabe resaltar que los diseños se hacen teniendo en cuenta un 2% de bloqueo. Con estos datos podemos saber el máximo tráfico manejado por el sistema y por celda. Es importante trabajar con un factor de seguridad del 18%.

- **Estudio de cobertura**

Inicialmente, se calcula un estimado de la cobertura de la celda, mediante un estudio de "link budget", que toma en cuenta las pérdidas y ganancias en el camino de propagación, así como el modelo de propagación para el cálculo del radio estimado de la estación base.

Utilizando una herramienta NetPlan, será posible el estudio de redes celulares CDMA incorporando el concepto de tráfico en el análisis del comportamiento del sistema. Esto implica estudio de simulación CDMA, que involucran los caminos tanto de la Estación Base hacia el móvil (forward link), como del móvil hacia la Estación Base (reverse link).

Se determina posibles zonas donde la cobertura digital es pobre y se hace necesaria una estación Base. Se desea asegurar una buena cobertura dentro de edificaciones. La información que proporciona el NetPlan son imágenes que genera la simulación, en las cuales se puede apreciar gráficamente el comportamiento del sistema.

Las principales son la que muestra la intensidad de señal del piloto, es decir, nivel de E_c/I_0 (dB), siendo un valor aceptable hasta -12 dB y la que presenta la potencia requerida de transmisión del móvil, siendo el límite 10 dBm (notar que los móviles CDMA tiene como potencia máxima de transmisión 200 mW, que equivale a 23 dBm). Tener en cuenta que estas imágenes consideran el mapa de distribución de tráfico generado previamente.

5.1.3. Cobertura Celular en cada localidad - Mapas distritales

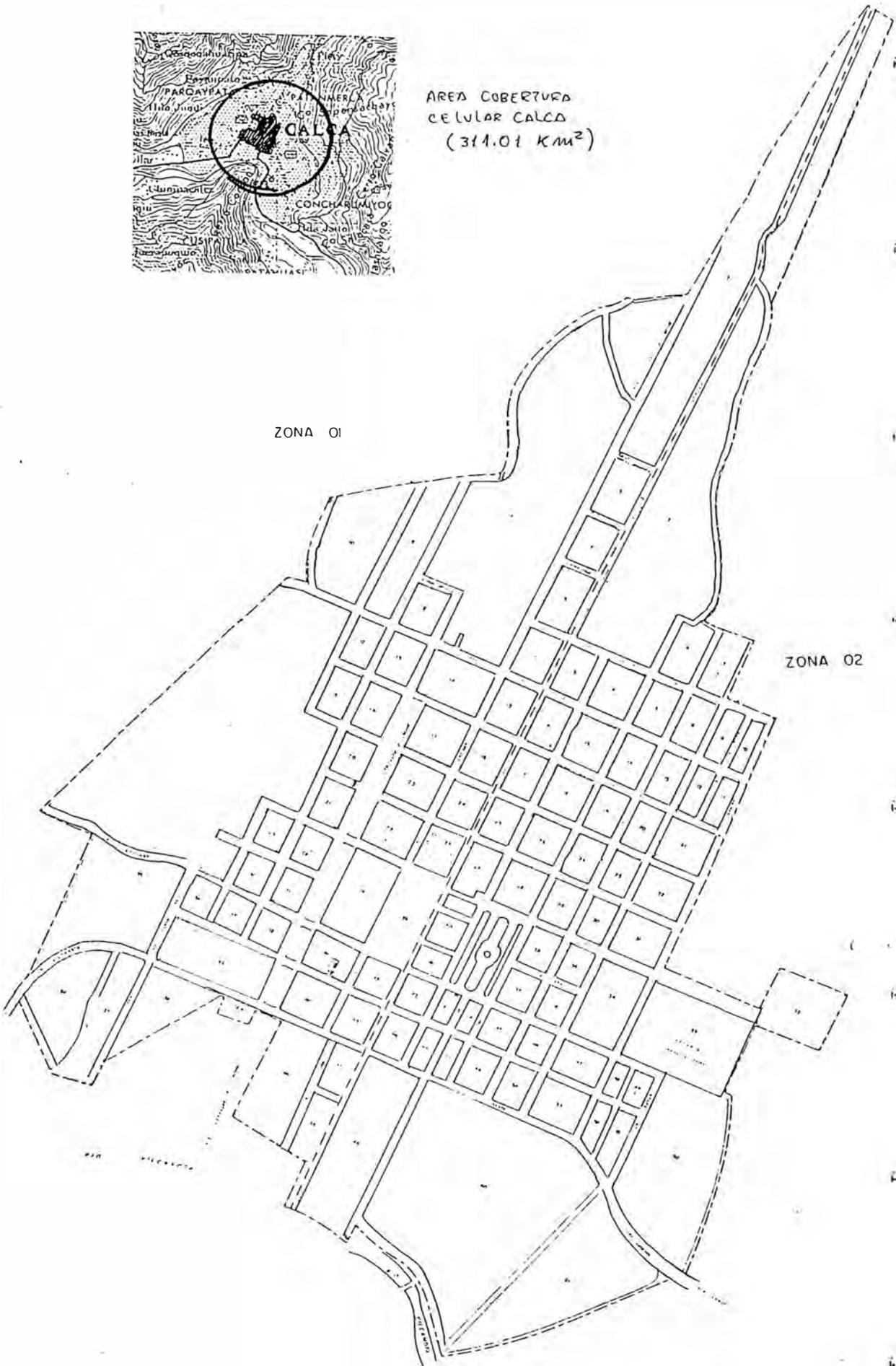
En función al área teórico que hemos tomados como referencia, para determinar la cobertura celular, se adjunta los mapas distritales de las 6 localidades que tendrán servicio celular. En ella se indica el área que debe cubrir cada celda, y que por lo general es una celda omnidireccional.



AREA COBERTURA
CELULAR CALCA
(311.01 KM²)

ZONA 01

ZONA 02

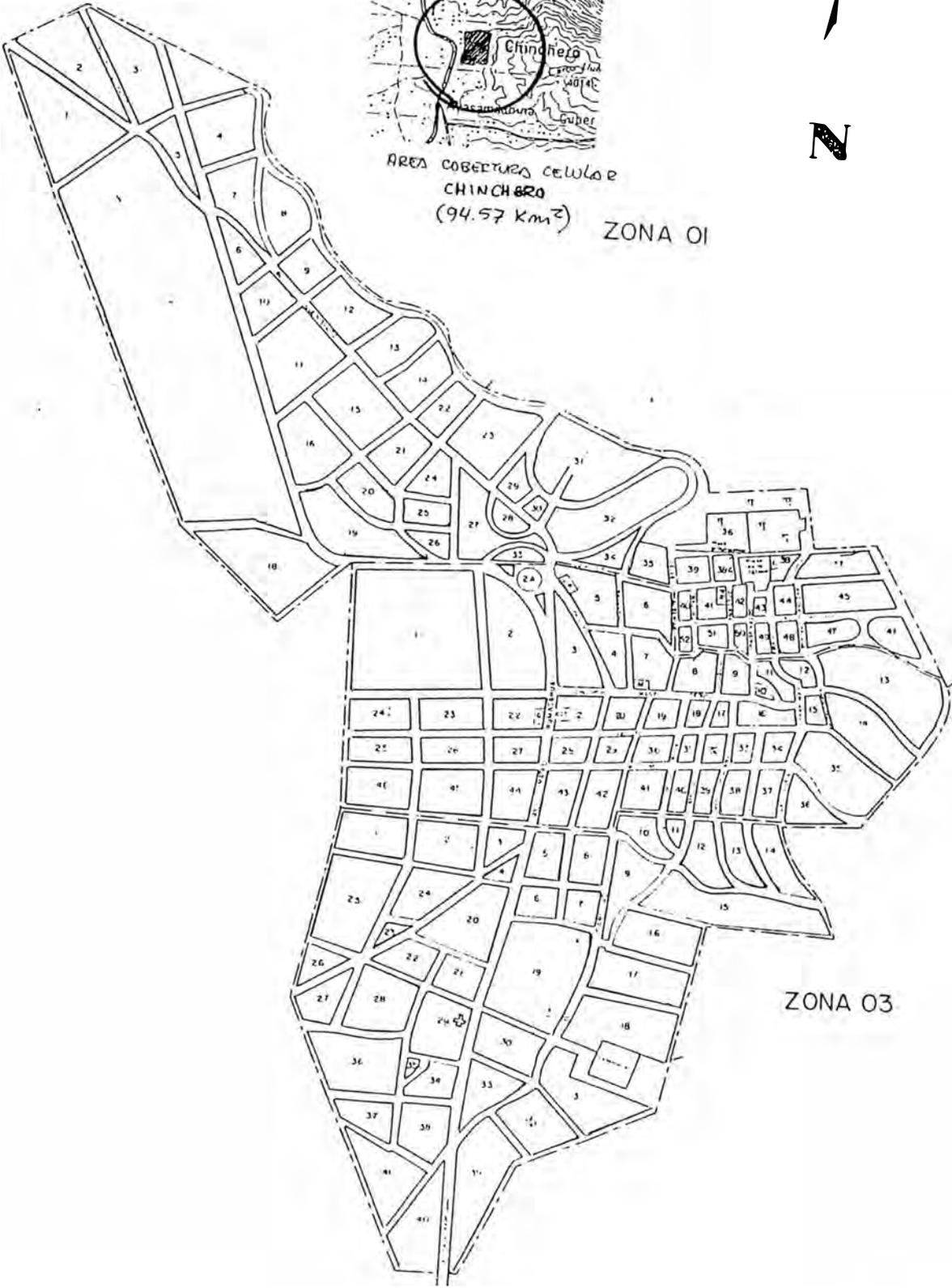


INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA
DIRECCION GENERAL DE CENSO Y ESTADISTICA

PROYECTO	FECHA	ENCARGADO	OTRO
PLAN DE CALCA	1997	DR. CALCA	DR. CALCA
PLAN DE CALCA	1997	DR. CALCA	DR. CALCA
PLAN DE CALCA	1997	DR. CALCA	DR. CALCA
PLAN DE CALCA	1997	DR. CALCA	DR. CALCA



AREA COBERTURA CELESTE
 CHINCHERO
 (94.57 Km²) ZONA 01



ZONA 02

ZONA 03

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMÁTICA		
DIRECCIÓN REGIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA		
PROCESO DE CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA		
REG	INCA	01
PROV	UNOBA	02
DIST	CHINCHERO	02
CAP	CHINCHERO	
C.P.		



AREA COBERTURA
CELULAR OLLANTAYTAMBO
(110 Km²)

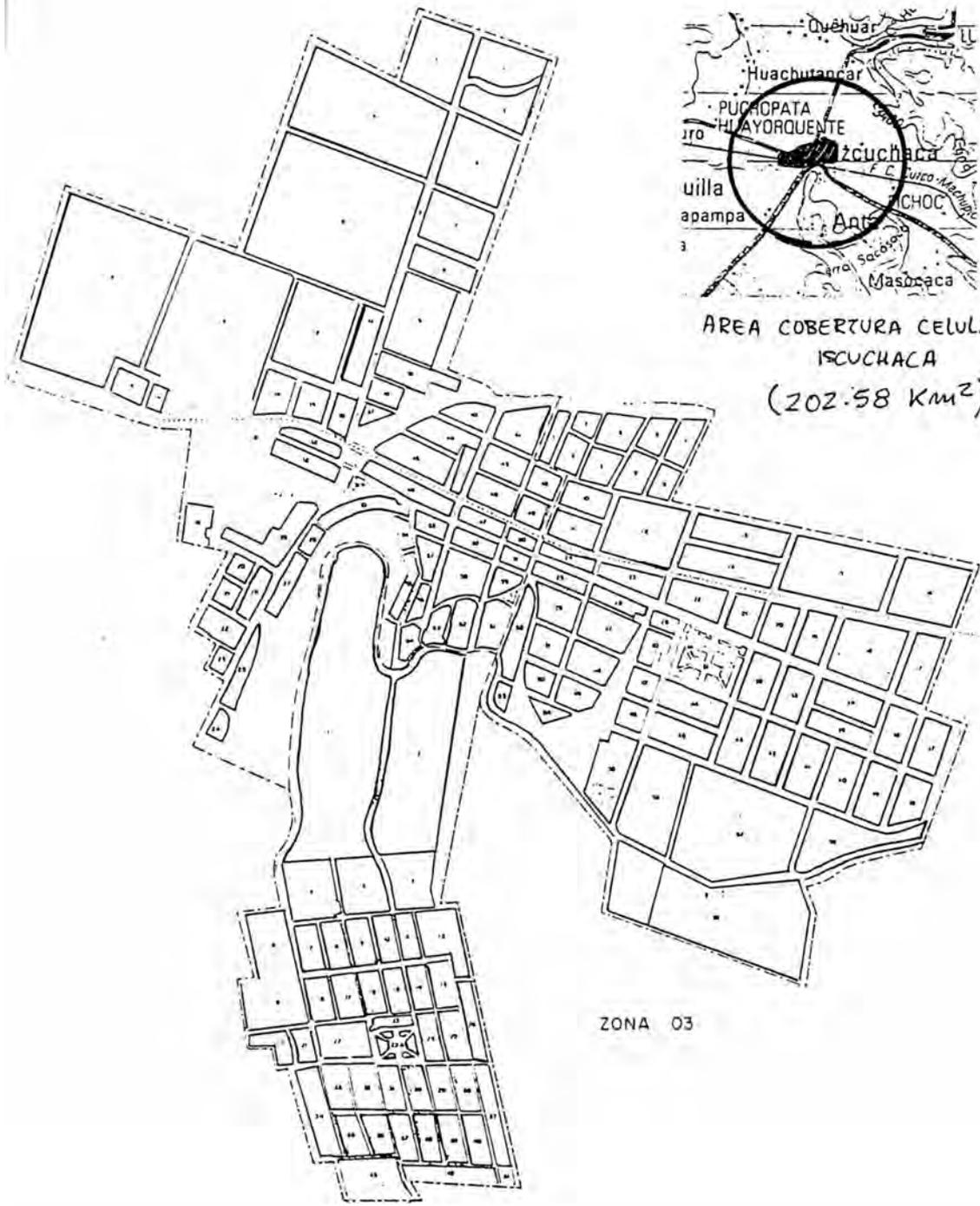


ZONA 01



LEYENDA	
GUBERNACION	G
MUNICIPALIDAD	M
JUZGADO DE PAZ	J.P.
POLICIA NACIONAL	P.N.
IS - SIA	IS - SIA
CENTRO EDUCATIVO	CENTRO EDUCATIVO
CORREOS Y TELEGRAFOS	CORREOS Y TELEGRAFOS
POSTA MEDICA	POSTA MEDICA
DEPRESION SERRANA	DEPRESION SERRANA
TEMPLO DE CULTIVO	TEMPLO DE CULTIVO
POLIGONA URBANA	POLIGONA URBANA

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA			
DIRECCION TECNICA DE CENSOS Y ENCUESTAS			
DIRECCION ELECTRONICA DE CARTOGRAFIA Y GEOGRAFIA			
TIPO DE B.O.C. CARTOGRAFICO	REG	INCA	06
PLANO URBANO	PROV	URUBAMBA	21
Division del P.A.O.	DIS	OLLANTAYTAMBO	06
Mapa de Ubicacion	P.E.	CAR	OLLANTAYTAMBO
Escala	1:400,000	S.C.R.	
Fecha	1974	Actualizado	OP. CAMP. INE. 1974



AREA COBERTURA CELULAR
 ISCUCHACA
 (202.58 Km²)

ZONA 02

ZONA 03

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

SECCION DE SERVICIOS DE CARTOGRAFIA Y SIG

PROYECTO	REL	FECHA	198
PLANO	PROY	ANTA	03
	DIST	ANTA	01
	CAP	ANTA	

5.2. Planificación de la red de datos del Valle Sagrado

Teniendo en cuenta que a la actualidad existe demanda en la zona del Valle Sagrado, debido a la existencia de empresas turísticas, así como hoteles, la necesidad de conectarse a Internet así como la apertura de algunos bancos y empresas, se establece la necesidad de implementar los siguientes nodos de datos, de acuerdo a la proyección realizada en el capítulo 2.

