



D-7036

T
621.3851
H763

Escuela Superior Politécnica del Litoral
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

Estudio y Diseño de una Red Telefónica para la Provincia de Galápagos

Tesis de Grado

Previa Obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: ELECTRONICA

Presentada por:

María Isabel Montaleza Carrera

Guayaquil :-: Ecuador

1985



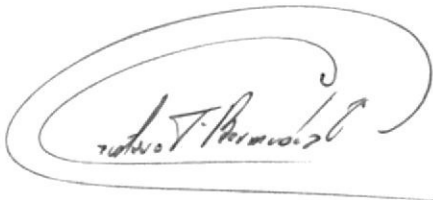
AGRADECIMIENTO

Agradezco a quienes, fieles al ideal de Maestros, me entregaron su sabiduría durante la etapa de estudios en la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. El conocimiento y experiencia que me transmitieron serán la base fundamental de mi Carrera Profesional.

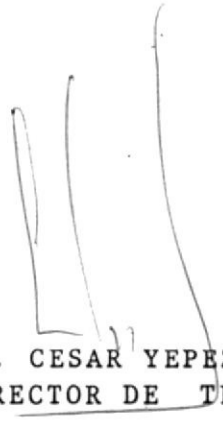
Al Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones por la colaboración prestada para la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

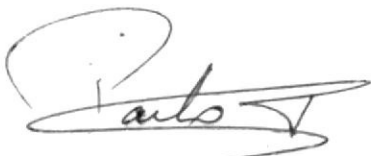
Con todo cariño A mis Padres y Hermanos, A ellos, que gracias a su apoyo logré salir adelante en ésta etapa de mi vida.



ING. GUSTAVO BERMUDEZ F.
SUB-DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA ELECTRICA



ING. CESAR YEPEZ F.
DIRECTOR DE TESIS



ING. PEDRO CARLO
MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL DE TESIS



ING. CARLOS BECERRA E.
MIEMBRO SUPLENTE DEL
TRIBUNAL DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta Tesis, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "

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



María Isabel Montaleza C.

RESUMEN

Dadas las características que poseen las Islas Galápagos, - el servicio telefónico que requieren, es de "Telefonía Rural".

Las características son:

- Asentamientos de localidades
- Pequeñas Poblaciones dispersas.
- Escasez de Técnicos locales capacitados
- Clima tropical que influye en la vida útil del equipo.
- Economía pobre, lo cuál influye en la amortización de las inversiones y en la oferta del servicio a precios remunerados, como consecuencia del elevado costo de la construcción y mantenimiento en las Islas, y de la baja capacidad económica del Usuario.

En el presente trabajo se realiza un estudio y diseño de un Sistema Integral de Telecomunicaciones Inter-Islas para la Provincia de Galápagos.

En base a información Socio-Económica, se desarrolla un estudio de las necesidades del servicio telefónico en las Islas, y se lo proyecta hasta el año 2.000.

En el diseño se toman en cuenta las condiciones de electrificación existentes en las Islas, así como también las topográficas y geológicas.

En las poblaciones de Puerto Baquerizo y Puerto Ayora, se instalarían Centrales Telefónicas de Tecnología moderna. En cuanto a las demás Islas se las atendería con teléfonos remotos de Puerto Ayora, dada la poca demanda y población existente en dichas Islas.

El diseño de la red externa sería aérea dadas las condiciones rocosas del terreno. Se diseñarán enlaces troncales Inter-Islas en VHF y UHF.

Por razones de distancia, elevaciones en las Islas, lo cuál incide sobre la propagación de los enlaces mismos.

Haciendo un análisis económico de la red diseñada, se procuraría obtener un optimo económico posible.

INDICE GENERAL

	PAGS.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XIV
INDICE DE PLANOS	XVII
INTRODUCCION	18
CAPITULO I	
INDICADORES GENERALES DE LAS ISLAS GALAPAGOS	19
1.1 SITUACION GEOGRAFICA DE LAS ISLAS	19
1.1.1 Condición Geológica de las Islas	19
1.1.2 Clima en las Islas	22
1.2 INDICADORES SOCIALES DE LA PROVINCIA	22
1.2.1 Población y división política de las Islas	22
1.2.2 La Vivienda	23
1.2.3 Servicios Generales	24
1.2.4 Facilidades	26
1.2.5 Ingresos	28
1.2.6 Población Económica Activa (P.E.A.)	28
1.2.7 Turismo	29
1.3 SITUACION ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES EN LAS ISLAS	32
1.3.1 I.E.T.E.L.	32
1.3.2 I.N.G.A.L.A.	33
1.3.3 Televisión en las Islas	34
1.3.4 Radio en las Islas	35

	PAGS.
1.4 BREVE DESCRIPCION DE LAS CUATRO ISLAS HABITADAS.	35
1.4.1 San Cristóbal	35
1.4.2 Santa Cruz	36
1.4.3 Santa María	36
1.4.4 Isabela	37
1.4.5 Isla Baltra	37
CAPITULO II	
ESTUDIO DE NECESIDADES DEL SERVICIO TELEFONICO	39
2.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA TELEFONICA EN LAS ISLAS	39
2.1.1 Proyección de la Población en las Islas	39
2.1.2 Cálculo de la Demanda Telefónica	40
2.1.3 Cálculo del Tráfico Telefónico	46
2.1.4 Cálculo del número de circuito entre Puerto Ayora y Puerto Baquerizo	52
2.2 COMUNICACIONES CON EL CONTINENTE	57
2.2.1 Sistema de Comunicación Vía Satélite	57
2.3 ESTUDIO DE ENLACES TRONCALES INTER-ISLAS	60
2.3.1 Selección y geografía de la ruta de enlace	60
2.3.2 Decisión del Sistema a emplearse	62
2.3.3 Selección de Frecuencia	62
2.3.4 Perfil en los enlaces de propagación $K = 4/3$. Generalidades y gráficos	63
2.3.5 Zona de Fresnel. Generalidades y cál culos	77
2.3.6 Altura de antena y punto de reflexión Cálculos	82

2.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES LOCALES	88
2.4.1 Centrales Locales Electrónicas (SPC)	88
2.4.2 Centrales Locales Analógicas	91
CAPITULO III	
DISEÑO DE LA RED TELEFONICA INTEGRAL DE GALAPAGOS	95
3.1 DISEÑO DE LA PLANTA EXTERNA DE GALAPAGOS	95
3.1.1 Diseño de la Red de Conmutación	95
3.1.2 Planta Externa	96
3.1.3 Canalización Telefónica	96
3.1.4 Diseño de la Red Externa de Puerto Baquerizo	99
3.1.5 Diseño de la Red Externa de Puerto Ayora	103
3.1.6 Especificaciones técnicas para la construcción de la Línea Aérea	103
3.1.7 Herraje	105
3.1.8 Teléfonos Remotos	109
3.2 DISEÑO DEL ENLACE PRINCIPAL ENTRE SANTA CRUZ Y SAN CRISTOBAL	109
3.2.1 Descripción del Diseño	110
3.3 DISEÑO DEL ENLACE SECUNDARIO ENTRE SANTA CRUZ Y LAS ISLAS BALTRA, ISABELA Y SANTA MARIA.	110
3.3.1 Descripción del diseño	110
3.4 CONSIDERACIONES TECNICAS SOBRE LOS ENLA- CES EN LAS ISLAS	114

GALAPAGOS	151
4.1 COSTO DE LA RED TELEFONICA INTEGRAL	151
4.1.1 Costos Generales	151
4.1.2 Costos por localidades	152
4.1.3 Flujo de Fondos	161
4.2 INGRESOS PROVENIENTES DEL USO DE LA RED	164
4.2.1 Ventas de inscripciones	164
4.2.2 Ingresos por Servicio	164
4.3 GASTOS DE OPERACION	165
4.3.1 Necesidad del Personal (CP)	165
4.3.2 Gastos en operación y mantenimien- to	169
4.4 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO	170
4.5 FACTOR OPERACIONAL (Fop)	172
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
APENDICE A	179
APENDICE B	185
APENDICE C	187
APENDICE D	190
BIBLIOGRAFIA	196

INDICE DE FIGURAS

N	PAGS.
1.1 Configuración Geográfica de las Islas Galapagos.	20
2.1 Demanda Telefónica	49
2.2 Densidad Telefónica	50
2.3 Tráfico Telefónico para Puerto Ayora y Puerto Baquerizo	53
2.4 Tráfico Total por el número de abonados	54
2.5 Tráfico Total por 100 abonados	55
2.6 Número de circuito por número de abonados	56
2.7 Foto del Cerro Leo Mar	61
2.8 AZIMUT Geográfico y distancia de los trayectos de enlace.	64
2.9 Perfil de enlace del Trayecto Leo Mar - Puerto Ayora	69
2.10 Perfil de enlace del trayecto Leo Mar - Puerto Baquerizo	71
2.11 Perfil de enlace del trayecto Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra.	74
2.12 Perfil de enlace del trayecto Leo Mar - Puerto Villamil	75
2.13 Perfil de enlace del trayecto Leo Mar - Baltra	76
2.14 Primera Zona de Fresnel	78
2.15 Ubicación del punto de reflexión	83
2.16 Características del S.P.C.	91
3.1 Red de Conmutación	97
3.2 Red Física: Enlace de los teléfonos remotos a la red de conmutación.	98
3.3 Canalización de Puerto Baquerizo	100
3.4 Canalización de Puerto Ayora	101

N	PAGS.
3.5 Accesorios para la Canalización	102
3.6 Empalme de Puerto Baquerizo	106
3.7 Empalme de Puerto Ayora	107
3.8 Herraje para el tendido del cable	108
3.9 Isla Santa Cruz	111
3.10 Isla San Cristóbal	112
3.11 Diseño de Transmisión	113
3.12 Componente de la atenuación total	115
3.13 Diagrama de niveles del enlace Principal Puerto Ayora-Puerto Baquerizo	137
3.14 Diagrama de Niveles de Enlace Secundario: Puerto Ayora - Puerto Villamil	138
3.15 Diagrama de niveles de Enlace Secundario: Puerto Ayora - Puerto Velasco Ibarra	139
3.16 Diagrama de niveles del enlace Secundario: Puerto Ayora - Baltra	140
3.17 Plan de enlace entre Centrales	146
3.18 Conexión del abonado remoto de Puerto Ayora	147
4.1 Diagrama de Flujo de Fondo	162

INDICE DE TABLAS

N	PAGS.
1.1 Estadística de la Vivienda	23
1.2 Nivel de estudio y número de alumnos	26
1.3 Distribución de la capacidad eléctrica instalada.	27
1.4 Ingreso Mensual por familia	28
1.5 Población económicamente activa	30
1.6 Estadística del Turismo en las Islas	31
2.1 Censo Poblacional de la Provincia de Galápagos	39
2.2 Tasa de crecimiento Poblacional de - Galápagos	40
2.3 Proyección de la población de Galápagos	42
2.4 Demanda Telefónica	44
2.5 Demanda Telefónica estimada	47
2.6 Demanda Telefónica promedio y densidad telefónica	48
2.7 Tráfico Telefónico para Puerto Ayora	52
2.8 Tráfico Telefónico para Puerto Baquerizo	52
2.9 Flujo del Tráfico Telefónico	58
2.10 Posición geográfica de estación repetidora	65
2.11 Altura para los diferentes puntos - del trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Ayora	68
2.12 Altura para los diferentes puntos del trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Baquerizo	70
2.13 Altura para los diferentes puntos del trayecto Leo Mar - Velasco Ibarra.	72
2.14 Altura para los diferentes puntos del	

N	PAGS.
trayecto Leo Mar - Puerto Villamil	73
2.15 Altura para los diferentes puntos del trayecto Cerro Leo Mar - Baltra	73
2.16 Cálculo de la primera zona de Fresnel del trayecto Leo Mar - Puerto Ayora	79
2.17 Cálculo de la primera zona de Fresnel para el trayecto Leo Mar - Puerto Baquerizo	80
2.18 Cálculo de la primera zona de Frenel para el trayecto Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra	80
2.19 Cálculo de la primera zona de Fresnel para el trayecto Leo Mar - Puerto Villamil	81
2.20 Cálculo de la primera zona de Fresnel para el trayecto Leo Mar - Baltra	82
2.21 Altura de antenas	84
3.1 Tabla de datos del enlace principal	121
3.2 Tabla de datos del enlace Secundario	123
3.3 Recomendaciones del CCIR: 402-2	126
3.4 Recomendaciones del CCIR: 399-2	127
3.5 Valores de Ruido	141
4.1 Tráfico Telefónico de Puerto Baquerizo y el ingreso anual	166
4.2 Tráfico Telefónico de Puerto Baquerizo y su ingreso anual	167
4.3 Ingreso anual por el servicio telefónico hacia el Continente	168
4.4 Tasa interna de retorno (T.I.R.)	173
4.5 Cálculo del factor operacional (Fop)	174

INDICE DE PLANOS

N	PAGS.
3.1 Diseño de la Red Externa de Puerto Baquerizo	197
3.2 Diseño de la Red externa de Puerto Ayora	198

INTRODUCCION

La Región de las Islas Galápagos al ser parte de nuestro Territorio y poblaciones, y al mismo tiempo ser de gran importancia turística y económica, requiere que las actividades de desarrollo y protección de la riqueza natural en las Islas se vean fortalecidas a través del establecimiento de un Sistema de Telecomunicaciones integral permanente y de buena calidad, para las comunicaciones Inter-Islas y de estas con el Continente y el resto del mundo.

La situación actual de las Telecomunicaciones de las Islas-Continente, es a través de un enlace de alta frecuencia (HF), e Inter-Islas, sólo existe entre Santa Cruz y San Cristóbal, en VHF, las mismas que no presentan confiabilidad. En cuanto a las demás Islas pobladas: Baltra, Santa María, Isabela, se encuentran sin ningún medio de comunicación.

De acuerdo a lo expuesto, existe la necesidad de elaborar un trabajo de telecomunicaciones para Galápagos, llenando el vacío que hasta ahora ha constituido una limitación para el desarrollo integral del Archipiélago.

El objetivo del presente trabajo de Tesis es estudiar y diseñar este sistema integral de Telecomunicaciones Inter-Islas para la Provincia de Galápagos, mediante el uso de tecnología moderna la cuál garantiza confiabilidad y facilidad de operación de un Sistema.

CAPITULO I

INDICADORES GENERALES DE LAS ISLAS GALAPAGOS

1.1 SITUACION GEOGRAFICA DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS

El Archipiélago de Colón, actualmente Provincia de Galápagos es un grupo de Islas a 972 Km² (525 millas náuticas) - al oeste de la Costa Ecuatoriana. Está situado entre los 89° y 92° de longitud occidental. La línea Ecuatorial - atraviesa el Archipiélago, quedando la mayor parte de las Islas entre la Línea Ecuatorial y 1° de latitud Sur.

Consiste de seis Islas principales: Isabela (4.588 Km²), - Santa Cruz (985 Km²), San Cristóbal (558 Km²) y Santa María (172 Km²) habitadas; las deshabitadas Fernandina (642 Km²) y Santiago (584 Km²) doce Islas menores, entre ellas Baltra, (Base Aérea y Naval) también cuenta con 60 Islotes y rocas.

La Configuración de las Islas Galápagos se la puede ver - en la figura 1.1

Las Islas tienen una superficie terrestre de 8.006 Km²; - su superficie marina es de 40.000 Km² y con su Mar Territorial totaliza una superficie de 716.830 Km².

La Distribución de las Islas en áreas es:

AREA	(HECTARIA)	PORCENTAJE
Total del Archipiélago	778.200	100%
Parque Nacional	691.200	88%
Colonización	97.000	12%

1.1.1 Condición Geológica de las Islas

Las Islas se levantan sobre una plataforma basáltica, formada por una lava submarina.

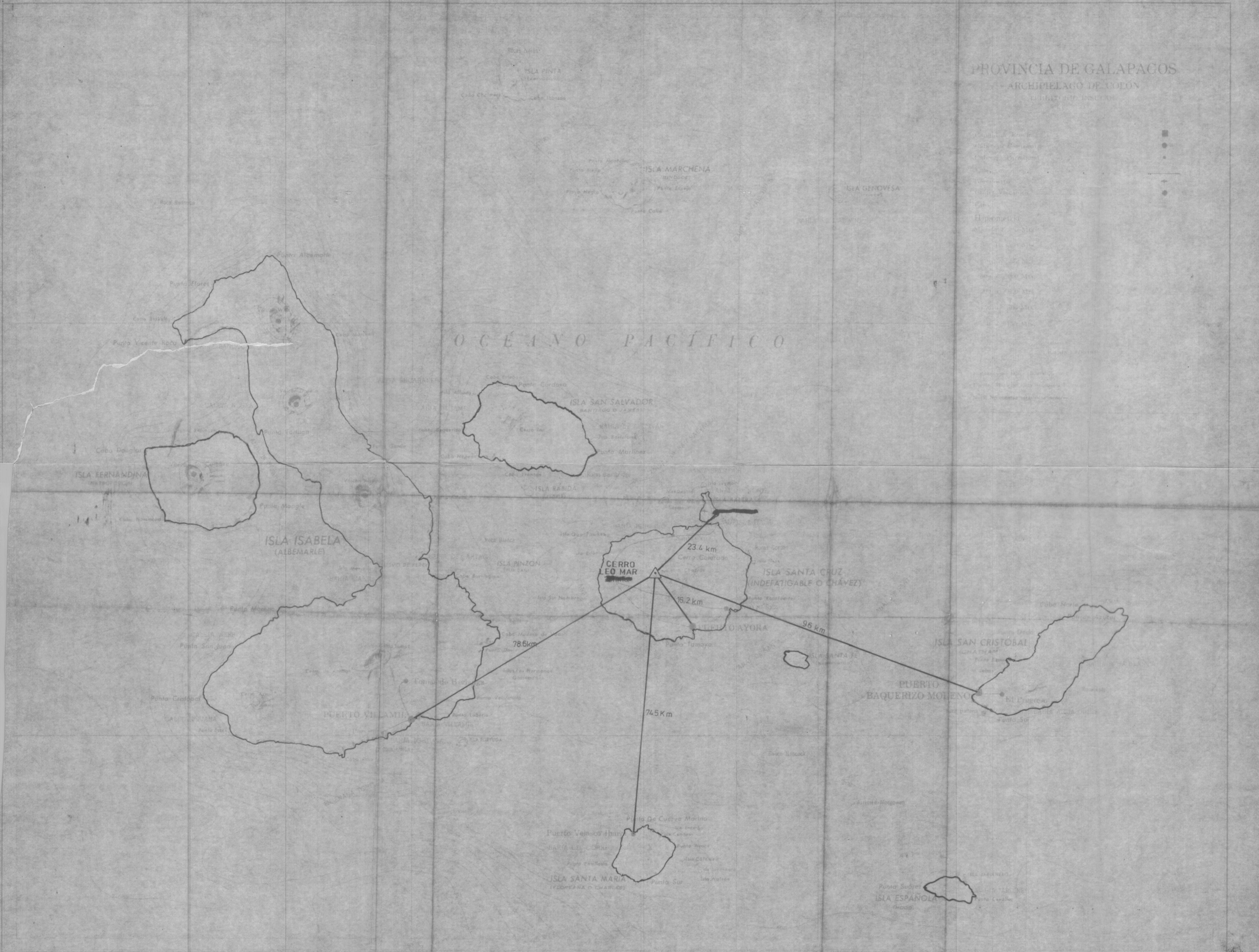


Figura 1-1 configuración geografica de las ISLAS GALAPAGOS

Pueden dividirse en dos grupos de diferentes origen y por consiguiente diferente edad. El un grupo es de mayor edad geológica, se halla en la parte más alta de la plataforma, en aguas menores de 200 mts. de profundidad; son Islas de pequeño tamaño, entre las que están: Española, Santa Fé, Plaza, Baltra, Seymour y una faja estrecha de la Costa del Noroeste de Santa Cruz; y consisten de levantamiento de lava, originalmente esparciada por el fondo del mar actualmente tiene aspecto bajo, plano y ondulado con precipicios en la Costa.

El otro grupo de Islas es de menor edad geológica - está compuesto de volcanes y conos pequeños que forman las Islas de mayor tamaño y son: Fernandina, Isabela, Pinta, Marchena, San Salvador, Floreana, San Cristóbal y la mayor parte de Santa Cruz.

A continuación se da una lista de las Islas con sus nombres elevaciones y superficies.

ISLA	SUPERFICIE KM2	ALTURA MAX.
Isabela	4,588	1,707
Santa Cruz	986	718
Fernandina	642	1,492
San Salvador	585	907
San Cristóbal	558	558
Floreana	173	640
Marchena	130	343
Española	60	206
Pinta	59	777
Baltra	27	100
Santa Fé	24	259
Pingón	18	458
Genovesa	14	76
Rávida	5	367

Seymour	1,9	-
Wolf	1,3	253
Tortuga	1,2	186
Bartolomé	1,2	114
Darwin	1,1	168

1.1.2 Clima en las Islas

Varios son los factores modeladores del clima, en Las Islas. Los vientos, del Sureste son los predominantes, excepto de Enero a Mayo.

Según Teodoro Wolf, existen dos zonas climáticas: - La "seca" desde el nivel del mar hasta los 200 mts. de altura y la "alta" húmeda en las Islas que poseen alturas superiores a los 220 mts. En consecuencia hay variación en la temperatura entre la estación seca y ventosa (junio a septiembre) y de lluvia (enero a abril) es de 22° a 25° para la costa, y de 16° a 18° para las zonas altas.

Altitud y Humedad: Las Islas bajas son desérticas - debido a que la humedad del ambiente pasa y la precipitación es nula. Las Islas del Sur presentan - obstáculos a la humedad (por sus elevaciones), produciendo lluvias, además precipitando en forma de neblina y garúa. La parte Norte de las Islas no recibe beneficio alguno de la humedad.

1.2 INDICADORES SOCIALES DE LA PROVINCIA

1.2.1 Población y División Política de las Islas

El cuadro poblacional de las Islas a base de la clasificación de sus habitantes es diferente al de otras áreas pobladas del país, en la que el número de habitantes es fijo y su mayoría son residentes.

Desde 1.950 a 1.982 la población se ha visto incre-

mentada de 2.370 a 6.201 habitantes.

El crecimiento poblacional, tiene características de concentración-Urbana, debido a recientes migraciones por lo que se prevee que existirá presión demográfica sobre el área de uso especial del Parque Nacional. De seguir igual ritmo demográfico, la población de las Islas Galápagos sera de 10.000 habitantes, hacia el año 2.000

Según el IV Censo de Población dado por INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo), las Islas pobladas son cuatro: Isabela, Santa Cruz, Santa María y San Cristóbal. En Baltra (Base Aérea y Naval), hay 50 habitantes.

En cuánto a la División Política de las Galápagos. Hay tres cantones: Isabela, Santa Cruz y San Cristóbal.