Nodo de datos : Calca, Pisac y Urubamba para el año 2000. Para después se tiene proyectado implementar nodo de datos en las otras localidades.

Los Nodos de Datos se instalarán en las respectivas centrales telefónicas, donde se encuentran también las centrales de conmutación. De acuerdo a las proyecciones estimadas se considerará un E1 (30 canales de 64 Kbps) inicialmente para cada nodo. Si las necesidades de canales aumentaran, el hardware del nodo soportaría la adecuación de otro E1 adicional.

- Todos los nodos(Urubamba, Calca, Pisac) deberán estar enrutados hacia el Nodo del Cusco. A partir del Nodo del Cusco, este se comunicará con cualquier lugar del Perú, dado que en la actualidad existe a nivel nacional una red de datos el cual interconecta la gran mayoría de localidades, incluyendo Lima (Ver Esquema)

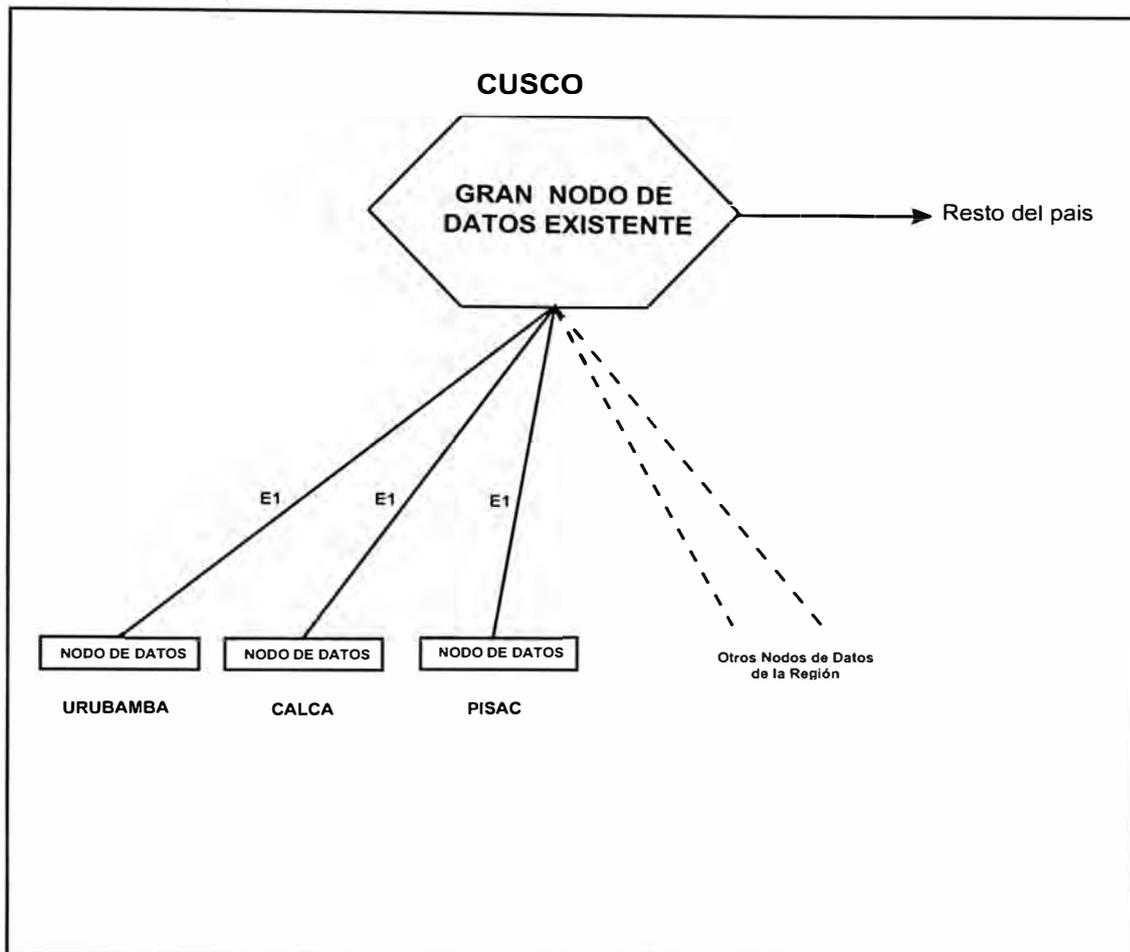


Fig. N° 5.2 Esquemático de interconexión Nodos de datos al año 2000

Como se explico anteriormente cada Nodo de Datos de las localidades mencionadas serán instaladas en cada local de la Central Telefónica. El sistema de transmisión requerido será el mismo que utiliza la central de conmutación. En este caso todos las localidades están con sistemas PDH con una capacidad de 34 Mbps (16x2 Mbps), de los cuales algunos E1s serán para la Central de Conmutación y otro E1 será exclusivamente para el Nodo de Datos. Este E1 del Nodo de Datos será enrutado y adecuado a través de los diversos medios de transmisión hasta el Cusco (Ver Esquema)

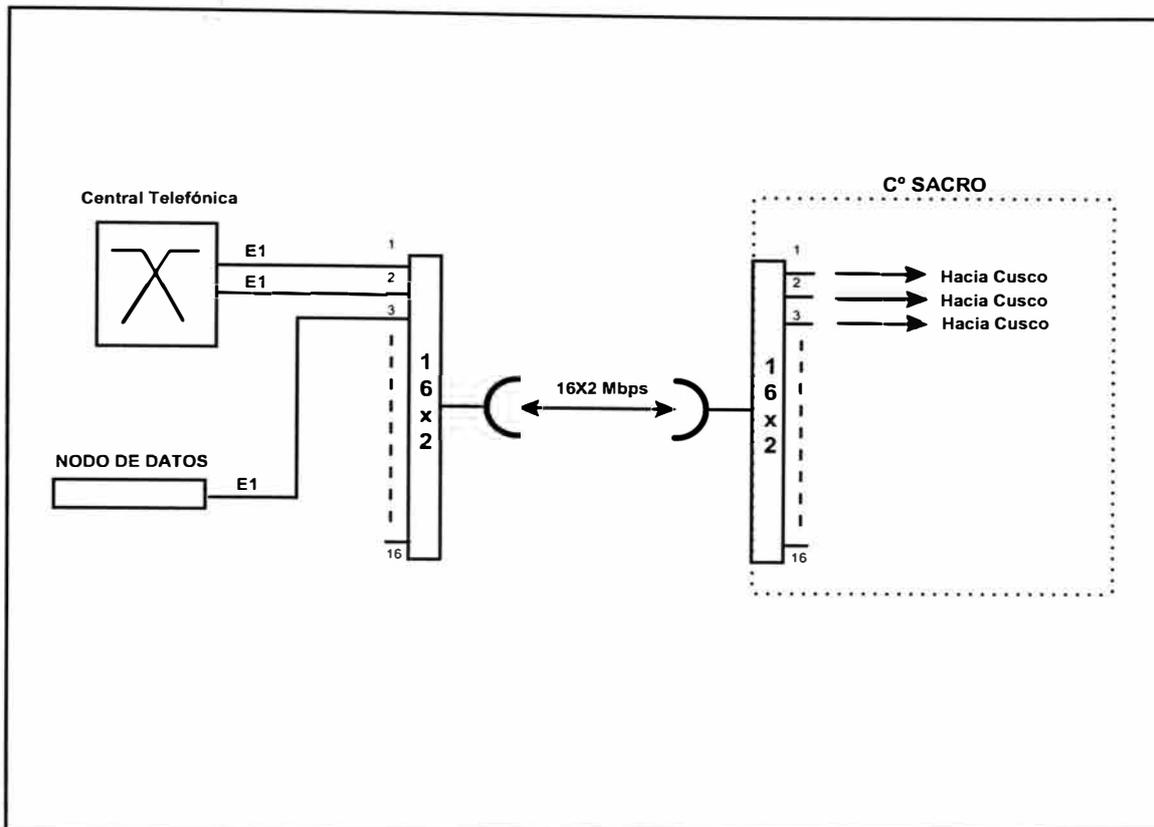


Fig. N° 5.3 Interconexión Nodo de datos - transmisión

Cada Nodo de Datos deberá estar implementados con diversos tipos de puertas para satisfacer las necesidad de los clientes, velocidades y distancias. Los tipos de puertas que tendrá particularmente cada nodo será :

Puerta E1: Esta tarjeta permitirá la conexión con el medio de transmisión, y es en el cual llevará todas las tramas de los usuarios y sus diferentes aplicaciones, en forma digital.

Puerta DNIC : Esta tarjeta permitirá interconectar a usuarios que se encuentren cerca al la central telefónica a velocidades mayores a 64 Kbps y en forma sincrónica. Este tipo de conexión solo considera un módem en el lado del usuario.

Puerta RS232 : Para aplicaciones sincrónicas y asincrónicas (menores de 64 Kbps) y distancias mayores de 500 mts. Se requiere dos módem, usuario y nodo.

Puerta V.35 : Para velocidades mayores a 64 Kbps y distancia mayores de 500 mts

Ver esquema de multiplexor.

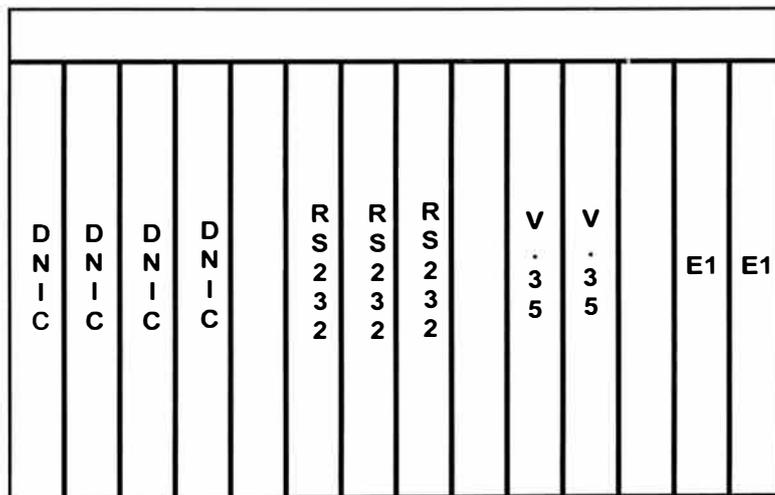


Fig. N° 5.4 Tipos de puertos de un nodo de datos(Multiplexor)

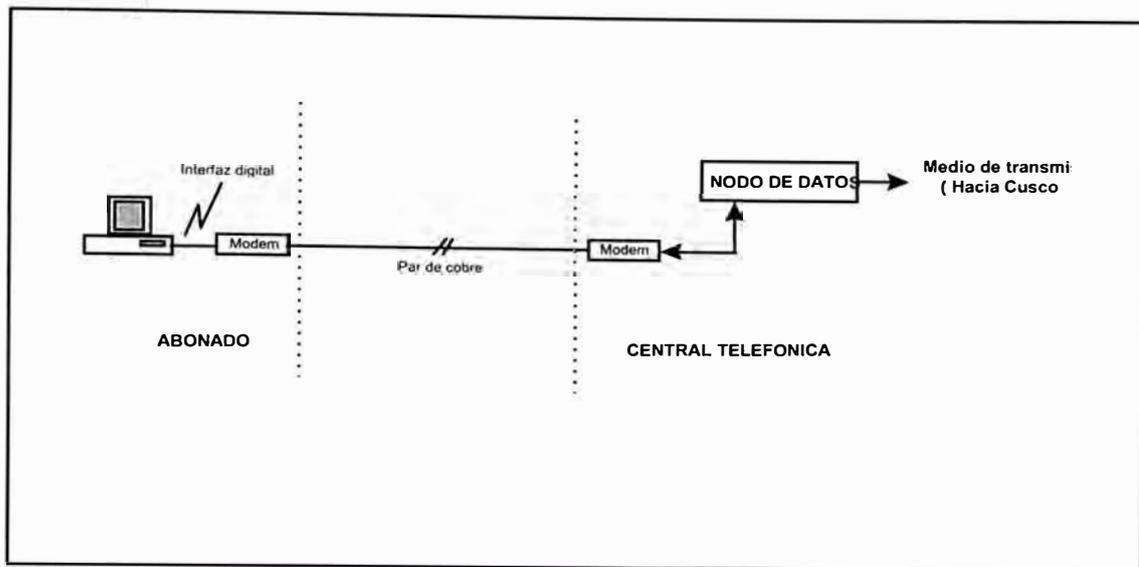


Fig. Nº 5.5 Esquema de interconexión básica : abonados - nodo

5.3. Aplicación RDSI - Valle Sagrado

5.3.1. RDSI-BA

También se denomina RDSI de Banda Estrecha. Para implementar los Accesos Básicos en las localidades que requiere RDSI (2B+D), solo se debe implementar hardware adicional en cualquier central telefónica. Esto quiere decir que las centrales telefónicas que se instalen, estas ya tiene capacidad para soportar RDSI de acceso básico. Debido a que los costos de implementar los acceso primario es muy alto, se ha estimado conveniente que estos sean solo implementados en todas las cabeceras, por ejemplo Cusco. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, si es posible tener la disponibilidad de acceso básico y su interconexión será de acuerdo al esquema adjunto, en el cual el par de cobre es el mismo que llega al usuario y solo habría que instalar un terminal especial RDSI para disponer de las aplicaciones y servicios de la central telefónica (Ver Esquema)