El Cantón Isabela tiene dos parroquias: Puerto Villamil (urbana) y Tomás de Berlanga (rural).

San Cristóbal tiene tres parroquias: Puerto Baquerizo Moreno (urbana) capital de la Provincia. El Progreso (rural) e Isla Santa María (rural).

Santa Cruz, posee dos parroquias: Puerto Ayora (urbana) y Bellavista (rural), éste cantón también pertenece a Baltra.

1.2.2 La Vivienda

AÑO	AREA	# DE VIVIENDA	TOTAL
1.974	Urbana	451	762
1.974	Rural	331	
1.982	Urbana	1.051	1.498
1.982	Rural	447	

TABLA 1.1: ESTADISTICA DE LA VIVIENDA

Como se observa en la Tabla 1.1, la vivienda se ha visto incrementada, resultado del crecimiento poblacional y económico de la última década.

En los Puertos de las Islas habitadas, se ha producido un crecimiento espontáneo de las poblaciones originando la expansión de los centros poblados y sus áreas de influencia.

Pero debido a la falta de la mano calificada se ha producido también la vivienda flotante y, la falta de regulación y control de la construcción hace que las viviendas no esten con el paisaje circundante, -habiendo predominio de "fachada modernista"

1.2.3 Servicios Generales

Debido a las condiciones físicas, geográficas del medio; y de la falta de recursos es muy difícil el desarrollo de las obras realizadas hasta la presente fecha, tales como:

Electricidad:

El servicio de energía eléctrica, en las Islas; se efectúa a base de generadores Termoeléctricos, a diesel, a un elevado costo debido a los altos precios del combustible. Se usa 1/5 de la capacidad instalada. Además 20 equipos particulares completan el servicio, incluyendo el sector rural.

El área poblacional concentrada es cubierta satisfactoriamente por electricidad.

El servicio está sujeto al siguiente horario diario

ISLA	HORARIO	HORA/DIA
San Cristóbal	06 a 24H00	18
Santa Cruz	06 a 23H00	17
Isabela	10 a 22H00	12
Santa María	18 a 22H00	4

El total de abonados es de 824

La Provincia no genera energía hidroeléctrica. (- porque se necesita de grandes caudales).

Agua:

El agua que allí se usa carece de tratamiento de potabilización y el suministro es a través de tube - rías, siendo su tendido bastante difícil por las dificultades que presenta el medio.

San Cristóbal dispone de agua dulce.

Santa Cruz e Isabela, tiene agua salobre, proveniente de grietas.

Santa María, posee agua dulce, de poco caudal.

Hospitales:

En las Islas hay:

2 Centros de Salud-Hospitales

1 Subcentro

4 Puestos de Salud

11 Médicos

Como se observa hay insuficientes puestos de Salud- y médicos, dando apenas un médico por cada 500 per-
sonas.

Educación:

El interés por la educación se refleja en el número de escuelas, existentes en las cuatro Islas habitadas. Hay en total 18 escuelas, 1 colegio en Santa Cruz otro en San Cristóbal y varios centros de promoción para adultos.

En la tabla 1.2, se detalla el nivel de estudio y el número de alumnos.

NIVEL	ALUMNOS	PLANTELES	PROFESORES
Pre-escolar	99	7	7
Primario	886	18	93
Secundario	479	3	48

Tabla 1.2 nivel de estudio y número de alumnos

Es decir que el 26,2% de la población concurre a un establecimiento educacional, lo cuál indica un índice de analfabetismo mínimo.

Transporte:

El transporte aéreo, de pasajero y carga menor, es dado por TAME.

El transporte Marítimo: entre Guayaquil y Galápagos es abastecido por motonaves, buques y pequeñas embarcaciones de turismo, que realizan cruceros entre Islas.

El Transporte Terrestre: es en forma limitada en las Islas San Cristóbal, Santa Cruz y Baltra. El Municipio da vehículos a Isabela.

1.2.4 Facilidades

En la tabla 1.3, se da la distribución de la capaci

CANTON	CAPACIDAD INSTALADA Kw.	CAPACIDAD UTILIZADA		HORARIO No. HORAS	GALONES DIARIOS	CONSUMO SEGUN DESTINO		NUMERO DE ABONADOS
		PICO	Kw			ALUMB. PUBLIC.	DOM.	
SANTA CRUZ	880	160	80	18	216	7.800	32.600	400
SAN CRISTOBAL	880	180	90	18	216	8.453	34.144	359
ISABELA	190	19	8	10	40	1.200		53
FLOREANA	55	8		8	15	600		

TABLA 1.3 DISTRIBUCION DE LA CAPACIDAD ELECTRICA INSTALADA

dad eléctrica instalada.

1.2.5 Ingresos

En la tabla 1.4 se da el ingreso mensual por familia.

El bajo promedio del ingreso familiar mensual en las Islas estudiadas responden a un bajo nivel de la actividad económica en su proceso normal y al impedimento de desarrollar actividades industriales en sitios que sólo son un complemento colonizado del objeto principal del Archipiélago: su preservación como Parque Nacional.

ISLA	NUMERO DE FAMILIAS	INGRESO PROMEDIO FAMILIAR
San Cristóbal	600	4.240,30
Santa Cruz	610	4.810,40
Isabela	120	2.585,40
Floreana	100	2.100,00
Total	1.330	13.736,10

Tabla 1.4, Ingreso Mensual por Familia.

1.2.6 Población Económica Activa (P E A)

En la tabla 1.5 tenemos la distribución de la población por actividades económicas.

Como se ve en el cuadro, la ocupación varía en cada Isla, de acuerdo al tipo de actividad predominante; así, San Cristóbal, tiene mayor porcentaje de empleados; mientras que Santa Cruz, que es el centro-turístico, casi toda la población está incorporada a esta actividad.

En Isabela, el mayor porcentaje se dedica a la agri

cultura.

En Floreana, no hay predominio de una determinada actividad.

1.2.7 Turismo

Como atracción turística, Galápagos difícilmente puede ser superada.

El Turismo en las Islas, es un turismo especial, no de ocio y diversiones ni grandes hoteles, sino de visitas a las Islas para admirar la naturaleza, es un turismo transeunte de breve estadía en las Islas con alojamiento en yate-hotel o pequeñas cabañas,

El Turismo constituye una importante fuente de ingresos para los pobladores.

Siendo Santa Cruz, el centro principal de la actividad turística, con el 42% del total de la población económicamente activa. Debido a los ingresos y al atractivo que produce esta actividad, se ha producido un aumento creciente de las personas incorporadas a ella.

Sin embargo los Isleños se benefician en menor porcentaje de mercado turístico, mientras que las empresas mayores (radicadas en el Continente) obtienen la mayor parte de las ganancias que deja esta actividad, esto se debe a la falta de financiamiento de los operadores residentes que les permita prestar servicios competitivos.

La mayor parte de los Turistas son extranjeros.

En la Tabla 1.6 se puede ver la estadística de los

DISTRIBUCION POR ACTIVIDADES ECONOMICAS

ISLA	TOTAL	EMPLEA		PESCA		TURISMO		COMERCIO		AGRICULTURA	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Sañ Cristóbal	645	223	35	64	10	6	1	223	34	129	20
Santa Cruz	680	167	24	34	5	283	42	81	12	115	17
Isabela	200	40	20	16	8	9	4	12	6	123	62
Floreana	25	8	32	3	12	2	8	3	12	9	36
Total	1.550	438	28	117	8	300	19	319	21	376	245

TABLA 1.5 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

1.982

MES	ECUATORIANOS	EXTRANJEROS	TOTAL	1.983
Enero	200	1.940	2.140	2.300
Febrero	351	848	1.199	1.982
Marzo	332	963	1.285	1.556
Abril	681	810	1.724	1.438
Mayo	454	6.431	1.097	1.015
Junio	550	860	1.410	1.285
Julio	396	1.225	1.621	1.261
Agosto	666	1.064	1.730	1.745
Septiembre	1.133	844	1.977	1.577
Octubre	710	614	1.324	1.355
Noviembre	325	665	990	1.594
Diciembre	279	581	860	1.262
	6.067	11.057	17.124	16.783

TABLA 1.6: ESTADISTICA DEL TURISMO EN LAS ISLAS

Turistas que ingresan a las Islas.

Como consecuencia de lo antes expuesto y por la estrecha capacidad de transporte de ciertas embarcaciones, el flujo de turistas ha disminuido ligeramente.

1.3 SITUACION ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES EN LAS ISLAS

Debido a la distancia de las Islas con el Continente (984 Km.) y a la dispersión de las Islas pobladas (80Km. entre cada una); las comunicaciones de todo tipo no son fáciles.

1.3.1 I.E.T.E.L.

Dispone de equipos que han funcionado durante muchos años. Existen sólo en San Cristóbal y Santa Cruz. No hay Discado Directo con el Continente, a pesar de existir dependencias en Guayaquil.

En San Cristóbal hay una Central Telefónica, edificio de dos plantas con un costo de 7 millones de Suces, tiene una sala de espera, oficina de atención pública, tres cabinas telefónicas.

La Central es AKD de 50 abonados, la misma que se ampliará a 100 líneas. También hay un equipo de radio HF, que permite seleccionar la frecuencia (un canal).

La comunicación de las Islas con el Continente es por medio de un sistema de radio HF (1 canal), ubicado en Puerto Ayora.

También hay un sistema de Telex en San Cristóbal.

La comunicación entre las dos Islas mencionadas -
es por medio de un sistema monocal (V H F).

En Santa Cruz hay un radio con frecuencia fija -
(HZ) en San Cristóbal.

1	-----	7.925	HZ
2	-----	7.935	HZ
3	-----	11.510	HZ
4	-----	11.520	HZ
5	-----	11.600	HZ
6	-----	13.580	HZ
7	-----	13.590	HZ
8	-----	14.385	HZ
9	-----	14.395	HZ
10	-----	14.695	HZ

En Guayaquil está el Rx y en el KM. 9 1/2 Vía a -
la Costa Guayaquil el Tx.

Marca de los equipos.

En Santa Cruz

Tx: I T T; frecuencia 91 85 HZ

Rx: Philips; frecuencia 12200 HZ

En San Cristóbal

Tx: SR

Rx: SR

SR: Scientific Radio

La potencia de transmisión Tx=1 Kwt

1.3.2. Ingala

El sistema de comunicación actual de Ingala es HF
y VHF.

El sistema HF, tiene 5 estaciones: Quito, Guayaquil, Isla San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno: Cerro Patricio); Isla Santa Cruz (Puerto Ayora) e Isla Isabela (Puerto Villamil).

En HF usa las frecuencias: 14390 MHZ
9785 MHZ
7380 MHZ

Sistema VHF: En las Islas funcionan, un sistema duplex con repetidora en Cerro Crocker (176 mts. de altura). Con estaciones en San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela y 2 embarcaciones: Ingala 1, Ingala 2, y un móvil terrestre en Baltra.

El sistema de alimentación de VHF en la repetidora es de celdas solares con un convertidor regular a batería que carga las baterías herméticas.

La transmisión: canal 1 (duplex): Tx= 157750 MHZ
158850 MHZ
canal 2 (simple)= 158400 MHZ

La repetidora de 25 Wtt y un amplificador de 60 wtt.

Marca de los equipos

Sistema de los equipos HF : DRAKE
Sistema VHF : STANDARD
Repetidora : STANDARD
Sistema Solar : A SOLAR

1.3.3 Televisión en las Islas

San Cristóbal posee una estación de televisión: Telegalápagos Canal 13 dirigida por la Misión Fran -

ciscana.