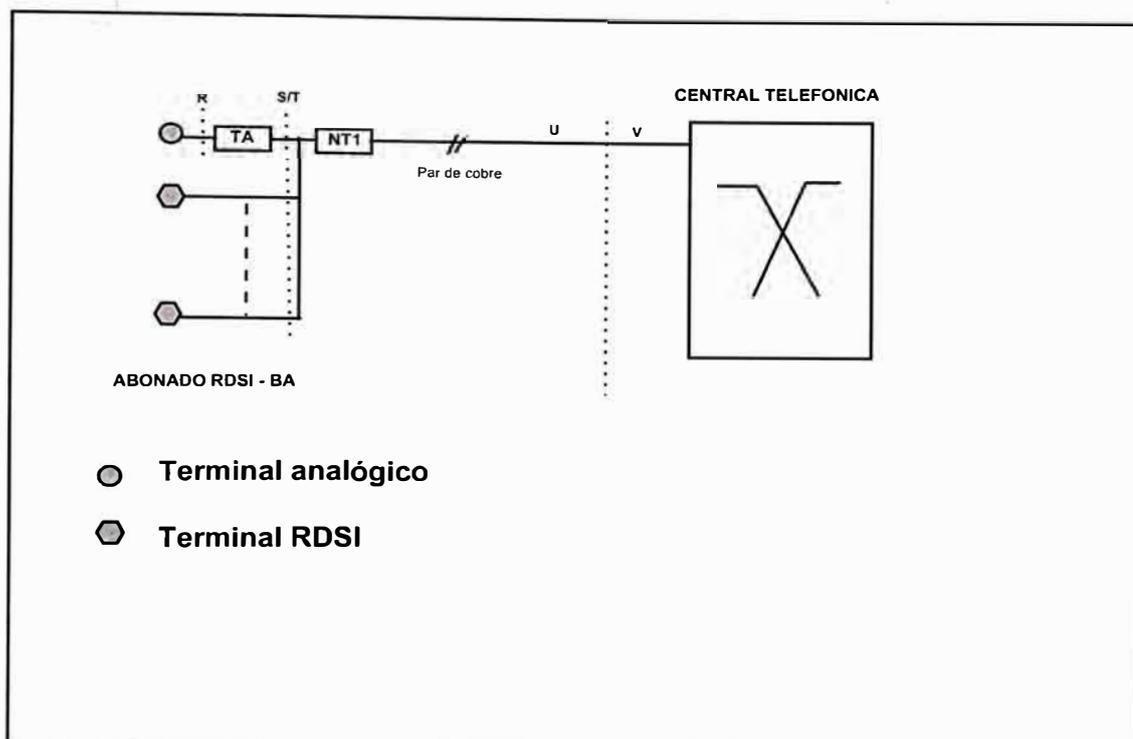


Fig. Nº 5.6 Esquema de interconexión básica : RDSI -BA

5.3.2. RDSI-PRI

Los Accesos PRI, también denominado RDSI, permite la prestación del servicio a velocidades de 2 Mbps y estarán implementados en la Central de Conmutación del Cusco. Desde esta central se atenderá todos los requerimiento de accesos Primarios de la Región. En ese sentido si un usuario de cualquier localidad del Valle Sagrado quiere un acceso PRI, entonces a través de un E1 (vía transmisiones), desde su local, pasando por la central telefónica local, se interconectará con el Cusco. Es aquí donde la central de conmutación tiene implementado el hardware necesario de acceso PRI. (Ver Esquema).

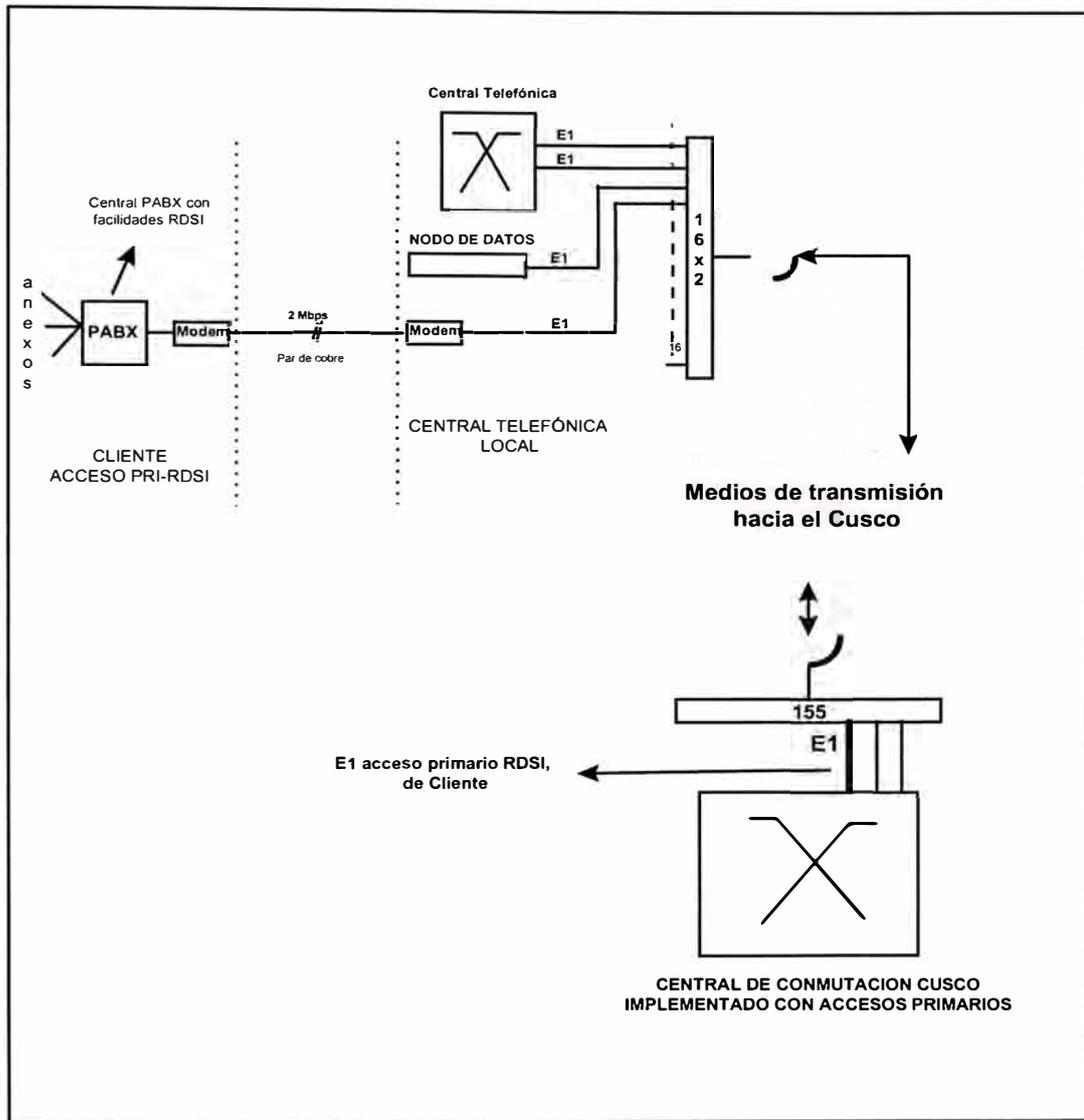


Fig. N° 5.7 Esquema de interconexión básica : RDSI -PRI

CAPÍTULO VI ESQUEMA GENERAL Y FINAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL VALLE SAGRADO

6.1. Integración sistema de Telecomunicaciones por localidad

6.1.1. Urubamba

- **Transmisión:**

Tendrá un sistema de transmisión PDH, cuyo capacidad es de 34 Mbps (16 tributarios de 2 Mbps) . El tramo es “Urubamba - C° Sacro” y sobre el cual se soportará todos los servicios.

- **Conmutación:**

La Central telefónica estará equipada inicialmente con 768 abonados al año 2000. Esta central tiene capacidad para crecer modularmente hasta 10240 abonados, si su demanda lo requiere. Su centro de conmutación será Cusco. La proyección de líneas telefónicas (abonados) que tendrá será el sgte

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Urubamba	708	768	820	872	955	1046

- Celular :

Esta localidad también tendrá una celda celular dual AMPS/Digital con una portadora y con una capacidad de atención de 418 abonados al año 2004.

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Urubamba	106	154	205	262	334	418

- Datos :

También tendrá un nodo de datos para atender los requerimiento de datos a diversas velocidades de empresas, Hoteles etc establecidos en la zona. Este nodo de datos tendrá disponible varios tipos de puertas para el acceso de varias velocidades.

- RDSI :

La central telefónica estará implementada con un magazine para atender inicialmente 32 abonados RDSI de banda angosta (2B+D) . Para el caso de la atención de abonados RDSI de banda ancha (PRI), mediante un par de módem y vía transmisiones se lleva hasta el Cusco, el cual está central si tiene acceso PRI.

6.1.2. Calca

- Transmisión:

Tendrá un sistema de transmisión PDH, cuyo capacidad es de 34 Mbps (16 tributarios de 2 Mbps) . El tramo es “Calca - C° Sacro”.

- Conmutación:

Central telefónica dependiente del Cusco. La proyección de líneas será el sgte :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	617	665	710	755	770	796

- Celular :

Esta localidad también tendrá una celda celular dual AMPS/Digital con una portadora siendo la capacidad de abonados hasta el 2004, la sgte :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Calca	93	133	178	227	269	318

- Datos :

Tendrá un nodo de datos equipados con múltiples puertas a diferentes velocidades.

- RDSI :

Al igual que en el caso de Urubamba, esta localidad tendrá disponibles accesos básicos (2B+D). Para el caso de la atención de abonados RDSI de banda ancha (PRI), mediante un par de módem y vía transmisiones se lleva hasta el Cusco.

6.1.3. Chinchero

- Transmisión:

Tendrá un sistema de transmisión PDH, cuyo capacidad es de 34 Mbps (16 tributarios de 2 Mbps) . El tramo es "Chinchero - C° Sacro".

- Conmutación:

Central telefónica dependiente del Cusco. La proyección de líneas será el sgte :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Chinchero	154	176	198	220	229	238

- Celular :

En este caso tendrá una pequeña estación base celular, de acuerdo al cuadro de demanda celular adjunto.

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Chinchero	23	35	50	66	80	95

- Datos :

Para el periodo 2000, no se ha considerado la implementación de un nodo de datos . Recién para el año 2001 amerita que esta localidad tenga su nodo de datos.

- RDSI :

Factibilidad de disponer de accesos básicos y primarios a partir del año 2000.

6.1.4. Ollantaytambo

- Transmisión:

Tendrá un sistema de transmisión PDH(vía F.O.), cuyo capacidad es de 34 Mbps (16 tributarios de 2 Mbps) . El tramo es “Ollantaytambo - C° Bandolista”.

- Conmutación:

Central telefónica dependiente del Cusco. La proyección de líneas será el sgte :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ollantaytambo	121	132	154	176	183	190

- Celular :

En este caso tendrá un a pequeña estación base celular, de acuerdo al cuadro de demanda celular adjunto.

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Chinchoero	18	26	39	53	64	76

- Datos :

Nodo de datos a implementar a partir del año 2001

- RDSI :

Factibilidad de disponer de accesos básicos y primarios, a partir del año 2000.

6.1.5. Iscuchaca

- Transmisión:

Tendrá un sistema de transmisión PDH(vía radio), cuyo capacidad disponible es de 34 Mbps (16 tributarios de 2 Mbps) . El tramo es "Iscuchaca - C° Sacro ".

- Conmutación:

Central telefónica dependiente del Cusco. La cantidad de abonados telefónicos por año será el sgte :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Iscuchaca	313	333	351	369	378	387

- Celular :

Esta localidad tendrá también cobertura celular, a través de una estación base celular con una capacidad de abonados, según el cuadro adjunto :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Iscuchaca	47	67	88	11	132	155

- Datos :

Nodo de datos a implementar a partir del año 2001

- RDSI :

Factibilidad de disponer de accesos básicos y primarios, a partir del año 2000.

6.1.6. Pisac

- Transmisión:

Tendrá un sistema de transmisión PDH(vía F.O.), cuyo capacidad disponible es de 34 Mbps (16 tributarios de 2 Mbps) . El tramo es “Pisac - Loma Toray”.

- Conmutación:

Central telefónica dependiente del Cusco. La cantidad de abonados telefónicos por año será el sgte :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pisac	232	245	257	270	274	278

- Celular :

Esta localidad tendrá también cobertura celular, a través de una estación base celular con una capacidad de abonados, según el cuadro adjunto :

Localidad	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Iscuchaca	47	67	88	11	132	155

- Datos :

En esta localidad al igual que en las otras localidades tendrá disponible un nodo de datos a partir del año 2000, con una diversidad de puertas para el acceso de diferentes velocidades.

- RDSI :

Factibilidad de disponer de accesos básicos y primarios, a partir del año 2000.

6.2. Esquemas generales de interconexión con todos los servicios.

Se adjunta esquemático de interconexión de todos los servicios por localidad.

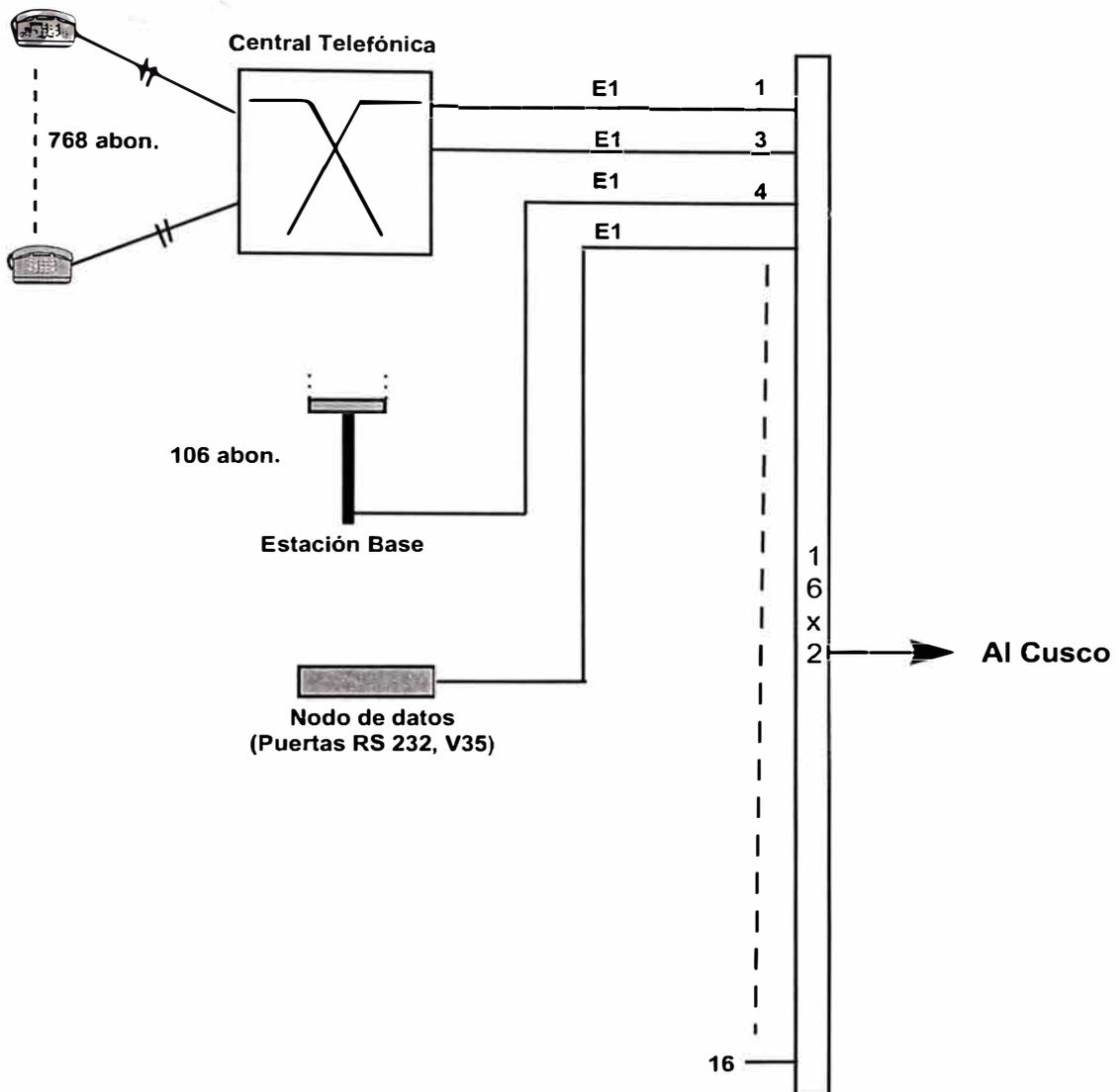


Fig. N° 6.1 Sistema de Telecomunicaciones : Localidad Urubamba - año 2000

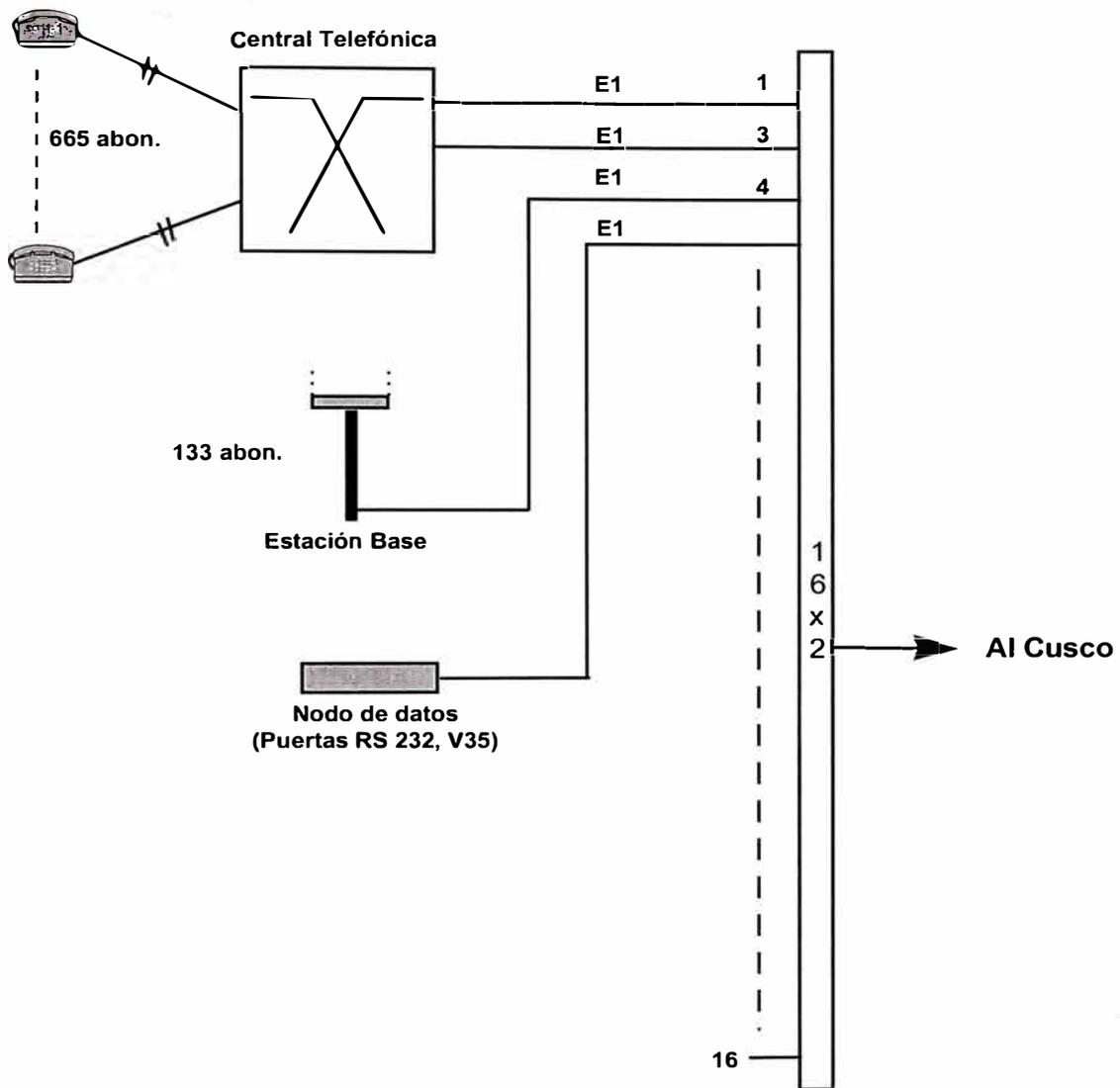


Fig. N° 6.2 Sistema de Telecomunicaciones : Localidad Calca - año 2000

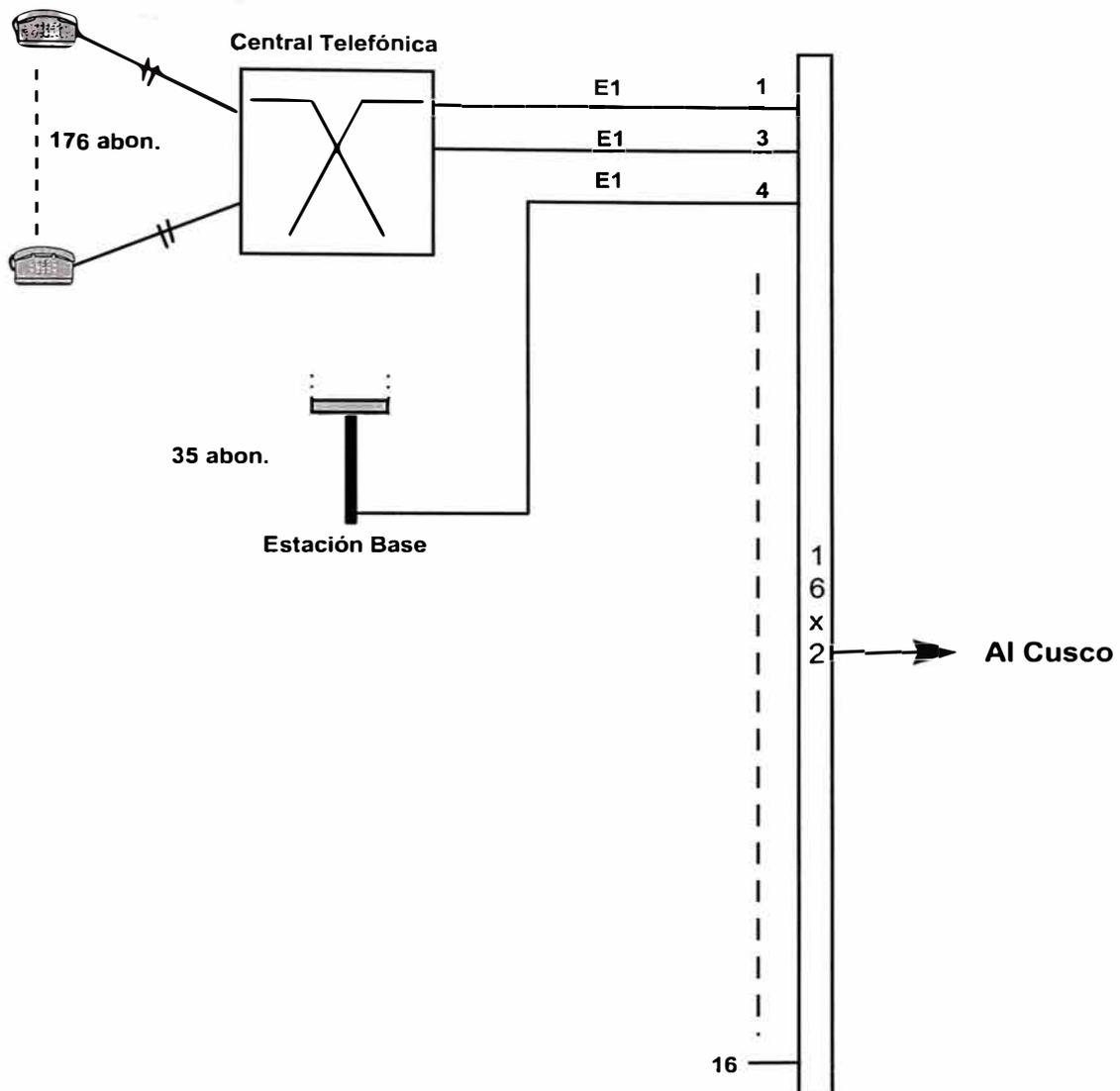


Fig. N° 6.3 Sistema de Telecomunicaciones : Localidad Chinchero - año 2000

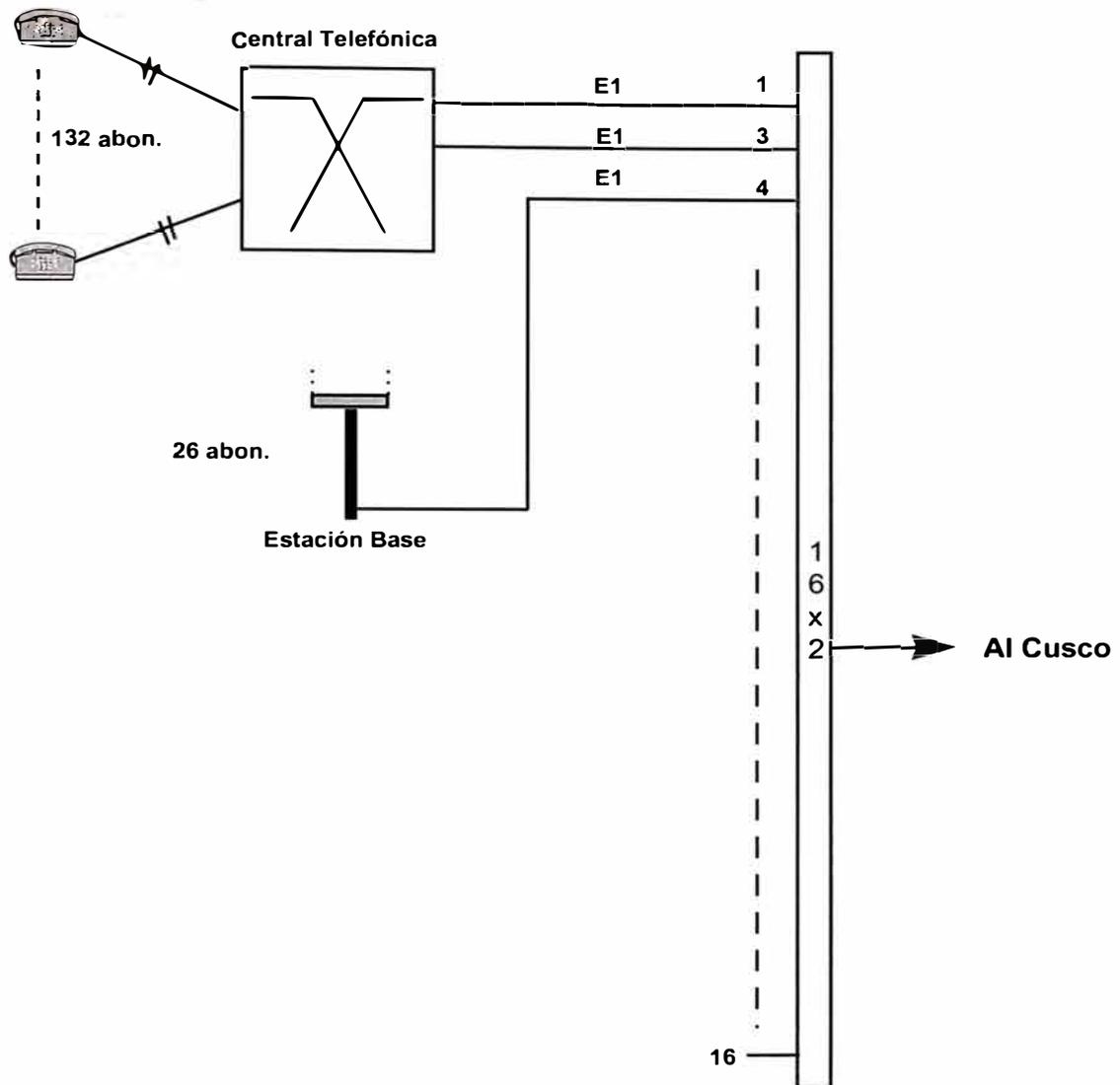


Fig. N° 6.4 Sistema de Telecomunicaciones : Localidad Ollantaytambo - año 2000

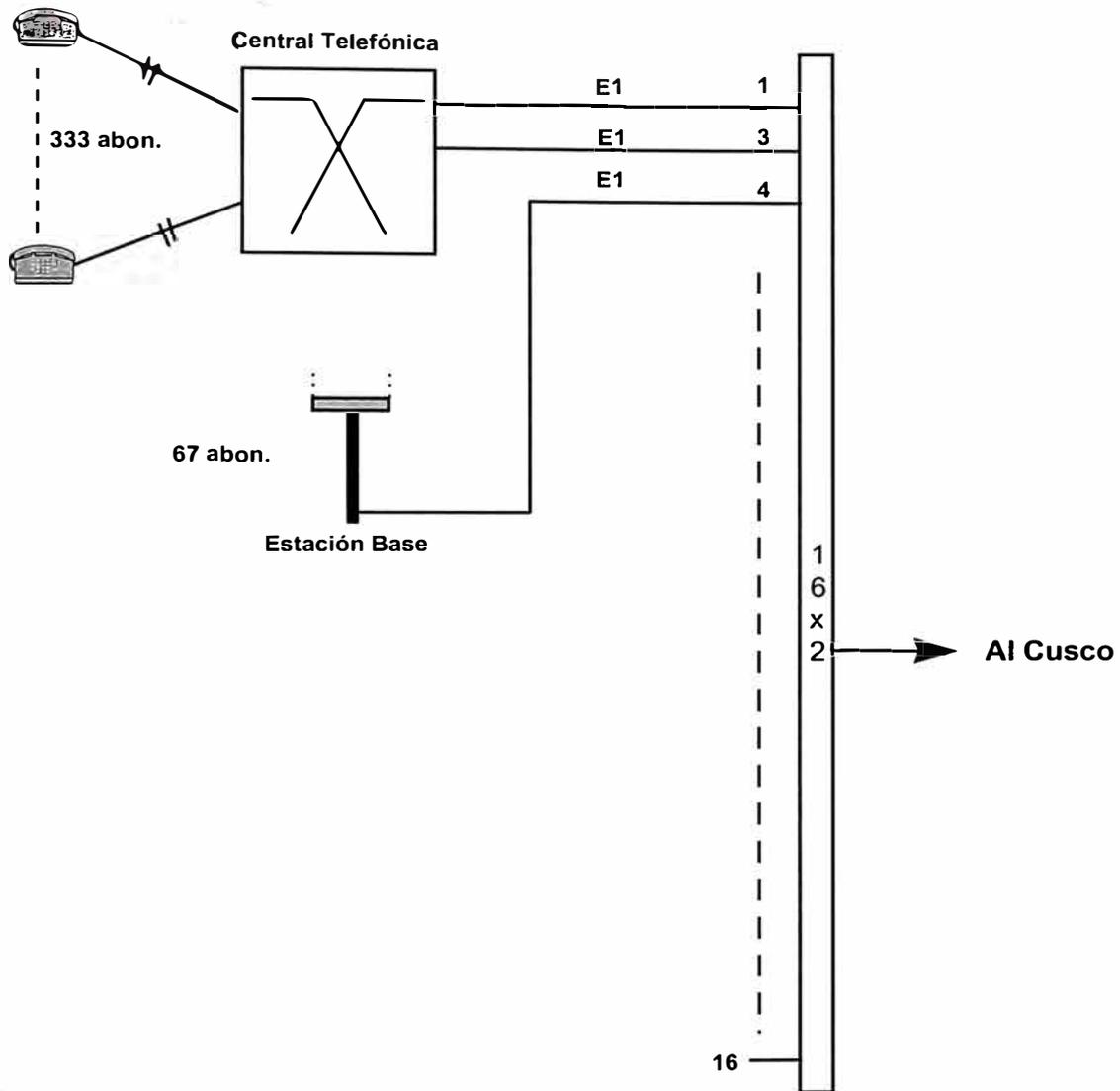


Fig. N° 6.5 Sistema de Telecomunicaciones : Localidad Iscuchaca- año 2000

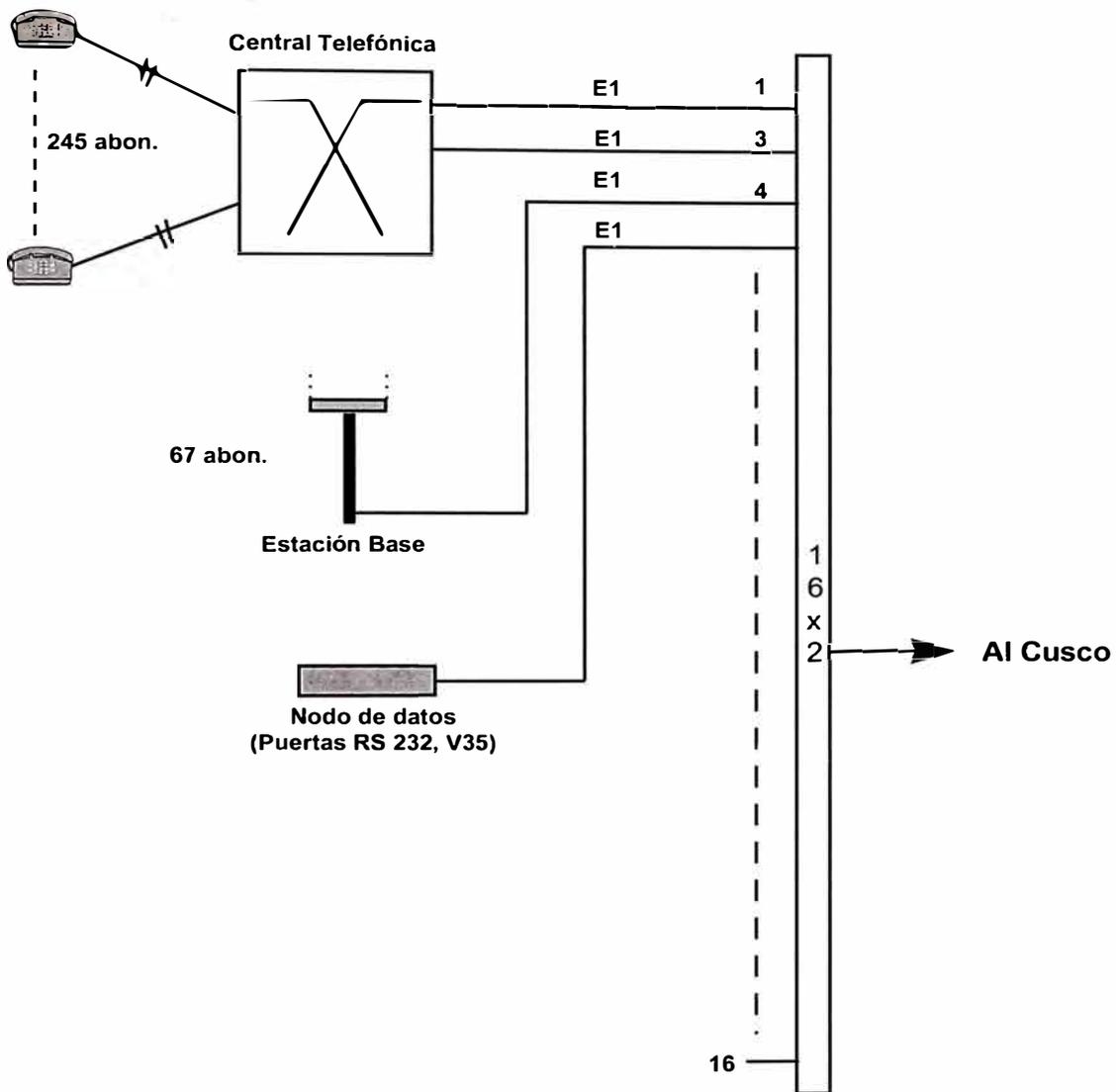


Fig. N° 6.6 Sistema de Telecomunicaciones : Localidad Pisac - año 2000

CONCLUSIONES

1. En este proyecto no se ha considerado el estudio de la implementación de televisión comercial ó CATV por no registrar a corto y mediano plazo demanda de este servicio.
2. El desarrollo de la presente Tesis ha hecho incidencia sobre la implementación de un nuevo Sistema de Telecomunicación para las localidades de Urubamba, Pisac, Calca, Ollantaytambo, Iscuchaca y Chinchero . Estas localidades fueron eligidas por su tradición histórica así como por la existencia ya de pequeñas centrales manuales de conmutación implementadas en concesionarios de la zona.
3. La implementación de este proyecto, permitirá que la región del Valle Sagrado de los Incas, se ponga a la vanguardia tecnológica en lo que se refiere a telecomunicaciones, ya que la región podrá ofrecer una comunicación de alta calidad , confiabilidad y seguridad de todos los servicios que las empresas, personas y turistas de las zona quieran hacer uso para cualquier parte del Perú o del mundo. Sobre estos servicios básicos se podrán implementar y desarrollar otros servicios tal como el de Internet, el cual actualmente tiene un impacto de crecimiento en forma exponencial a nivel mundial.

4. Este nuevo sistema de telecomunicación así como la implementación de todos los servicios descritos en la Tesis, permitirá ~~reducir~~ los costos de las líneas telefónicas, con lo cual cualquier persona ó institución por ejemplo los Colegios, podrán disponer de ellas.
5. El nuevo Sistema de Telecomunicaciones del Valle Sagrado, permitirá satisfacer los requerimiento de ancho de banda de todos los servicios que se han propuestos en esta Tesis, incluye RDSI de banda ancha, telefonía, celular y datos. Estos requerimiento se podrían implementar en cualquier localidad del Valle Sagrado.
6. El crecimiento de las centrales telefónicas, podrá ser realizado sin ningún problema, teniendo la seguridad que el medio de transmisión propuesto podrá satisfacer todos los requerimiento de crecimiento.
7. Con respecto al tramo troncal SDH "Cusco - C° Sacro - C° Parcaypata", el cuál representa la columna vertebral del sistema de transmisión y que sirve como afluente de todos los sistemas PDH de las 6 localidades, la capacidad de E1s utilizados por los servicios hasta el año 2004, representa un 45 % del total de la capacidad del sistema SDH (63 E1s). Por lo tanto se estima que este sistema SDH podrá soportar las necesidades de ancho de banda a mas del 2004.