El canal 13 cubre las aspiraciones y necesidades de la población del Cantón no sólo en lo referente a entretenimiento, sino también en cuanto a educación, como las Islas carecen de servicio continuo de prensa, cine y medios sanos de recreación, la TV se ha constituido en un medio alternativo de comunicación.

1.3.4 Radio en las Islas

La misma Misión Franciscana tiene dos emisoras: La Voz de Galápagos en Puerto Baquerizo, y, Radio Santa Cruz en ésta Isla.

1.4 BREVE DESCRIPCION DE LAS CUATRO ISLAS HABITADAS

Como el objetivo de la Tesis es hacer un diseño de una red telefónica en las Islas pobladas de las Galápagos, es necesario conocer ciertos aspectos particulares de dichas Islas, para una correcta ubicación de Centrales, equipos de transmisión y dimensionamiento de red.

Las Islas pobladas son: San Cristóbal, Santa Cruz, Santa María e Isabela.

También se describirá a Baltra, en donde se encuentra el Aeropuerto.

1.4.1 San Cristóbal

Además de tener 2 centros poblados Puerto Baquerizo y El Progreso, hay otros cuatro de pocas familias diseminadas en sus chacras o fincas.

Su población es de 2.377 habitantes. Su territo -

rio 558 Km2,

la mayor altura de San Joaquin con 759 Mts.

Sus mayores ingresos económicos los obtienen del café y la pesca.

1.4.2 Santa Cruz

Es la Isla de mayor importancia por ser el centro de turismo y por su posición central en relación con las otras Islas.

El territorio es de 985 Km2. Sus mayores elevaciones son de 878 Mts. y el Cerro Croker con 768 Mts. Posee agua salobre.

Tienen la mayor cantidad de habitantes: 3.138 hab.

Junto a Puerto Ayora se halla la estación biológica Charles Darwin de interes turístico y científico.

En la parte alta de la Isla existen las poblaciones de Bellavista, Occidental, Santa Rosa y hacia el norte Santa Cruz.

Como es una Isla típicamente turística, hay un buen porcentaje de población flotante, especialmente extranjeros.

Su principal fuente de ingreso lo obtiene del turismo.

Hay 7 escuelas, 1 colegio y varios centros de promoción para adultos.

1.4.3 Santa María

Situada al Sur de Santa Cruz, y al oeste de San -
Cristobal, requería su mayor altura, lo consti-
tuye el Cerro de las Pajas con 680 Mts.

Su población: Puerto Velasco Ibarra con 56 habitantes
y su superficie es de 173 Km2.

Los habitantes en su mayoría son empleados públi -
cos (32% de la población).

1.4.4 Isabela

Situada al noreste de Santa María, es la más extensa
(4.588 Km2 hay miles de hectáreas para la agri-
cultura).

Sus principales poblados son Puerto Villamil y Santo
Tomás de Berlanga; con una población total de
630 habitantes, las cuáles se dedican principalmente
a la agricultura y pesca.

De las Islas pobladas, es la que más siente el proble
ma del aislamiento debido a la falta de comuni-
cación de todo tipo de la Isla con relación a las
otras y con el Continente.

1.4.5 Isla Baltra

Ubicada al norte de Santa Cruz, es pequeña, total-
mente árida y carece de agua dulce.

Posee carretera asfaltada y 2 grandes pistas de -
aterrizaje pavimentada para los aviones de TAME y
la FAE

La carretera que une a Puerto Ayora con Baltra cu-
bre un trayecto de 39 Km . Se realiza trasbordo a

través del canal,

En la actualidad hay 51 habitantes y se dedican a diversas actividades,

CAPITULO II

ESTUDIO DE NECESIDADES DEL SERVICIO TELEFONICO

2.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA TELEFONICA EN LAS ISLAS

De la información socio-económica indicada en el capítulo I indicadores generales de las Islas Galápagos; se ven que los niveles de sueldo del Gobierno muestran una depreciación notable con relación a las otras Provincias, - pero por otra parte el turismo tiende a convertirse en - una importante fuente de trabajo para los Isleños.

Existe un importante tráfico telefónico a pesar del inadecuado sistema de comunicación existente.

Todos estos factores deben ser tomados en cuenta en el estudio de la demanda telefónica'

2.1.1 Proyección de la Población en las Islas

En la tabla 2.1 se indica los resultados de los Censos poblacionales de los años 1.950, 1.962, 1.974, 1.982 y 1.985'

AÑO	1.950	1.962	1.974	1.982	1.985
Población Total	1.346	2.301	4.277	6.201	7.162

Tabla 2.1 Censo Poblacional de la Provincia de Galápagos.

De acuerdo al Censo Poblacional, la tasa de crecimiento, es la indicada en la tabla 2.2

PERIODO	# DE AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO %
1.950 - 1.962	12	4.57 ✓
1.962 - 1.974	12	5.30
1.974 - 1.982	8	4.70
1.950 - 1.974	24	4.94
1.950 - 1.982	32	4.89
1.950 - 1.985	35	4.89

Tabla 2.2 Tasa de Crecimiento Poblacional de Galápagos.

De la tasa de crecimiento de población indicada en la tabla 2.2 la más conveniente para efectuar la proyección poblacional hacia el año 2.000 es aquella que se refiere al periodo más largo, en este caso sería de 4.89%

A partir de los datos poblacionales que se disponen para el año 1.985 y utilizando la tasa de crecimiento 4.89% se hace la proyección poblacional hacia el año 2.000, indicando en la tabla 2.3

De los datos obtenidos en la tabla 2.3 se deduce que las parroquias urbanas tienen mayor cantidad de la población en las Islas, en tanto las Parroquias rurales son área relativamente de pequeña población en una área grande y dispersa.

2.1.2 Cálculo de la demanda telefónica

Uno de los métodos empleados en el cálculo de la demanda es el método de la regresión exponencial. (consta en el documento TR-20 de Agosto de 1.980 : Estudio de la demanda telefónica para la población rural del Ecuador).

Según este método el cálculo de la demanda requiere que a la población se la clasifique según sus características socio-económicas en poblaciones altas, medias y bajas. De acuerdo a esto las localidades donde el turismo tiene gran incidencia económica, se las consideran como poblaciones con demanda relativamente media, este es el caso de Puerto Ayora, Puerto Baquerizo, el resto de poblaciones se las consideran relativamente bajas.

El modelo matemático es el siguiente:

$$Y = ax^b \quad 2.1$$

Donde:

x = número de habitantes

Y = número de abonados

a = constante (a=0.00894420 para demanda media)
(a=0.01366366 para demanda baja)

b = constante (b=1.2419 demanda media)
(b=1.0889 demanda baja)

Los valores constantes de "a" y "b" han sido tomados del documento "Estudio de la demanda telefónica para las Poblaciones Rurales del Ecuador".

De acuerdo a esto obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$Y = 0.00894 \times 1.2419 \quad 2.2 \quad (\text{demanda media})$$

$$Y = 0.01366 \times 1.0889 \quad 2.3 \quad (\text{demanda baja})$$

Utilizando las ecuaciones 2.2, y 2.3 se calculará la demanda telefónica para las diferentes poblaciones de las Islas; que se muestran en la tabla 2.4.

Se ha creído conveniente hacer un segundo cálculo de la demanda telefónica, asumiendo una estimación telefónica según el censo de la demanda hecha en

AÑO	POBLACION TOTAL DE LA PROVINCIA	ISLA SAN CRISTOBAL			ISLA SANTA CRUZ		
		PUERTO BAQUER. (URB.)	EL PROGRESO (RURAL)	CERRO VERDE (RECINTO)	PUERTO AYORA (URBANA)	BELLAVISTA (RURAL)	SANTA ROSA (RECINTO)
1.985	6.382	2.000	700	182	2.500	800	200
1.990	8.104	2.539	889	231	3.175	1.016	254
1.995	10.275	3.220	1.127	293	4.025	1.288	322
2.000	12.901	4.093	1.407	366	5.025	1.608	402

*

* TABLA 2.3: PROYECCION DE LA POBLACION DE GALAPAGOS

$$F = A (1+r)^t$$

*:Continua en la siguiente página

AÑO	POBLACION TOTAL DE LA PROVINCIA	ISLA ISABELA		ISLA SANTA MARIA
		PUERTO VILLAMIL (URBANA)	TOMAS DE BERLANGA (RURAL)	VELASCO IBARRA (URBANA)
1.985	760	500	200	60
1.990	965	635	254	76
1.995	1.224	805	322	97
2.000	1.528	1.005	402	121

TABLA 2.3: PROYECCION DE LA POBLACION DE GALAPAGOS

LOCALIDAD	AÑO	ISLA SAN CRISTOBAL			ISLA SANTA CRUZ		
		PUERTO BAQUER. <i>MED +</i>	EL PROGRESO <i>CRSA</i>	CERRO VERDE <i>CRV +</i>	PUERTO AYORA <i>MED +</i>	BELLAVISTA <i>CRV +</i>	SANTA ROSA <i>CRV +</i>
POBLACION	1.985	2.000	700	182	2.500	800	200
	2.000	4.093	1.407	366	5.025	1.608	402
DEMANDA	1.985	113	17	4	148	20	4
	2.000	274	36	8	353	42	9

TABLA # 2.4 : DEMANDA TELEFONICA

*: Continua en la siguiente página siguiente

LOCALIDAD	AÑO	ISLA ISABELA		ISLA SANTA MARIA	BALTRA
		PUERTO VILLAMIL	TOMAS DE BERLANGA	VELASCO IBARRA	AEROPUERTO
POBLACION	1.985	500	200	60	-
	2.000	1.005	402	121	-
DEMANDA	1.985	12	4	2	1
	2.000	25	9	3	2

TABLA 2.4 : DEMANDA TELEFONICA

las Islas.

1 teléfono cada 20 personas en Puerto Baquerizo y Puerto Ayora.

1 Teléfono cada 40 personas en Parroquias Rurales, Velasco Ibarra y Baltra.

1 Teléfono cada 60 personas en comunas y recintos

De acuerdo a la asunción obtenemos la tabla 2.5

Tomando en cuenta las dos demandas antes calculadas (tabla 2.4 y 2.5) se sacará una demanda que se utilizará en el diseño de la red telefónica.

La demanda promedio se la indica en la tabla 2.6 - en esta tabla se incluye el cálculo de la densidad telefónica (porcentaje de teléfono con relación a la cantidad de habitantes).

$$\text{Densidad Telefónica} = \frac{\text{Demanda} \times 100}{\text{Número de habitantes}} \quad 2.4$$

En la figura 2.1 y 2.2 se indica las curvas de demanda telefónica y densidad telefónica (son curvas tomadas del documento TR-80).

2.1.3 Cálculo del Tráfico Telefónico

Existen diversos métodos para el cálculo del tráfico telefónico, uno es el que consta en el documento TR-80, en el cuál se considera un tráfico total de 0.05 Erlang por abonado, para Sistemas Rurales.

Con la ecuación 2.5 se determina el tráfico telefónico por año para Puerto Ayora y Puerto Baquerizo ya que en esas localidades se encuentran la mayor parte de la población concentrada.