8. Así mismo el sistema de transmisión SDH a implementar permimitá incorporar nuevas localidad cercanas y factibles a esta, sin tener que variar o incrementar la estructura principal.

9. En caso de presentarse en un determinado año un posible crecimiento inesperado en las necesidades de transmisión, el sistema SDH implementado tiene la bondad de incrementar su capacidad en forma modular, simplemente incremento radiocanales adicionales, lo cual permitirá aumentar su capacidad de acuerdo al siguiente cuadro :

Sistema SDH	Capacidad
155(1+1) Mbps	63 E1s
155(2+1) Mbps	126 E1s
155(3+1) Mbps	189 E1s

10. En caso de que una localidad en un determinado año quiera acceso SDH, debido a que se desea sistemas de 34 Mbps ó 155 Mbps, simplemente habría que cambiar el tramo PDH por SDH hasta C° Sacro ó C° Parcaypata, en la cual a partir de allí si son SDH. Entonces no se tendría que efectuar nuevamente grandes inversiones para poner SDH a una localidad.
11. El proyecto del sistema de telecomunicaciones a implementar está considerando como premisa de que la infraestructura es existente y pertenece a redes antiguas en la cual puede ser utilizado. En este sentido estamos hablando de las torres y las casetas el cual albergará los equipos de transmisión y de energía, por lo que el estudio de campo a efectuarse en su debido momento determinará el posible uso y/o refracción de los mismo o en todo caso la necesidad de implementar una nueva estructura.

ANEXO A

TEORÍA Y FÓRMULAS SUSTENTATORIAS - RADIOENLACES

A.1 Primera Zona de Fresnel

La primera zona de Fresnel, es una elipsoide rotatorio el que es un lugar geométrico, con una diferencia constante, que iguala a media longitud de onda, de la distancia entre sus focos que son los puntos de transmisión y recepción. (ver Fig. A-1)

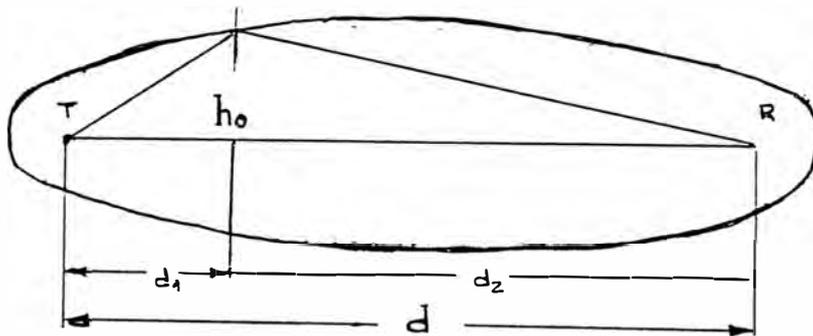


Fig. A-1 Primera Zona de Fresnel

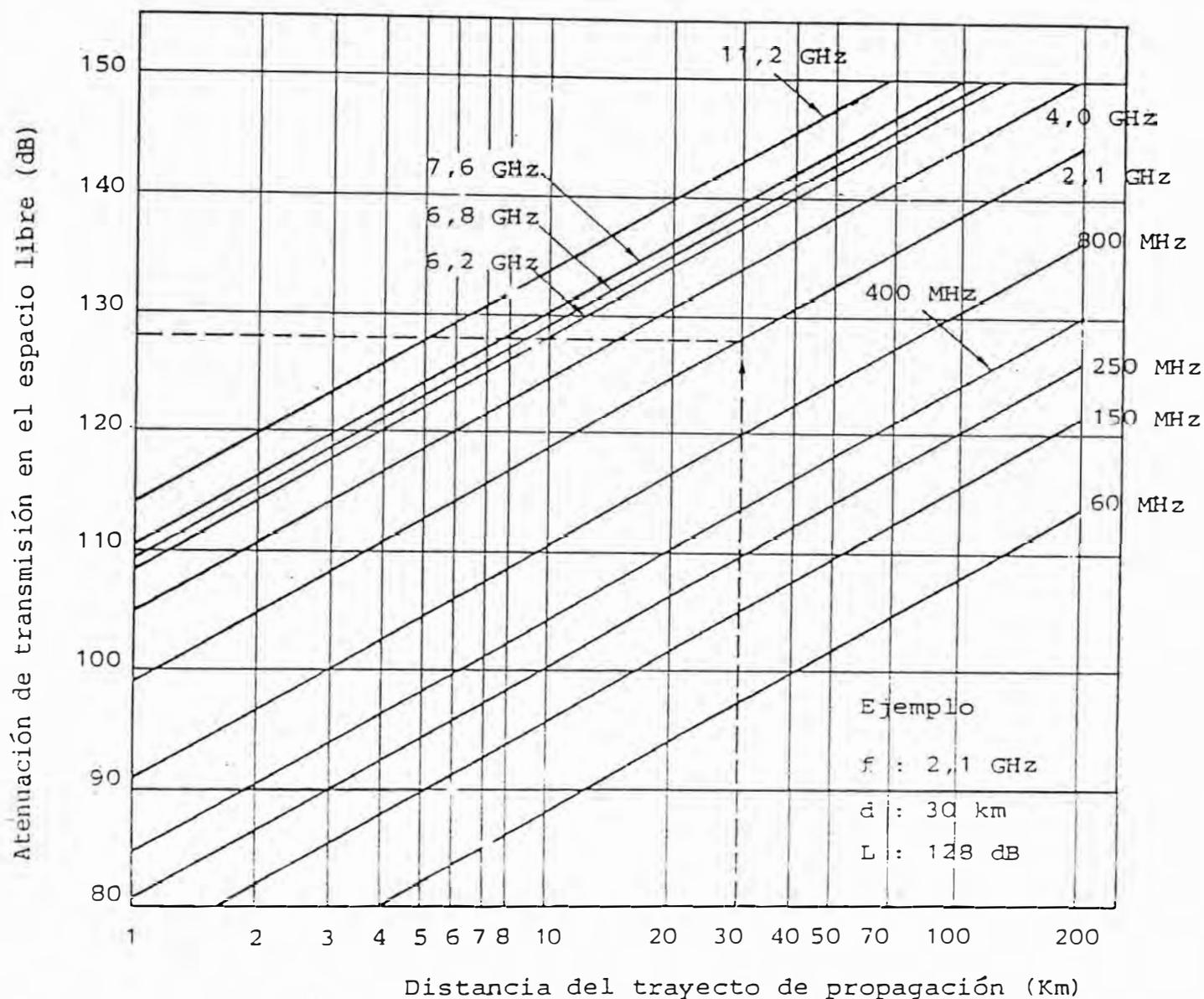
Como una condición necesaria del trayecto de microondas con visibilidad directa, ningún obstáculo debe estar dentro de esta zona. El radio de la primera zona h_0 , en un punto arbitrario entre los dos sitios, es expresado geoméricamente por la fórmula siguiente :

$$h_0 = \sqrt{(\lambda d_1 d_2 / d)} (m)$$

En donde :

- λ : Longitud de onda (mm)
- d_1 : Distancia del trayecto al extremo cercano (Kms)
- d_2 : Distancia del trayecto al extremo lejano (Kms)
- d : Distancia total (Kms)

A.2 Atenuación de transmisión en el espacio libre



$$L = 32.4 + 20 \log f + 20 \log D \text{ (dB)}$$

Donde :

- L = Atenuación de transmisión en el espacio libre
- f = Frecuencia en Mhz
- d = Distancia de los saltos en Km

A.3 Reflexión en la superficie de la Tierra

Para evitar el desvanecimiento severo del tipo K ó la distorsión de propagación, el trayecto de radio debe ser seleccionado de tal modo que la onda reflejada quede debilitada al máximo posible. Para examinar el efecto de la reflexión de la onda de radio, es indispensable confirmar la condición geométrica en el punto de reflexión y determinar si la onda reflejada puede ser cortada por un obstáculo apropiado ó no.

La localización del punto de reflexión, tal como se indica en la fig. A-6, es fácilmente obtenido por la introducción del parámetro conveniente del nomograma de la fig. A-6, los coeficientes c y m se calculan a partir de las dimensiones del trayecto de radio por la fórmula siguiente, en donde d, d₁ y d₂ están en metros.

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} (h_1 > h_2)$$

$$m = \frac{d^2}{4Ka(h_1 + h_2)}$$

En seguida se aplican los coeficientes de arriba a la fig. A-6, y el parámetro b puede ser leído. De esta manera, las distancias desde ambos desplazamiento al punto de reflexión son halladas por el cálculo de las fórmulas siguientes:

$$d_1 = d/2(1+b)$$

$$d_2 = d/2(1-b) \text{ o } d_2 = d - d_1$$

En caso de que haya una arista que desvíe la onda reflejada, el punto de reflexión antes referido tiene que ser calculado entre el punto de transmisión

ó recepción y el punto de arista por el método semejante al mencionado anteriormente.

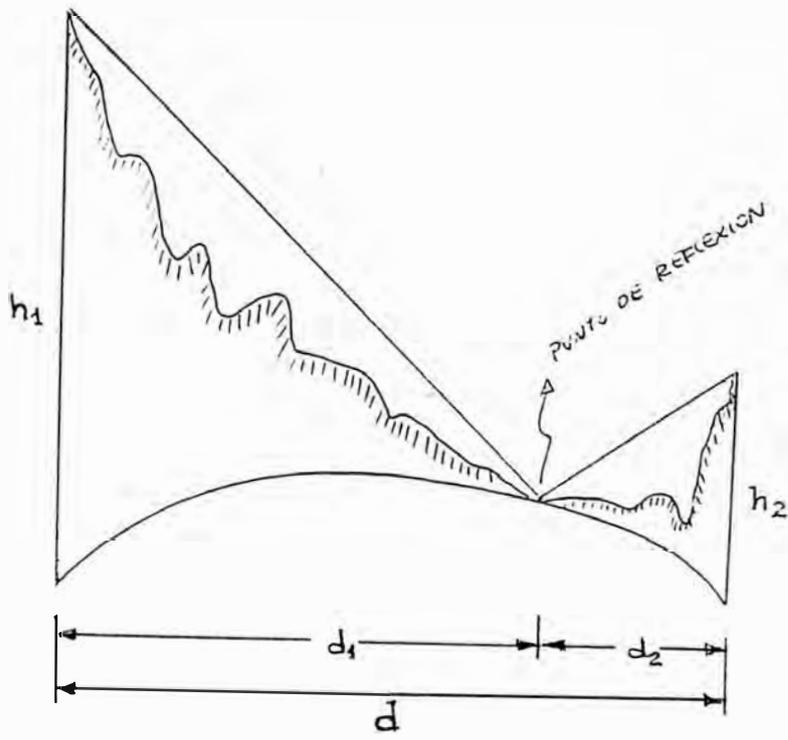
El coeficiente de reflexión debido a las condiciones geográficas en el punto de reflexión es como el indicado en la Tabla A-1 basado solo en la experiencia. Desde el punto de vista de la selección del emplazamiento, es generalmente preferible que el coeficiente de reflexión efectiva sea menor que 0.3 ó sea atenuar la onda reflejada en más de 10 dB comparado con la onda directa.

Para atenuar la onda reflejada, se debe tomar en cuenta las atenuaciones de arista y la directividad de antena debido al ángulo formado entre las ondas directa y reflejada, ya que estas producen la atenuación de la reflejada.

Cuando la suma de las atenuaciones, llamada atenuación efectiva de reflexión, es menor que 10 dB debe utilizarse antenas múltiples ó sistemas de diversidad de espacio.

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2}$$

$$m = \frac{1}{4Ka} * \frac{d^2}{4Ka}$$



$$h_1 > h_2$$

$$d_1 = d/2(1+b)$$

$$d_2 = d - d_1$$

A.4 Margen de despeje sobre el obstáculo, atenuación por la arista del obstáculo y altura requerida de antena

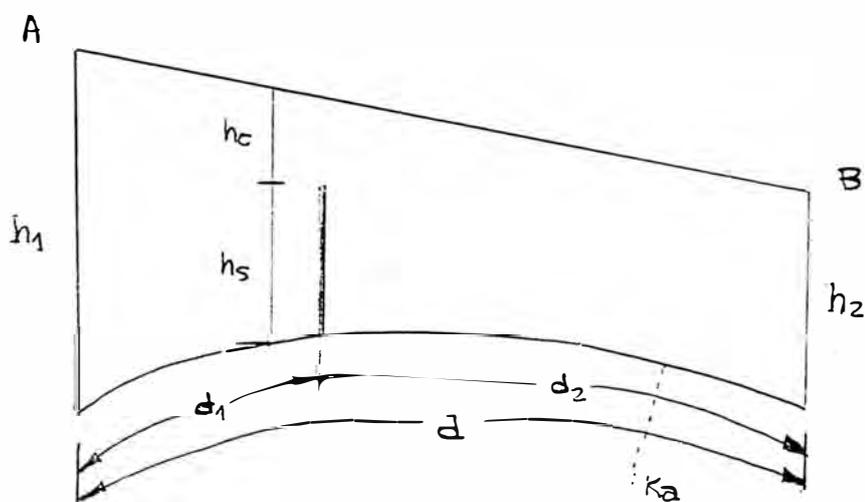
En el perfil del trayecto de propagación de radio, un margen del despeje exacto sobre el obstáculo entre la línea central del trayecto de propagación de radio y arista del obstáculo h_c , es derivado por la fórmula siguiente

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - h_s \quad (\text{m})$$

En donde :

K : Coeficiente de radio efectivo de la tierra

a : Radio real de la tierra 6.37×10^6 (m)



Cuando la visibilidad directa ó la primera zona de Fresnel está interrumpida por la arista del obstáculo, la pérdida de arista, así llamada, será sumada a la pérdida de propagación del espacio libre.

La pérdida de arista que es causada por un solo obstáculo en arista aguda puede ser convenientemente derivada desde el nomograma tal como se

indica en la Fig, la cual es obtenida en base a la teoría de difracción de ondas.

La estimación de pérdida de arista es utilizable no solo para examinar la atenuación de onda directa sino para confirmar el efecto de pantalla por la onda reflejada en la superficie de la tierra, ó la onda de sobre alcance.

En la práctica, un trayecto de radio es planificado para adecuarse a la condición de que el margen de despeje sobre el obstáculo debe exceder el valor del radio de la primera zona de Fresnel para $K = 4/3$, dos tercios de este radio para $K = 2/3$. En consecuencia, la altura requerida de antena sobre el nivel del mar h_1 puede ser dada por las fórmulas siguientes, en donde se mantiene fijo.

$$h_1 \text{ para } K = 4/3 \geq \frac{d}{d_2}(h_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2}h_2 + \frac{1}{2Ka}dd_1$$

$$h_1 \text{ para } K=2/3 \geq \frac{d}{d_2}(h_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2}h_2 + \frac{1}{2Ka}dd_1 - \frac{d}{3d_2}h_o$$

ANEXO B

FIBRAS OPTICAS

B.1. Tecnología por fibra óptica

De acuerdo a las experiencias que ha habido con enlaces de cable multipar, debido a las inducciones eléctricas y a la limitada capacidad de E1s, se ha considerado cable de fibra óptica, como uno de los medios alternativos para enlazar estas dos localidades. Como premisa para utilizar el cable de fibra óptica es la inmunidad al ruido y la gran capacidad de transmisión.

1.- Clasificación de la Fibra Optica

1.1. Según el perfil del índices de refracción

- Indices Escalón
- Indices gradual

1.2. Según el números de modos

- Multimodo : 50/125, 67.5/125
- Monomodo : 10/125

2.- Características de transmisión de la F.O.

2.1. Atenuación

- Pérdidas intrínsecas
 - Dispersión de Rayleigh
 - Absorción Ultravioleta
 - Absorción infrarroja

- Indices gradual
 - Proceso de fabricación
 - Microcurvaturas

- Proceso de instalación : Curvaturas, empalmes, conectores, acopladores.

2.2. Ancho de banda

- Dispersión Modal

Fibras multimodo (escalón, gradual) y retardos de propagación

La dispersión modal en la fibra monomodo es 0.

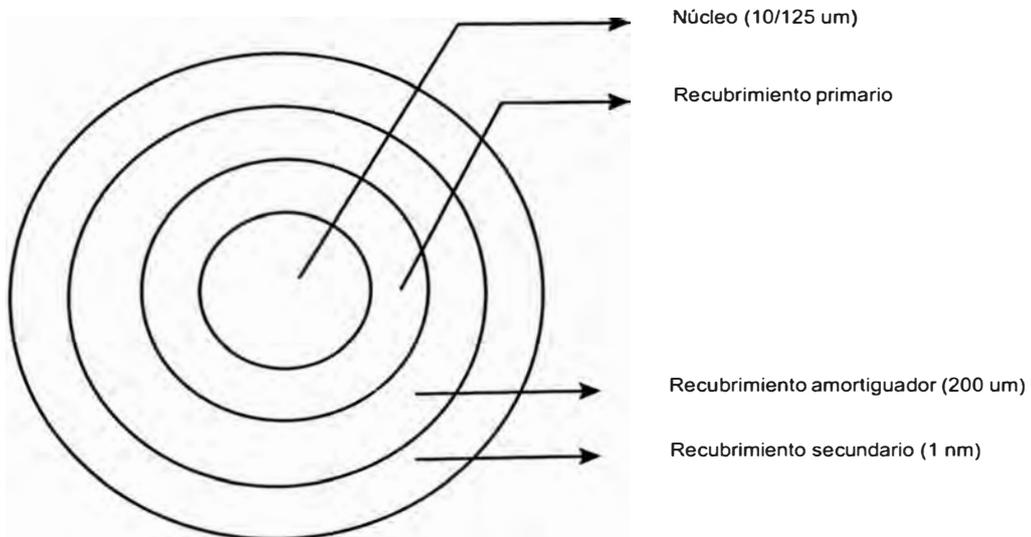
- Dispersión Cromática

Solo en fibras monomodo.

- Materiales
- Por guía de onda

3.- Cable de fibra óptica

3.1. Partes



PARTES DE LA FIBRA OPTICA

3.2. Tipos de fibra óptica

- Aéreo : Mensajero, devanado
- Subterráneo : Enterrado, canalizado

3.3. Características de un cable de fibra óptica : Multimodo de índices gradual 50 / 125 um (Rec. G651-CCITT - Libro azul)

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION
• Geométricas	
Diámetro del núcleo	50+/-6%(+3 um)
Diámetro del revestimiento	125 um+/-2.4(+3 um)
Error de concentricidad	< 6 %
Nº circularidad del núcleo	< 6 %
Nº circularidad del revestim.	< 2 %
• Ópticas	
Perfil del índices de refracción	parabólica
Apertura numérica	0.10 a 0.24 tolerancia : +/- 0.02 de valor nominal

3.4. Características de los largos de fabricación

(Rec. G651-CCITT - Libro azul)

CARACTERIST.	ESPECIFICACION			
	Y = 0.85 um		y = 1.3 um	
	Max	Min	Max	Min
Coefficiente de atenuación(dBm)	4	2 - 2.5	2	0.5 - 0.8
Ancho de banda(Mhz.Km)	> 1000	200	> 2000	200
Coefficiente de dispersión cromática : (ps/nm.km)	< 120		< 6	

3.5. Característica de un cable de fibra óptica monomodo

(Rec. G652 - CCITT - Libro azul)

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
Diámetro del campo modal	9 a 10 μm ($y=1.3 \mu\text{m}$)
Diámetro del revestimiento	125 μm $\pm 2.4\%$ ($\pm 3 \mu\text{m}$)
Error de concentricidad	< 1%
Nº de Circularidad del revest.	< 2 %
Longitud de onda de corte	1.27

3.6. Característica de los largos de fabricación

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION	
	$y = 1.3 \mu\text{m}$	$y = 1.55 \mu\text{m}$
Coefficiente de atenuación del cable (db/km)	< 1 Min. 0.3 - 0.4	< 0.5 Min, 0.15 - 0.25
Máximo coeficiente de dispersión cromática PS/nm.km = C_y	3.5 - 6	20

B.2 Criterios básicos para el diseño de enlaces por F.O.