LOCALIDAD	AÑO	PUERTO BAQUER.	EL PROGRESO	CERRO VERDE	PUERTO AYORA	BELLAVIS- TA	SANTA ROSA	PUERTO VILLAMIL	T. DE BERL.	VEL. IBARRA	BALTRA
POBLACION	1.985	2.000	700	182	2.500	800	200	500	200	60	-
	2.000	4.093	1.407	366	5.025	1.608	402	1.005	402	121	-
DEMANDA	1.985	100	18	3	125	20	3	25	3	1	1
	2.000	205	35	6	251	40	7	50	7	2	1

TABLA 2.5: DEMANDA TELEFONICA ESTIMATIVA

LOCALIDAD	AÑO	PUERTO BAQUER.	EL PROGRESO	CERRO VERDE	PUERTO AYORA	BELLA-VISTA	SANTA ROSA	PUERTO VILLAMIL	T. DE BERL.	VEL. IBARRA	BALTRA
POBLACION	1.985	2.000	700	182	2.500	800	200	500	200	60	-
	2.000	4.093	1.407	366	5.025	1.608	402	1.005	402	121	-
DEMANDA	1.985	106	17	4	136	20	3	14	3	2	2
	2.000	240	35	8	302	41	8	36	8	3	2
DENSIDAD	1.985	5.3	2.43	2.20	5.44	2.5	1.5	2.8	1.5	3.3	-
	2.000	5.86	2.49	2.19	6	2.55	1.99	3.58	1.99	2.48	-

TABLA 2.6: DEMANDA PROMEDIO Y DENSIDAD TELEFONICA

Densidad = Demanda / Población

ABONADO EN FUNCION DE LA POBLACION

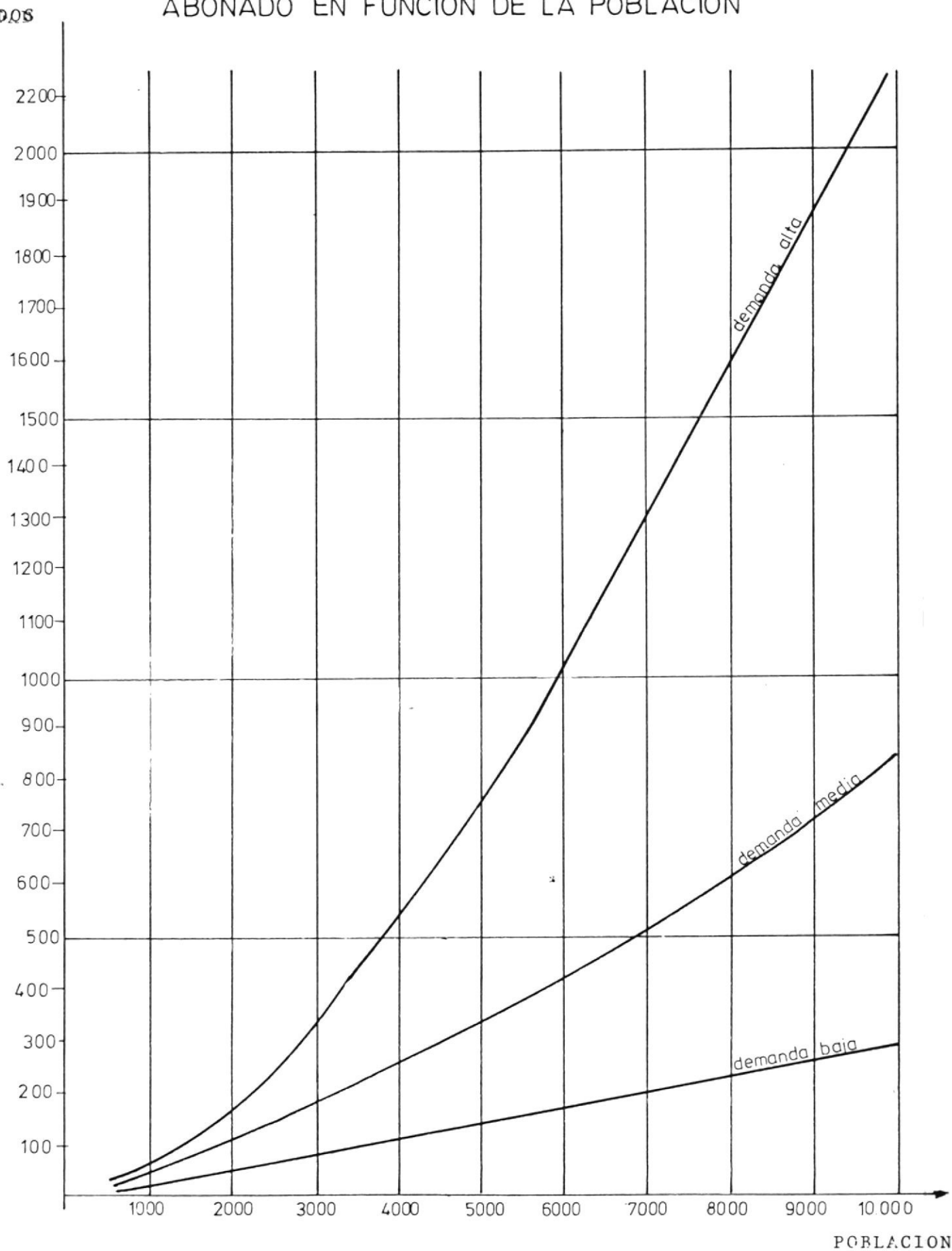


Figura2-1 Demanda telefónico

RELACION ENTRE DENSIDAD TELEFONICA Y POBLACION

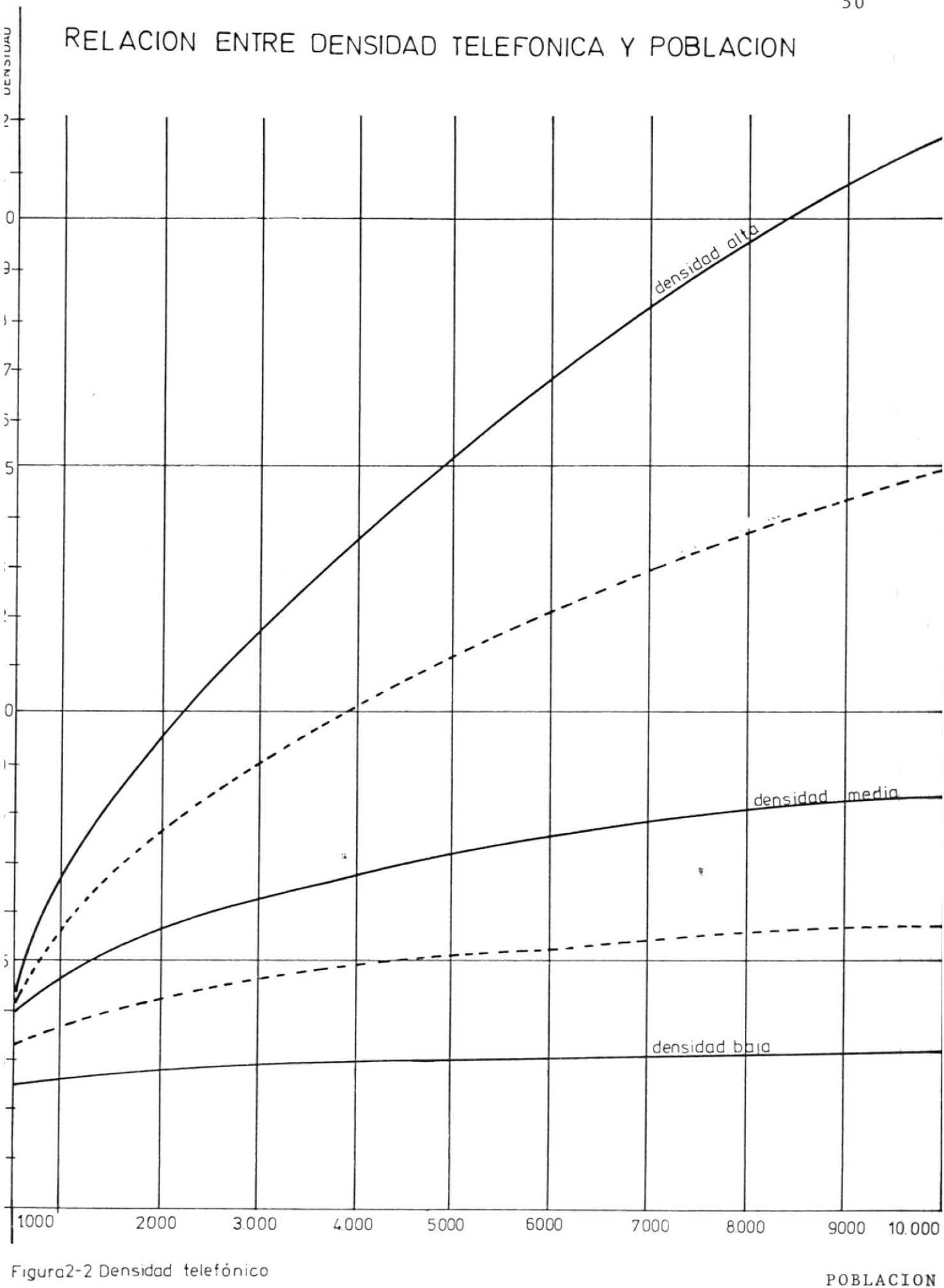


Figura2-2 Densidad telefónica

POBLACION

$$d = F + \frac{M-F}{1+ay}b \quad 2.5$$

Donde:

- d= Tráfico en Erlang por cada 100 abonados
 Y= Número de abonados en la Central Local
 M= 5.313 (Valor máximo del tráfico para cada 100 -
 abonados, tomado del documento TR-80)
 F= 0.2 (Valor mínimo del tráfico/100 abonados, to-
 mado del documento TR-80)
 a= 0.000200956 (tomada del documento TR-80)
 b= 1.23 (tomado del documento TR-80)

En la tabla 2.7 se encuentra tabulado el Tráfico -
 telefónico para Puerto Ayora y en la tabla 2.8 pa
 ra ~~Puerto Ayora~~ y Puerto Baquerizo.

En la figura 2.3 se muestra el tráfico telefónico-
 por año para Puerto Ayora y Puerto Baquerizo.

A las demás localidades se les servirá con teléfo-
 nos remotos de Puerto Ayora o Puerto Baquerizo se-
 gún sea el caso.

En la figura 2.4 se muestra el tráfico total por -
 el número de abonados (tomado del documento TR-80)

En la figura 2.5 se muestra el tráfico total por
 100 abonados (tomados del documento TR-80).

En la figura 2.6 se muestra el número de circuitos
 por número de abonados (tomadas del documento TR-
 80).

AÑO	NUMERO DE ABONADOS	TRAFICO TELEFONICO	
		TRAF. c/100 AB.	TRAF. TOTAL
1.985	136	4.91	6.67
1.990	179	4.75	8.52
1.995	235	4.57	10.74
2.000	302	4.35	13.15

Tabla 2.7 Tráfico Telefónico para Puerto Ayora

AÑO	NUMERO DE ABONADOS	TRAFICO TELEFONICO	
		TRAF. c/100 AB.	TRAF. TOTAL
1.985	106	5.01	5.31
1.990	139	4.90	6.81
1.995	182	4.75	8.64
2.000	205	4.67	9.58

Tabla 2.8 Tráfico Telefónico para Puerto Baquerizo

Estas características serán tomadas en cuenta para el diseño de la red de Conmutación.

2.1.4 Cálculo del número de circuitos entre Puerto Ayora y Puerto Baquerizo.

Para calcular el número de circuitos (N) se hace uso de la "tabla de cálculo del tráfico telefónico en Erlang". (ver tabla 2.9) en la cuál se encuentra tabulación el número de circuito en función de la probabilidad de pérdida de circuito (E) y el flujo del tráfico ofrecido (A) en Erlang.