1. Sistema

- Tipo de red : Estrella, bus, anillo, malla
- Jerarquía digital PCM (capacidad de transmisión, velocidad de línea)
- Código de línea :
- CMI : Bajas y medianas velocidades : 34 ,140 Mbps
- HDB-3 : Bajas velocidades : 2 Mbps
- mBnB : Mediana y alta velocidades

- mB1C : Mediana y alta velocidades
- Calidad del enlace:

$$\text{BtR} = \frac{\text{\# bit errados}}{\text{\# bit tx}} = 1/10^7 = 10^{-7}$$

- Control y supervisión

Paneles de alarma

Paneles de control

2. Medio de transmisión (Cable de F.O.)

- Multimodo (Corta distancia, BW = pequeña)
- Monomodo (grandes distancias y medianas distancias, BW = grande)
- Apertura numérica (AN)
 - AN = 0.2 (Multimodo)
 - AN = 0.1 (Monomodo)
- Ancho de banda (BW = Mhz*Km)
- Tramo de enlace

3. Interconexión

- Calidad de empalme y números de empalme
 - Empalme por fusión (grandes enlaces) < 0.2 db
 - Empalme mecánico (pequeños enlaces) < 0.5 db
- Conectores : ST, FC, FA, SMA

4. Equipo terminal

- Ventana de trabajo (0.85 um, 1.3 um, 1.5 um)
- Tipo de emisor
 - LED : Para sistemas analógicos y pequeños ó medianas velocidades Empalme mecánico (pequeños enlaces) < 0.5 db
 - LD : Para sistemas digitales y grandes velocidades
- Tipo de receptor
 - PIN : Para pequeñas distancias y medianas velocidades
 - APD : Grandes distancias y altas velocidades

ANEXO C

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONMUTACION AXE-10

1. Estructura del Sistema

El sistema de las centrales telefónicas consta de dos partes

- APT es la parte de la conmutación
- APZ es la parte de control

2. Enlaces entrantes y salientes (TSS)

ETC (Circuito terminal de central)

Es el hardware del bloque BT. Un ETC consiste en una tarjeta de circuito impreso alojado en un magazine. En las aplicaciones con transmisiones analógica, las señales digitales enviadas por los ETC se convierten a señales analógicas. El equipo usado para la conversión se llama mux, el cual es un equipo de transmisión.

Cada uno de los canales de la conexión digital se considera como un BT. Si se usa un sistema de 32 canales, solamente se puede usar 30 para el habla. El canal "0" siempre se usa para sincronización é información de alarma y el canal 16 para señalización .

El OT(enlace saliente) es el bloque usado para manejar las conexiones analógicas salientes. El hardware consiste en un magazine que contiene 32 órganos y un convertidor analógico/digital. El convertidor, que se llama PCD(órgano de codificación de impulsos) no tiene software ni función de señalización.

El IT(enlace entrante), es el bloque usado para manejar conexiones anal>gicas entrantes. El hardware es casi idéntico al del OT.

EL PASO DIGITAL DE ABONADO

Existe un sub sistema para el manejo del tráfico entre abonado ; el sub sistema de selectores de abonados(SSS). El paso de abonados en AXE es digital, lo que quiere decir que la señal analógica desde la línea de abonado se convierte a forma digital

Funciones básicas :

Un paso de abonado tiene las funciones siguientes :

- Alimentar la línea de abonado
- Concentrar el tráfico hacia el selector de grupo
- Recibir cifras de teléfonos de disco(impulsos)
- Enviar corriente de llamada de abonado
- Enviar diferentes tonos de abonados
- Realizar mediciones en la línea de abonado.

SULT. Probador de línea de abonado, es un equipo común a todo EMG(hasta 2048 abonados). SULT realiza una prueba mas detallada de las líneas de abonado. Las pruebas se ordenan mediante mandatos.

PASO REMOTO DE ABONADO (RSS)

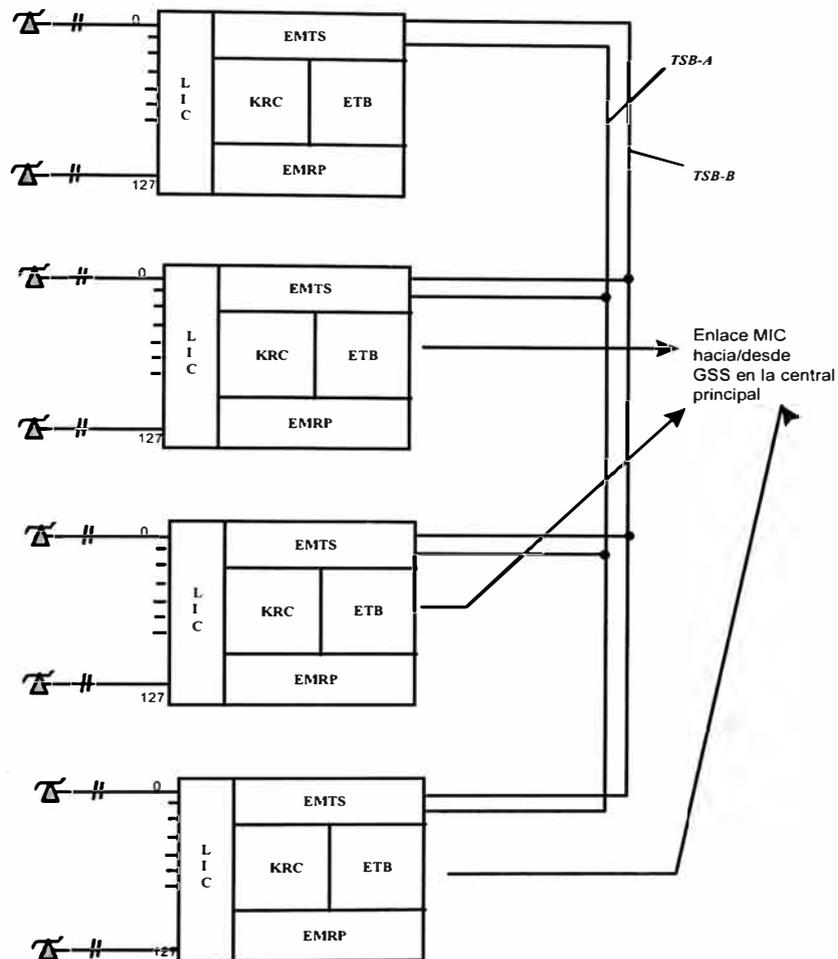


Fig. N° C.1 Paso remoto para 512 abonado.

EMRP= procesador regional de módulo de extensión

EMTS = Selector de módulo de extensión

ETB = Tarjeta de terminal de central

GSS = Sub sistema de selector de grupo

KRC = Circuito de recepción de código de teclado

LIC = Circuito de interfaz de línea

TSB-A = Bus de selector temporal, plano A

TSB-B = Bus de selector temporal, plano B

El LSM superior no tiene contacto directo con la central principal y por esto las llamadas que llegan de este LSM tienen que usar el bus que interconecta todas las LSM. Este bus se llama bus de selector temporal TSB y se usa para los datos de habla. El bus esta duplicado por cuestiones de seguridad.

El TSB tiene tres ventajas (usos)

- a) La cantidad de enlaces MIC a la central principal puede adaptarse al volumen de tráfico, por lo tanto todos los LSM no necesitan un enlace MIC propio.
- b) Si el enlace MIC "propio" no tiene canales libres, se puede usar otro enlace MIC. Esto hace al paso de abonados insensibles a cargas de tráfico desequilibrados (accesibilidad completa).
- c) Si se interrumpe el contacto con la central principal, no se afectará el tráfico interno dentro del paso de los abonados.

Cuanto llamadas puede manejar simultáneamente un paso de abonado separados. De acuerdo a la figura anterior, el tráfico es manejado por 3 enlaces MIC y el canal 16 de los dos primeros se emplean para señalización.

Por razones de seguridad manualmente tenemos dos canales de señalización. En todos los enlaces MIC el canal "0" se utiliza para sincronización. En cambio en el tercer enlace el canal 16 se puede usar para hablar. Por consiguiente este ejemplo pueden haber 91 llamadas simultaneas. Se pueden interconectar hasta 16 LSM.

De esta forma el número de abonados atendidos por una unidad separada puede variar entre 128 y 2048 abonados.

COMUNICACIÓN CP-EMRP

Se sustrae uno de los canales de habla a la central principal y se usa para la emisión de señales. El canal que se usa para este propósito es el 16. La información de señalización desde CP se procesa y se reformatea en un terminal de señalización situado en la central principal. Este terminal se llama terminal de señalización central STC.

Después STC introduce la información de señalización en el canal 16. Esto se realiza en un equipo denominado circuito de terminal de central, ETC, que funciona como un interfaz entre la línea MIC y el selector de grupo. La información de señalización se extrae después en el equipo ETB del paso de abonado.

El terminal de señalización regional STR, vuelve a formatea la información de señalización y la envía al EMRP en el bus de EMRP (EMRPB).

Los STC, STR, EMRPB y los enlaces de señalización (sistema MIC con canal 16) están siempre duplicado por razones de seguridad.

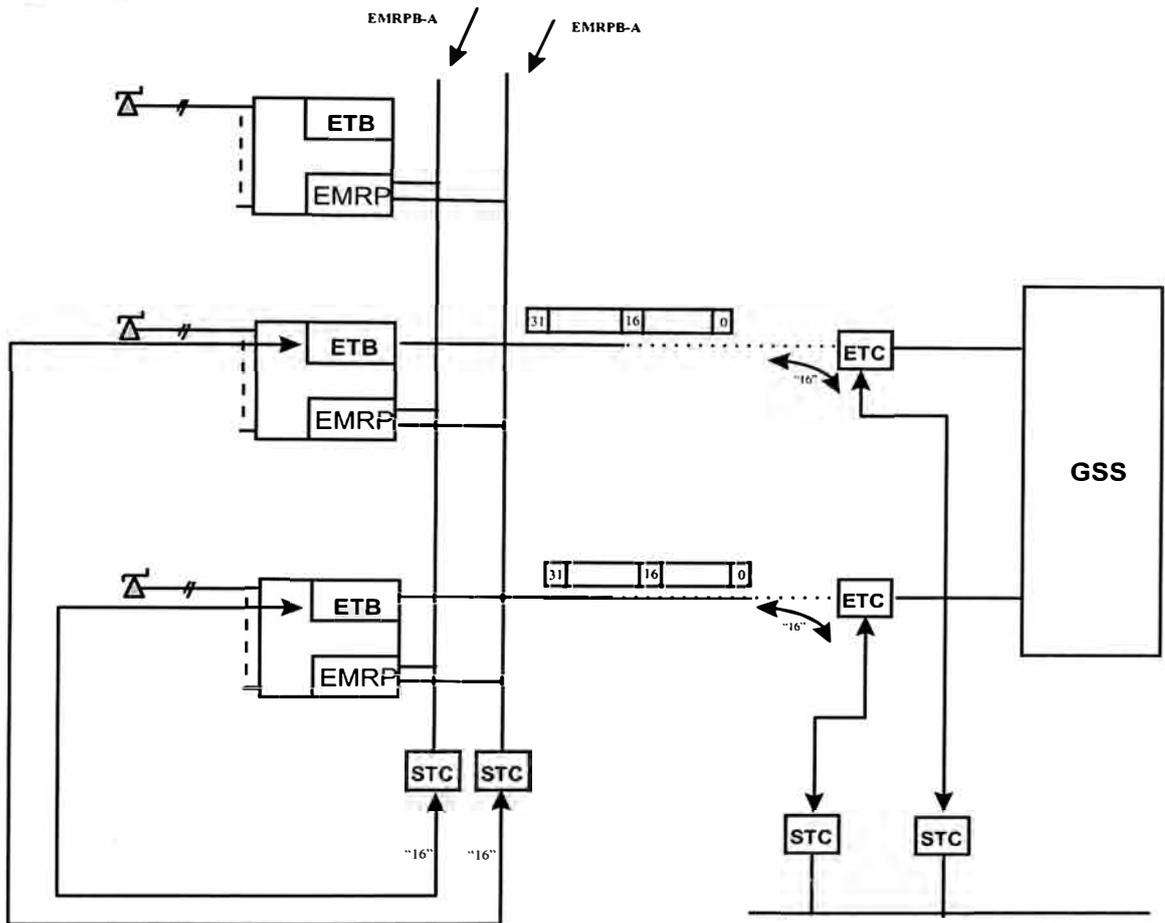


Fig. N° C.2 Comunicación CP - EMRP

- CP = Procesador central
- EMPR = Procesador regional de módulo de extensión
- EMRPB-A = Bus de EMRP, lado A
- EMRPB-B = Bus de EMRP, lado B
- ETB = Tarjeta de terminal de central
- GSS = Sub sistema de selector de grupo
- STC = Terminal de señalización central
- STR = Terminal de señalización regional
- "16" = Canal 16 en la línea MIC

ANEXO D

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LAS TECNOLOGIAS CELULARES : AMPS y CDMA

D.1 Tecnología AMPS

El sistema Norte Americano, AMPS (Banda de 800 Mhz). Es un sistema que permite el rehuso de frecuencia y tiene una capacidad de 666 canales.

Adicionalmente se ha incrementado en 166 canales, llegando actualmente a 832 canales.

Por competencia se ha sub dividido en banda A y B

A (333/416)	RX	: 825.03 - 834.99 Mhz
	TX	: 870,03 - 879.99 Mjz
B (333/416)	RX	: 835.02 - 844.98 Mhz
	TX	: 880.02 - 889.98 Mhz

Por cada banda existen 312 canales vocales, mas 21 canales de control.

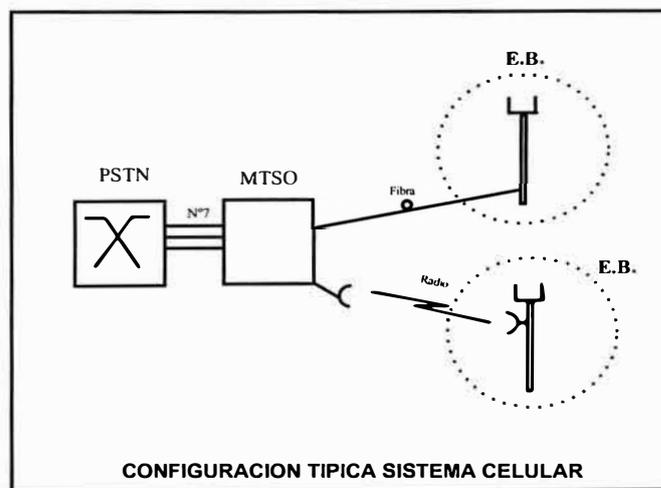
Cuando se expanden la banda permanece los 21 canales de control y se amplían los canales en 83 canales mas por banda.

- **Composición del sistema Celular**

MTSO : Mobile telephono Cent office

E.B. : Estación Base

Equipo celular de abonado



- **Rehuso de frecuencia (q)**

Factor de rehuso de frecuencia $\rightarrow q = D / R$

También $\rightarrow D = R * \sqrt{3K}$

$$q = D / R = \sqrt{3K}$$

Donde K = factor de agrupación de celdas

R = Distancia o radio de celda

- **Tablas de distribución de canales**

Con $K = 7$, son 3 grupos/celdas

1 celda = 3 grupos = 45 VCH

1 grupo = 15 CH.

- **Tipos de canales (AMPS)**

- Canal de control (CCH)
- Canal de Señalización (SCH)
- Canal de voz (VCH)

- **Bandas A y B**

1. Normal = 666 CH

- 333 CH banda A (20 Mhz/banda)
- 333 CH banda B (20 Mhz/banda)

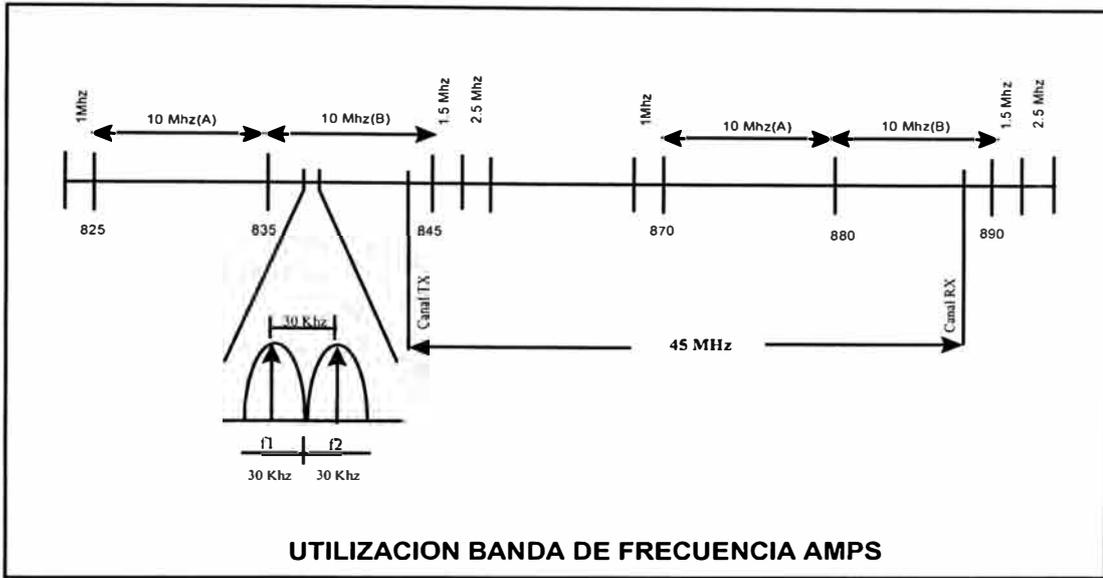
2. Expandido = 832 CH

Se agregan 5 MHz por banda

3. Canales de control

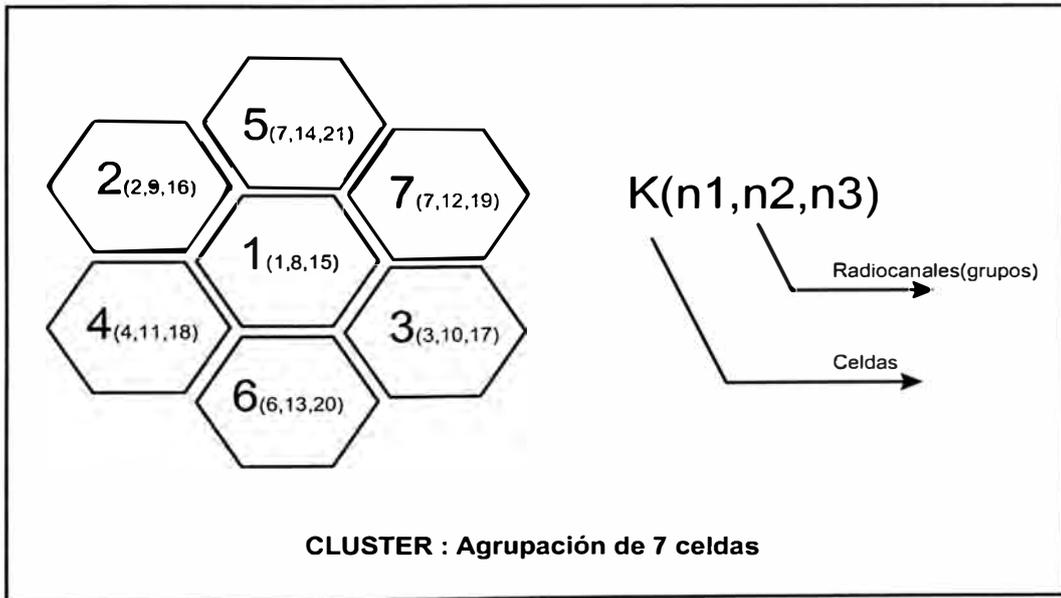
- Banda A (21 CH) : 354 - 334
- Banda B (21 CH) : 333 - 313

4. Utilización en banda de frecuencia.



- Agrupación de Celdas (Cluster)**

$K = 7$



D.2 Tecnología CDMA

- **Acceso múltiple**

Unos de los conceptos mas importantes en sistemas celulares, es de “acceso múltiple”, entendiéndose por múltiple que el sistema pueda soportar varios usuarios en forma simultanea.

Un canal puede ser definido como una porción limitada del espacio radio-electrico que es temporalmente asignada a un propósito específico, por ejemplo, una llamada telefónica.

- **Estándar CDMA**

En la tecnología CDMA(Code División Múltiple Access) los diferentes suscriptores son diferenciados a través de códigos digitales únicos mas bien que por diferentes frecuencias y/o canales.

Estos códigos se conocen con el nombre de “Secuencias de Códigos Pseudo-Aleatorias” y conocidas solamente por el móvil y la respectiva estación base. En CDMA todos los usuarios comparten el mismo rango del espectro radio-eléctrico.

CDMA es una técnica “digital de acceso múltiple” especificada como IS-95 por la TIA ó Asociación de Industrias de telecomunicaciones(norma de 1993).

- **Descripción de la tecnología CDMA**

Aunque la tecnología de CDMA a telefonía móvil celular de uso público es relativamente nueva, la tecnología en sí no lo es. La técnica CDMA acceso por división de tiempo de código se basa en técnicas de espectro ensanchado, permitiendo enviar la información de varios usuarios al mismo tiempo, sobre la misma frecuencia electromagnética portadora, en un medio de transmisión común. Para ello se utiliza un conjunto de códigos ortogonales, asignando una palabra de código distinta a dicho conjunto a cada conexión.

- **Espectro extendido**

CDMA es una tecnología de espectro extendido, entendiéndose por esto que la información contenida en una señal particular es expandida sobre un ancho de banda mayor que el de la señal original.

Una llamada CDMA parte con una velocidad estándar de 9600 bps. Esta es luego expandida a una velocidad de 1,23 Mbps. Esta expansión significa que los códigos digitales son aplicados a los bits de información asociados con el usuario en cada celda.

Estos bits de información son luego transmitidos en conjuntos de señales de todos los usuarios de la celda. Cuando la señal es recibida, los códigos son removidos desde la señal deseada, separando a los diferentes usuarios y retornando la llamada a la velocidad original de 9600 bps.

Un aspecto importante de CDMA es su privacidad. Las llamadas CDMA son totalmente seguras ya que no es posible que un receptor cualquiera tome una conversación digital del espectro extendido y la identifique.

- **Sincronización**

El Sistema Global de Posicionamiento (GPS) proporciona esta fuente común de referencia. GPS es un sistema de radio navegación satelital capaz de proporcionar un práctico y económico modo de determinar la posición, velocidad y tiempo de un numero ilimitado de usuarios.

- **Beneficios en CDMA**

Los siguientes son los principales beneficios que introduce la tecnología CDMA :

- 1.- Incremento en la capacidad
- 2.- Mejora en la calidad de llamada, con un mejor claro sonido comparado con los demás sistemas.
- 3.- Planificación simple del sistema a través del uso de la misma frecuencia en cada sector de cada celda.
- 4.- Mejora en la privacidad
- 5.- Mejora las características de cobertura.
- 6.- Incrementa el tiempo de habla de los teléfonos a baterías.
- 7.- Ancho de banda por demanda.
- 8.- Flexibilidad en codificación de voz.
- 9.- Control de potencia

- **CDMA y capacidad**

La ganancia de capacidad en un sistema celular puede ser obtenida de dos maneras :

1. Logrando mas canales por MHZ de espectro.
2. Logrando mas rehusos de canales por área geográfica.

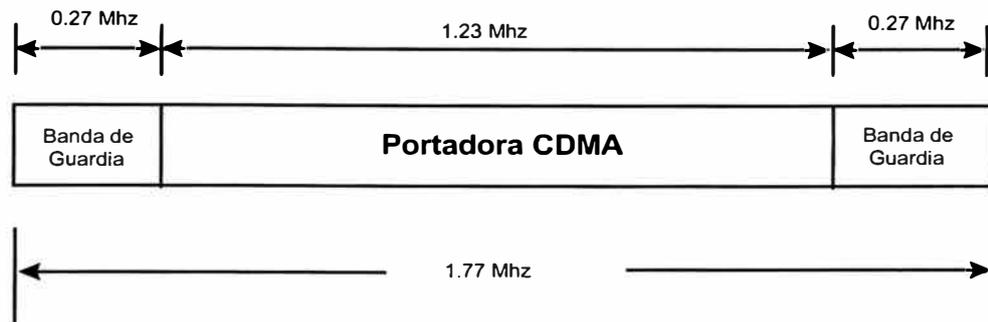
El sistema NAMPS es un ejemplo de tecnología de sistema que logra capacidad a través del método # 1 (mas canales por Mhz de espectro). En lugar de tener un canal de 30 Khz como el AMPS, el sistema NAMPS tiene tres canales en los mismos 30 Khz y por lo tanto logra aumentar en un factor de tres la capacidad del sistema.

Según se puede observar en el Plan de Frecuencias en el cuadro adjunto, a fin de implementar la plataforma CDMA con 01 portadora se requiere un total de 59 canales analógicos. Ello significa disminuir en total 09 canales promedios por estación base AMPS, restando capacidad de usuarios analógicos

Canal CDMA = 1.23 Mhz → $1.23\text{Mhz}/30 = 41$ canales AMPS

Banda de Guardia = 0.27 Mhz/lado → $0.54\text{Mhz}/30 = 18$ canales AMPS

Total = 1.77 Mhz = 59 canales AMPS



1ra Portadora CDMA

- **CDMA y el rehuso de canales**

El principio básico de las telecomunicaciones celulares es la habilidad para re-usar las frecuencias una y otra vez sobre un área geográfica específica.

Cada frecuencia no puede ser utilizada en cada celda en un sistema FDMA sin causar una gran interferencia en celdas vecinas. En un sistema AMPS, por ejemplo, usando una configuración de tres sectores, el factor de rehuso de las frecuencia para su diseño es de $N=7$. En otras palabras, típicamente solo un séptimo ($1/7$) de todas las frecuencias celulares asignadas a un operador pueden ser utilizados en cualquier celda.

Todos los usuarios sobre una portadora comparten el mismo espectro radio-eléctrico. La misma frecuencia portadora CDMA es utilizada en cada sitio de celda y en cada sector de la misma. Esto equivale a un factor de rehuso de $N=1/S$ donde S es el número de sectores por celda. Este rehuso de frecuencia $N=1/S$ es que le da al sistema CDMA su gran capacidad sobre el sistema AMPS.

- **Eb/No y el umbral de interferencia**

El parámetro denominado Eb/No proporciona una medida de la calidad del enlace CDMA entre el móvil y el receptor de la celda respectiva. Esta representa la razón señal/ruido para un bit simple en el enlace inverso (terminal-base). Esto es la razón en decibelios entre la energía de cada bit de información y la densidad espectral de ruido. El ruido es una combinación de la interferencia del medio y la interferencia generada por las señales provenientes de las estaciones de todos los usuarios del sistema..

Un parámetro de importancia en el diseño de un sistema basado en tecnología CDMA es el denominado FER(Frame error rate), el cual indica la proporción de tramas que son recibidas con errores. La tasa de errores FER esta directamente relacionada con el parámetro Eb/No : si éste aumenta, el FER decrece, mejorando la calidad del sistema.

- **Niveles de diversidad**

Diversidad de frecuencia

En el campo de las radiocomunicaciones móviles es común encontrar desvanecimiento selectivo de frecuencias. Este tipo de desvanecimiento ocurren en ambientes en que se presentan trayectorias múltiples cuando dos o mas señales(directa y reflexiones) se combinan y se cancelan entre si. Las transmisiones de banda angosta son especialmente propensa a este fenómeno.

Diversidad espacial

La diversidad espacial se refiere al uso de dos antenas receptoras separas por alguna distancia física. El principio de la diversidad espacial reconoce

que cuando un móvil esta en movimiento, este crea un patrón de máximos y nulos.

Cuando uno de estos nulos coincide con la posición e una antena esto puede causar pérdida total de la señal. Sin embargo, si la segunda antena está a una distancia física de la primera convenientemente emplazada de manera que se encuentre fuera del área de señal nula, la recepción de la señal puede presentar un nivel aceptable.

Diversidad de trayecto

En las comunicaciones de radio hay usualmente mas de un trayecto entre el transmisor y el receptor. Por lo tanto versiones de una misma señal son presentadas al receptor. Estas señales están desfasadas en el tiempo debido a las diferentes trayectorias seguidas para alcanzar al receptor.

Aunque múltiples trayectos son una desventajas para los sistema analógicos o de TDMA, esto es una ventaja para CDMA. El receptor CDMA recibe las diferentes señales, selecciona las tres mas intensas, las desfasa en el tiempo, sumándolas luego en fase para obtener una señal de mayor intensidad que las señales componentes. En consecuencia, en el sistema CDMA gracias al

proceso de señales que tiene incorporado, la presencia de señales con múltiples trayectorias, mejora la señal en lugar de degradarla.

Diversidad de tiempo

Los sistemas CDMA usan un número de códigos correctores de error seguidos de técnicas de entrelazados de bits.

La pérdida de bits en una comunicación tiende estadísticamente a estar agrupada en el tiempo. Los esquemas correctores de errores trabajan mejor cuando los bit errados están expandidos en el tiempo

- **Control de potencia**

La capacidad de controlar la potencia es inherente del diseño de CDMA y asegura que todos los usuarios transmitan a la mínima potencia para establecer una calidad de comunicación adecuada. El control de potencia limita la interferencia del sistema y maximizar la capacidad del mismo.

En sistemas analógicos, el terminal de abonado es capaz de subir o bajar su potencia cada algunos segundos. El sistema CDMA utiliza control rápido de potencia (fast power control) para compensar rápidamente las condiciones variables del canal. Tanto la unidad de abonado como la estación base están constantemente monitoreando la calidad del canal cada 1.25 ms para incrementar o disminuir la potencia.

BIBLIOGRAFIA

1. Propagación influences in Microwave Link operati6n
Gough, M. W
2. Radio propagaci6n fundamentals
Bullington, K.
3. Dise1o de sistemas de Transmisi6n por Fibras 6pticas
Jica - Inictel
4. Anuarios y Resumes de gesti6n de EX-ENDEL
A1os 1963 a 1993
5. Tráfico Telef6nico
Jica - Inictel
6. Ingeniería de Sistema de Telecomunicaciones
Rogeer L. Freeman
7. Propagaci6n : Aspectos econ6micos y t6cnicas de la elecci6n de
sistemas de transmisi6n
Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefonía (CCITT)
Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaci6n (CCIR)
8. Dise1o de Sistemas de Transmisi6n Digital mediante Radioenlaces
Jica - Inictel
9. Motorola CDMA - Wireless Local Soluci6ns
Motorola
10. Sistemas AXE-10
Ericcson