Según la tabla 2.7 se obtiene un flujo del tráfico ofrecido (A) de 13.15 Erlang para el año 2.000 y para una probabilidad de pérdida del 1% (0.01) el

TRAFICO TOTAL

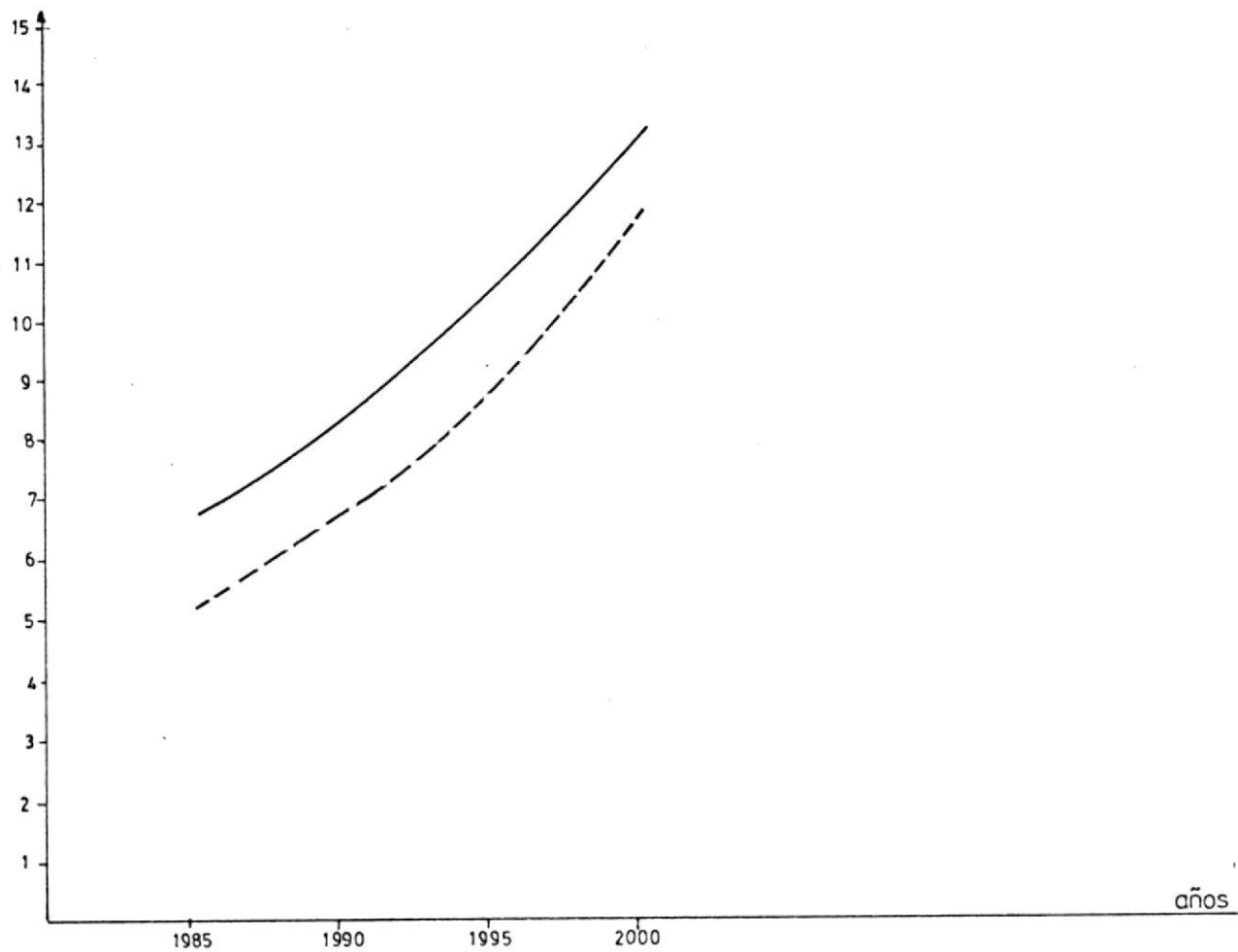


Figura 2-3

GRAFICO DEL TRAFICO TOTAL DE:

- PUERTO AYORA
- - - PUERTO BAQUERIZO

TRAFICO INTERURBANO GENERADO POR CENTRALES RURALES

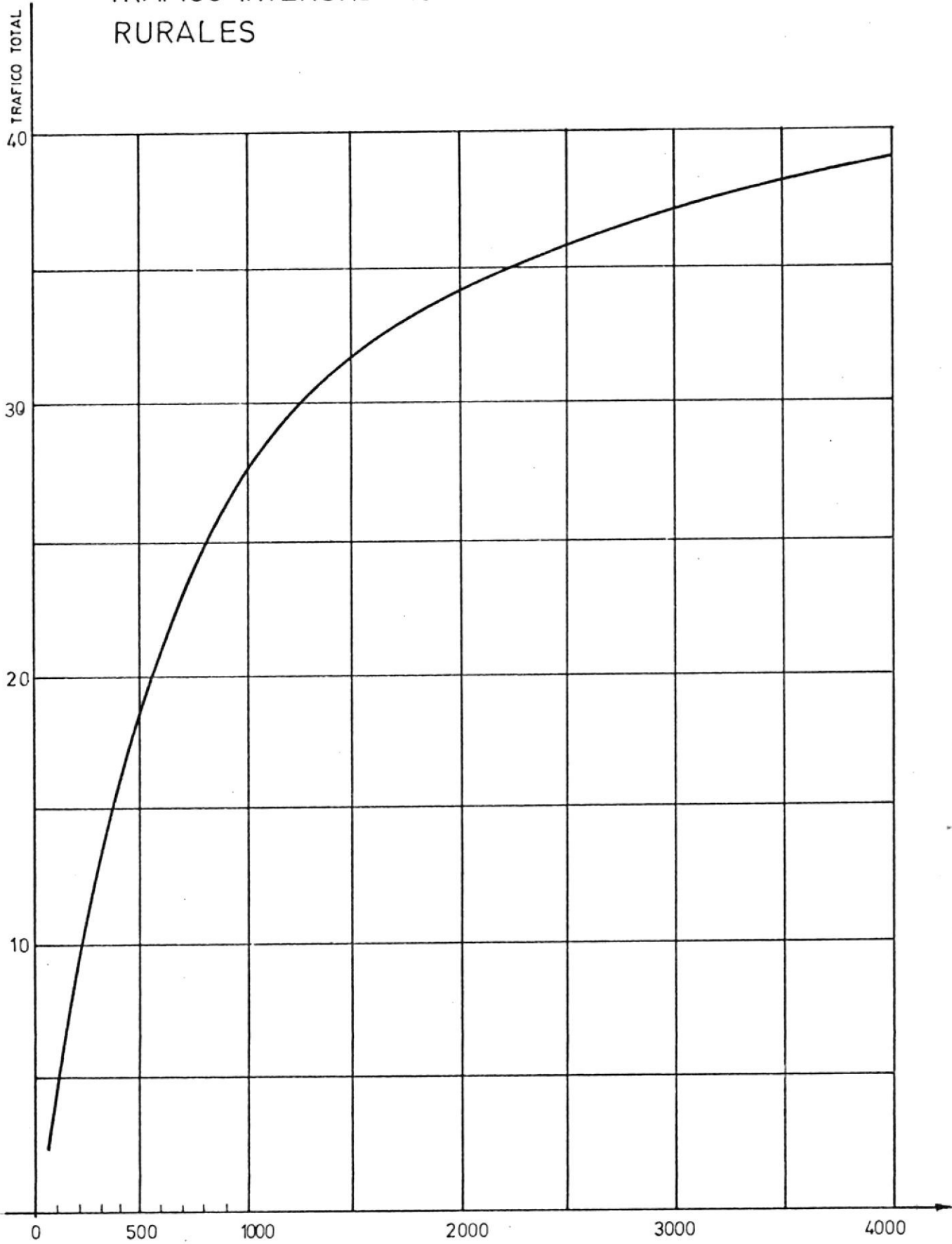


Figura 2-4 TRAFICO TOTAL POR EL NUMERO DE ABONADOS

TRAFICO INTERURBANO GENERADO POR CENTRALES RURALES

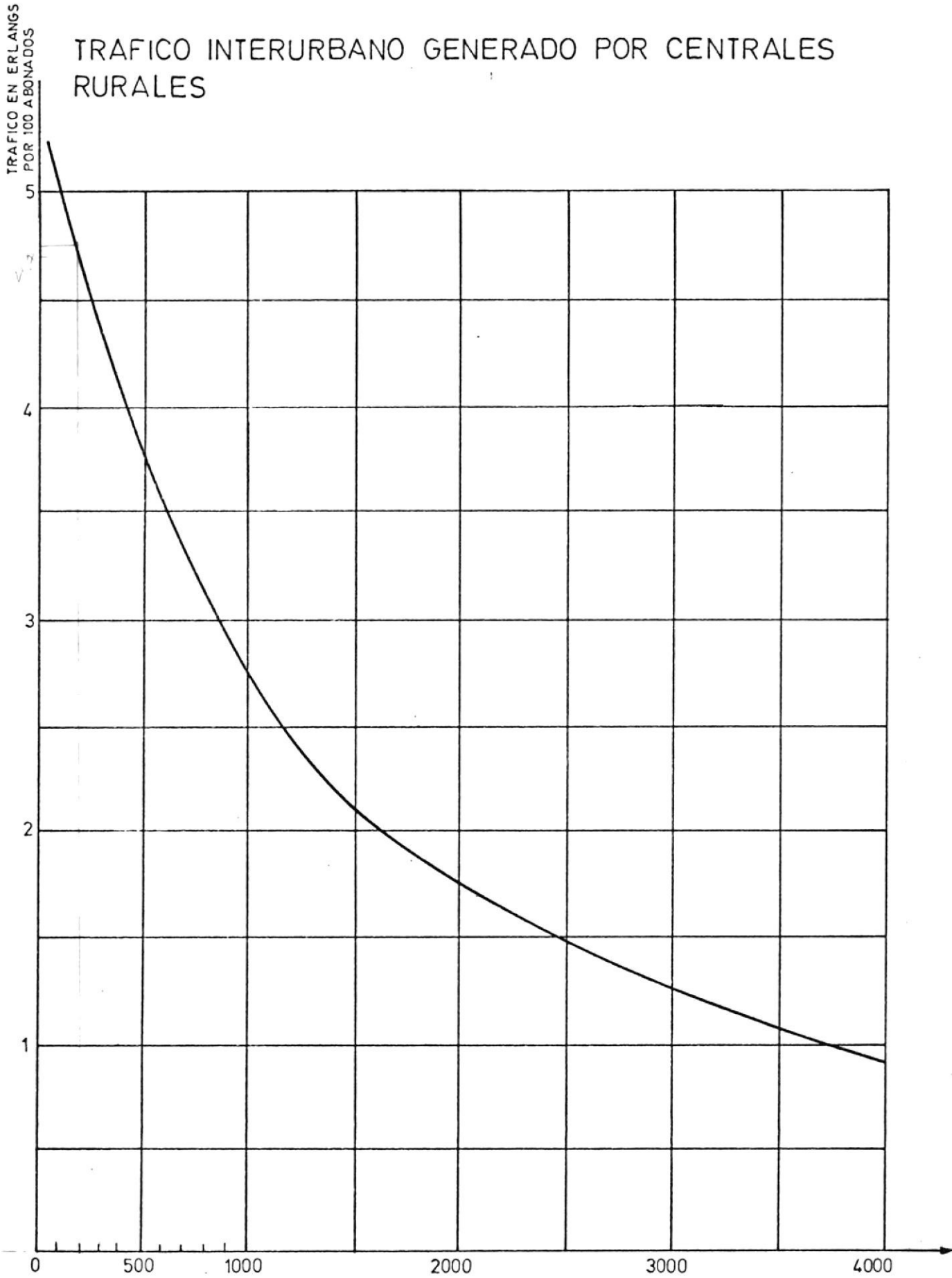


Figura2-5 Trafico total por cada 100 abonados

TRAFICO INTERURBANO GENERADO POR CENTRALES RURALES

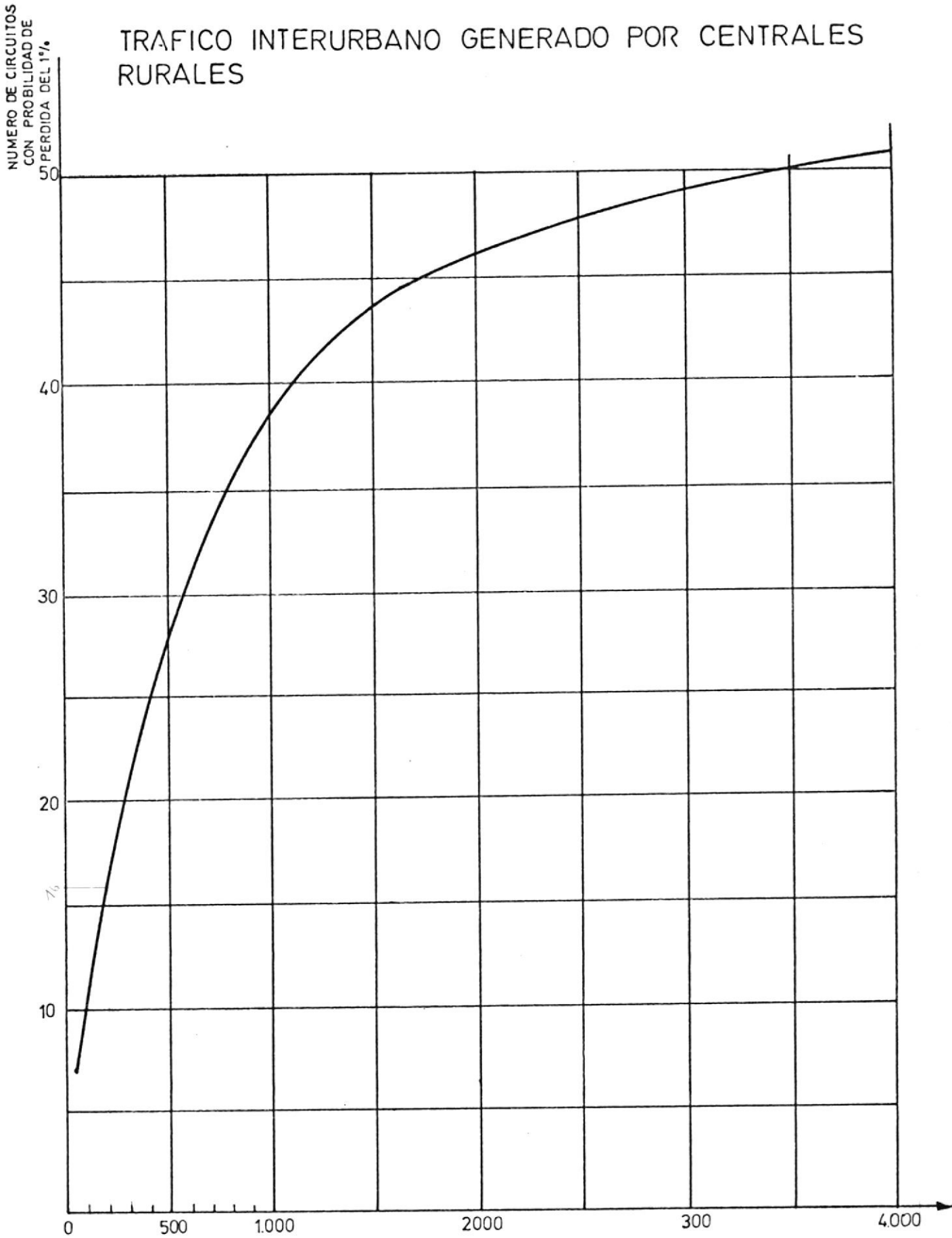


Figura 2-6 Numero de circuitos por el numero de abonados

FLUJO DEL TRAFICO OFRECIDO (A) EN ERLANG

N	.007	.008	.009	.01	.02
1	.00705	.00806	.00908	01010	02041
2	.12600	.13532	.14416	15259	22347
3	.3964	.41757	.43711	45549	60221
4	.77729	.81029	.84085	86942	1.0923
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571
6	1.7531	1.8090	1.8610	1.9090	2.2759
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015
14	6.9811	7.1154	7.2382	7.3517	6.2003
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.658
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182
21	12.312	12.500	12.677	12.838	14.036
22	13.105	13.303	13.484	*13.651	14.986

Tabla 2.9.- Flujo de Tráfico Telefónico

- a.- Mediante satélite intelsat International
- b.- Mediante sistema satélite doméstico (DOMSAT)
- c.- Mediante satélite propio

a.- Mediante Satélite de Intelsat International: -
Existen varias alternativas tecnológicas para Galápagos cuando se usa los satélites de Intelsat y son:

- Considerar a Galápagos como un Sistema Internacional: Según éste Sistema se requiere de instalar una estación terrena en Galápagos;- Standard B para enlazarse con el Sistema de Quito.
- Servicio Vista: El servicio vista es un nuevo servicio de Intelsat, hecho para facilitar las comunicaciones por medio de satélites en áreas rurales y remotos donde no es posible las comunicaciones, como es el caso de Galápagos.

Este servicio consta de dos estaciones terrenas standard D2 en el Continente y Standard-D1 en las Islas. La máxima capacidad está dada por la Demanda. El tipo de modulaciones SCP/FM (transmisión en modulación de frecuencias en canales preasignados).

b.- Sistema Satélite Doméstico (DOMSAT): Para tener un Sistema Satélite Doméstico se tiene como alternativas el arrendamiento del segmento satelital a INTELSAT, siendo el segmento mínimo de 1/4 de transportador, cuyo costo sería de \$ 250.000,00 anuales, con éste sistema se puede tener TV en el Sistema Doméstico. Se puede realizar un diseño de las estaciones terrenas de acuerdo a las necesidades. Permite-

el cambio de un satélite a otro sin mayores cambios en las estaciones terrenas. El espectro de potencia se lo puede utilizar de acuerdo a las necesidades del usuario.

c.- Sistema satélite Propio (Sistema cóndor): Los países del Pacto Andino formantes del acuerdo de Cartagena, tienen aprobado el proyecto del Satélite Andino propio, este proyecto tiene por objeto utilizar el segmento satelital de Intelsat en arrendamiento en conjunto, y luego lanzar su propio satélite.

2.3 ESTUDIO DE ENLACES TRONCALES INTER-ISLAS

2.3.1 Selección y Geografía de la ruta de enlace

Para el estudio de enlace Inter-Islands es necesario seleccionar los lugares donde se ubicarán repetidoras, estaciones, etc; considerando camino de acceso, energía eléctrica, mantenimiento, condiciones de propagación y planes futuros.

Se ha seleccionado al Cerro Leo-Mar para la ubicación de la repetidora por su posición central con respecto a las demás Islas y cumple con las mejores condiciones de propagación; desde este cerro existen líneas de vista hacia todas las Islas. Se ubicarán estaciones terminales en cada una de las localidades consideradas en éste estudio.

En la Figura 2.7 se indica una foto del cerro Leo-Mar, ubicado en la Isla Santa Cruz

El estudio de transmisión será hecho a base de un estudio técnico de propagación, ya que las pruebas



FIGURA 2.7: FOTO DEL CERRO LEO MAR

de campo eléctrico no son posibles por no disponer de equipos y por lo costoso de estos.

2.3.2 Decision del Sistema a emplearse

Tomando en cuenta la selección de la ruta; los enlaces entre Islas podrían ser HF, VHF, UHF y microonda.

El sistema HF existe actualmente entre Santa Cruz y San Cristóbal, y no brinda buenas condiciones de transmisión

El sistema de microondas resultaría demasiado costoso y no lo justificaría la demanda existente en las Islas.

Por lo que los Sistemas de enlaces que se justifican usar en las Islas son: VHF y UHF teniendo en cuenta el número de canales obtenidos en el capítulo 2.1

Se considera un enlace principal entre Puerto Ayora (Santa Cruz) y Puerto Baquerizo (San Cristóbal) en el rango de UHF con capacidad para 60 canales.

Un enlace secundario entre Puerto Ayora y las Islas: Isabela, Santa María, Baltra en VHF de 24 canales.

2.3.3 Selección de Frecuencias

El CCIR no establece ninguna disposición de radiocanales en sistema VHF y UHF para la planificación de frecuencia, por lo tanto se utilizará en éste estudio de propagación, la frecuencia central de $f_0 = 370$ MHz que está dentro del rango UHF (270 -

470) asignado a IETEL y de $f_0=158$ MHZ es la frecuencia central de espectro de frecuencia (145-170) asignado al IETEL en VHF.

En estas frecuencias centrales (f_0) se hará el estudio de propagación.

En la figura 2.8 se indica los AZIMUTS geográficos y distancia de los trayectos de enlaces, principal y secundario. El procedimiento para calcular las AZIMUTS trayecto se indica en el apéndice A.

En la tabla 2.10 se indica la posición geográfica de cada estación y la repetidora, también las alturas y distancias de los trayectos de enlaces.

2.3.4 Perfil de los trayectos de propagación para $K=4/3$ Generalidades y gráficos.

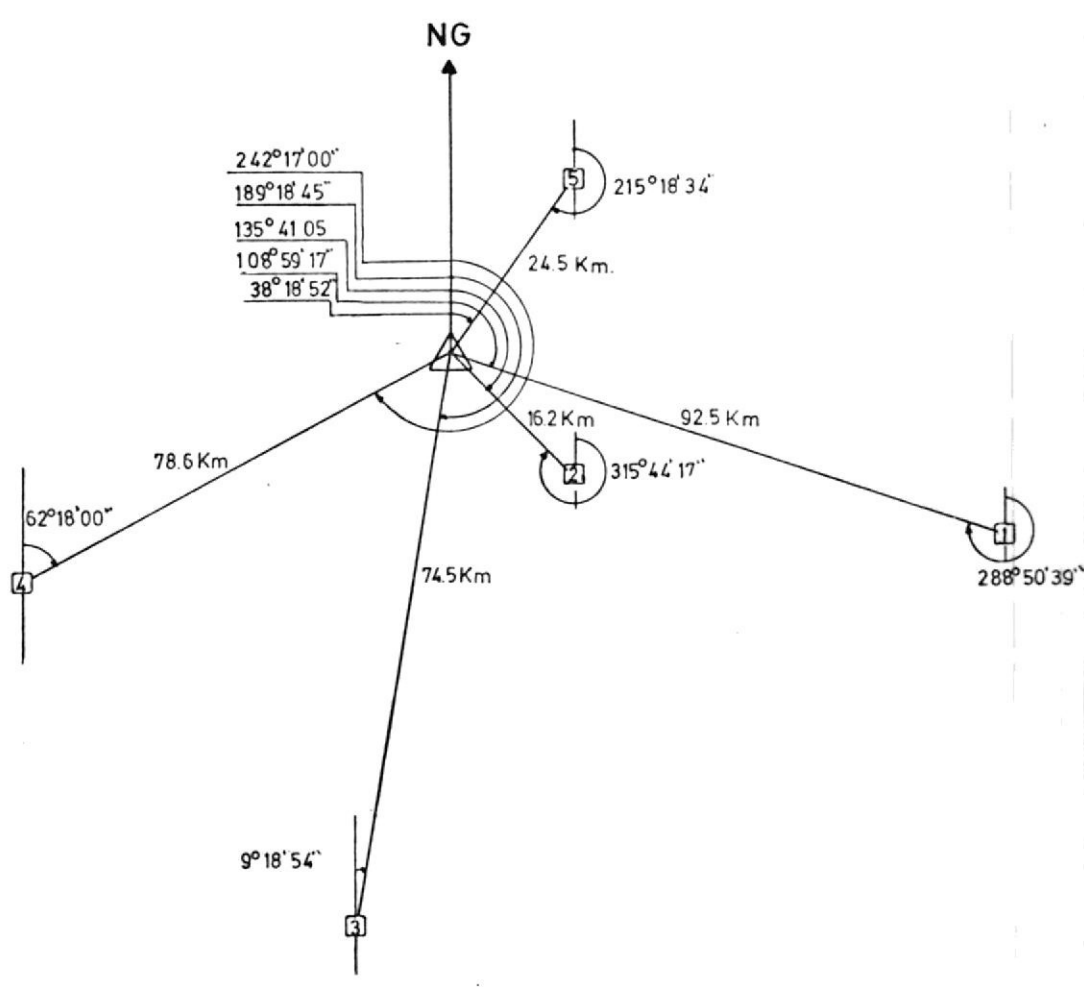
Una vez elegido la ubicación de terminales y repetidora, se realizará el perfil de enlace para cada trayecto de enlace, para lo cual se hará uso de los mapas topográficos del IGM, escala 1:60000 (ver figura 1.1) en el que se indican las cotas.

El rango entero de frecuencia (altas-bajas) se ve afectado por la tropósfera, la cuál presenta heterogeneidad en su estructura por su cercanía a la superficie terrestre, cambio de humedad, presión, temperatura, etc; por lo que todos estos factores, influyen en el medio de propagación a través de la tropósfera.

El frente de una onda electromagnética (de luz o de radio) cambia la dirección de su trayectoria de propagación, al cruzar, la altura de dos medios con diferente permitividad o al pasar por un medio

SIMBOLOGIA

- △ CERRO LEO MAR (repetidora)
- ① PUERTO BAQRIZO
- ② PUERTO AYORA
- ③ PUERTO VELASCO IBARRA
- ④ PUERTO VILLAMIL
- ⑤ ISLA BALTRA



AZIMUT GEOGRAFICO Y DISTANCIA DE LOS TRAYECTOS DE ENLACES

Figura.2-8

TRAYECTO DE ENLACE	ESTACION REPETIDORA	LATITUD SUR (°)	LONGITUD OESTE (°)	ALTURA (m)	DISTANCIA DEL TRAYECTO DE ENLACE (Km)
1	Puerto Ayora Cerro Leo Mar	00 42' 35" 00 36' 23"	90 24' 50" 90 24' 50"	781 80	16.2
2	Cerro Leo Mar Pto. Baquerizo	00 36' 23" 00 53' 26"	90 24' 50" 89 35' 36"	781 00	92.5
3	Cerro Leo Mar Pto. Velasco Ibarra	00 36' 23" 1 12' 20"	90 24' 50" 90 30' 18"	781 30	74.5
4	Cerro Leo Mar Pto. Villamil	00 36' 23" 00 56' 00"	90 24' 50" 91 01' 00"	781 40	78.6
5	Cerro Leo Mar Baltra	00 36' 23" 00 27' 15"	90 24' 50" 90 18' 30"	781 50	23.4

TABLA 2.10 : POSICION GEOGRAFICA DE ESTACION Y REPETIDORA

con una variación gradual del índice de refracción

El índice de refracción (N), no es constante, va
ría con la presión atmosférica, temperatura, pre -
sión parcial de vapor de agua (ver apéndice B).

El frente de la onda (haz) tiende a desviarse ha
cia abajo en la atmósfera y seguir la curvatura de
la superficie de la tierra por lo que el radio de
curvatura de la superficie de la tierra parece ma-
yor que el verdadero.

La relación entre el verdadero valor del radio apa
rente se llama factor de radio de curvatura de la
tierra y se lo expresa así "K".

$$K_c = K \times r_o$$

Donde:

K_c = radio real

K = constante de curvatura de la tierra

r_o = radio aparente

El valor de K depende de la gradiente del índice -
de refracción. Según la recomendación 2.31-1 del
CCIR bajo condiciones normales en el que la gra -
diente reflectiva es uniforme, el $K=4/3$, esto es
para clima templado como es el caso de Galápagos,-
de allí que en el estudio de propagación en éste -
caso se lo haga $K=4/3$

El CCIR define al K como:

$$K = \frac{157}{157 + AN}$$

Define una atmósfera fundamental de referencia co-

mo aquella cuyo índice de refracción varía con la altura y siempre es un valor negativo igual a $AN = -40$ unds/Km. para el cuál $K = 4/3$.

Para una refracción sub-normal el $AN = -157$ unds/Km para el cuál $K = 2/3$ éste valor se utilizará en éste estudio en caso de que algún perfil de enlace para $K = 4/3$ de la red troncal se encuentra alguna elevación próxima a la línea de vista.

Cálculo de la Curvatura de la tierra: Como la curvatura de la tierra es un factor que se debe tomar en cuenta en el perfil de enlace, a continuación se indicará las fórmulas para determinar las curvaturas de la tierra en cualquier punto de trayecto, considerando la refracción atmosférica (D_n).

$$\text{Para } K = 4/3 \quad h_x = \frac{d^2}{17} \quad 2.6$$

$$K = 2/3 \quad h_x = \frac{d^2}{8.5} \quad 2.7$$

La deducción de ecuaciones 2.6 y 2.7 se indica en el apéndice C.

Los trayectos a analizar parten del Cerro Leo-Mar y su situación geográfica se indica en la tabla 2.10.

Los trayectos de enlace son:

- 1.- Leo Mar - Puerto Ayora
- 2.- Leo Mar - Puerto Baquerizo
- 3.- Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra
- 4.- Leo Mar - Puerto Villamil
- 5.- Leo Mar - Baltra

Con las ecuaciones 2.6 y 2.7 se determinará la curvatura de la tierra de acuerdo con las distancias d_1 y d_2 obtenidos del mapa IGM (ver figura 1.1) para obtener h_x . Al valor h_x se le sumará la cota que indica el mapa (altura) en los puntos seleccionados (ver figura 1.1) para obtener la altura real de la tierra, con estos valores tabulados, se procederá a trazar el perfil de cada radio en lace.

1.- Trayecto Leo Mar - Puerto Ayora: Utilizando el mapa IMG se procede a trazar el perfil de enlace. Las cotas y distancias se encuentran tabuladas en la tabla 2.11 y el perfil de enlace se indica en la figura 2.9

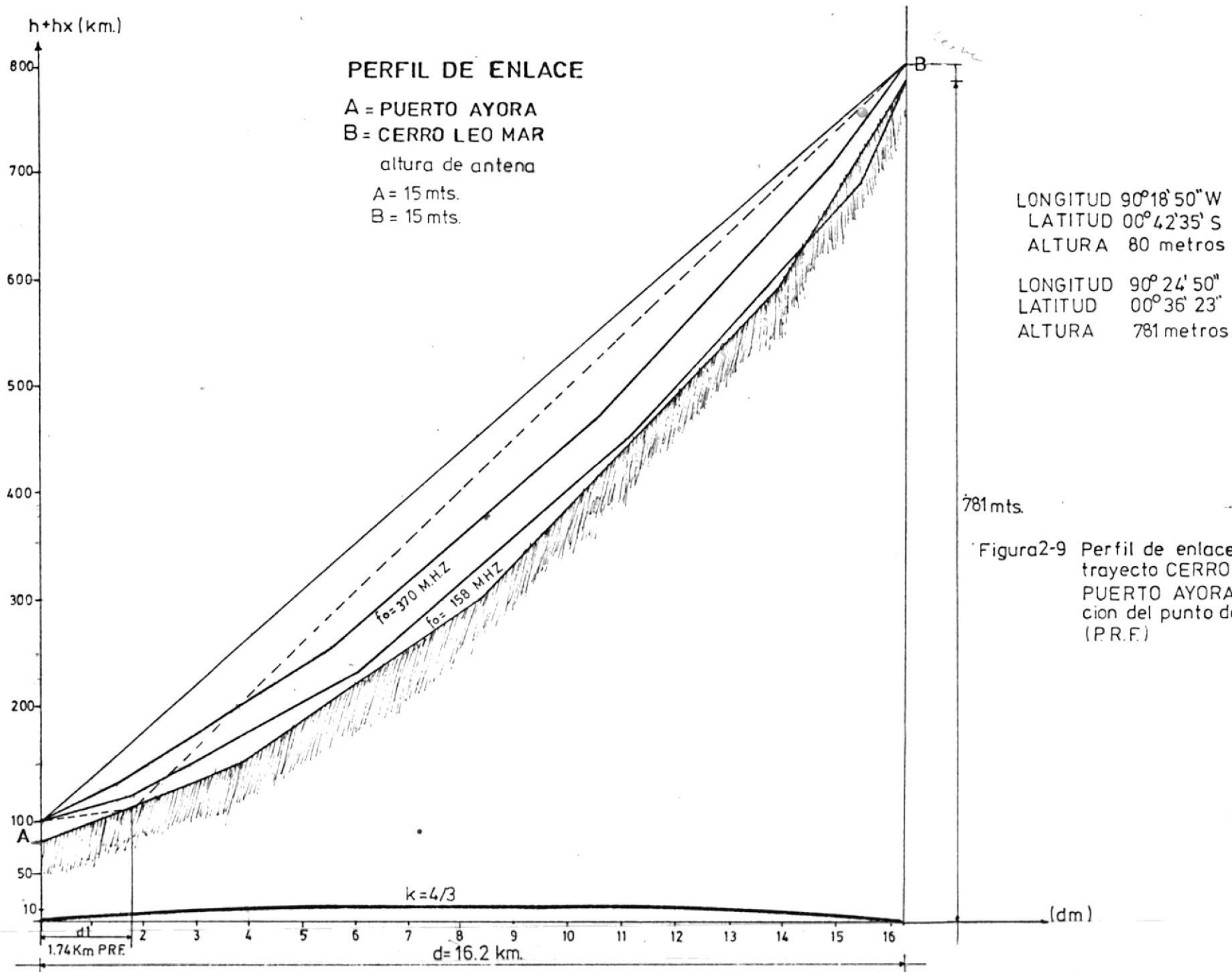
Las alturas de las estaciones son las siguientes:

Estación	Altura
Cerro Leo Mar	781 (mts)
Puerto Ayora	80 (mts)

DISTANCIA D_1 (Km)	DISTANCIA d_2 (Km)	HX (m)	ALTURA (m)	$H_x + H$ (m)
0	16.50	0	80	80
4	12.50	2.44	150	152.94
8.75	7.75	3.99	300	303.99
14	2.50	2.06	600	602.06
16.50	0.00	0	781	781

Tabla 2.11 Altura para los diferentes puntos del trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Ayora.

2.- Trayecto Leo Mar - Puerto Baquerizo: Utilizando el mapa IMG se procede a trazar el perfil de enlace. Las cotas y distancias se encuen -



tran tabuladas en la tabla 2.12 y el perfil se indica en la figura 2.10.

Las alturas de las estaciones son las siguientes:

Estación	Altura
Cerro Leo Mar	781 (m)
Puerto Baquerizo	0 (m)

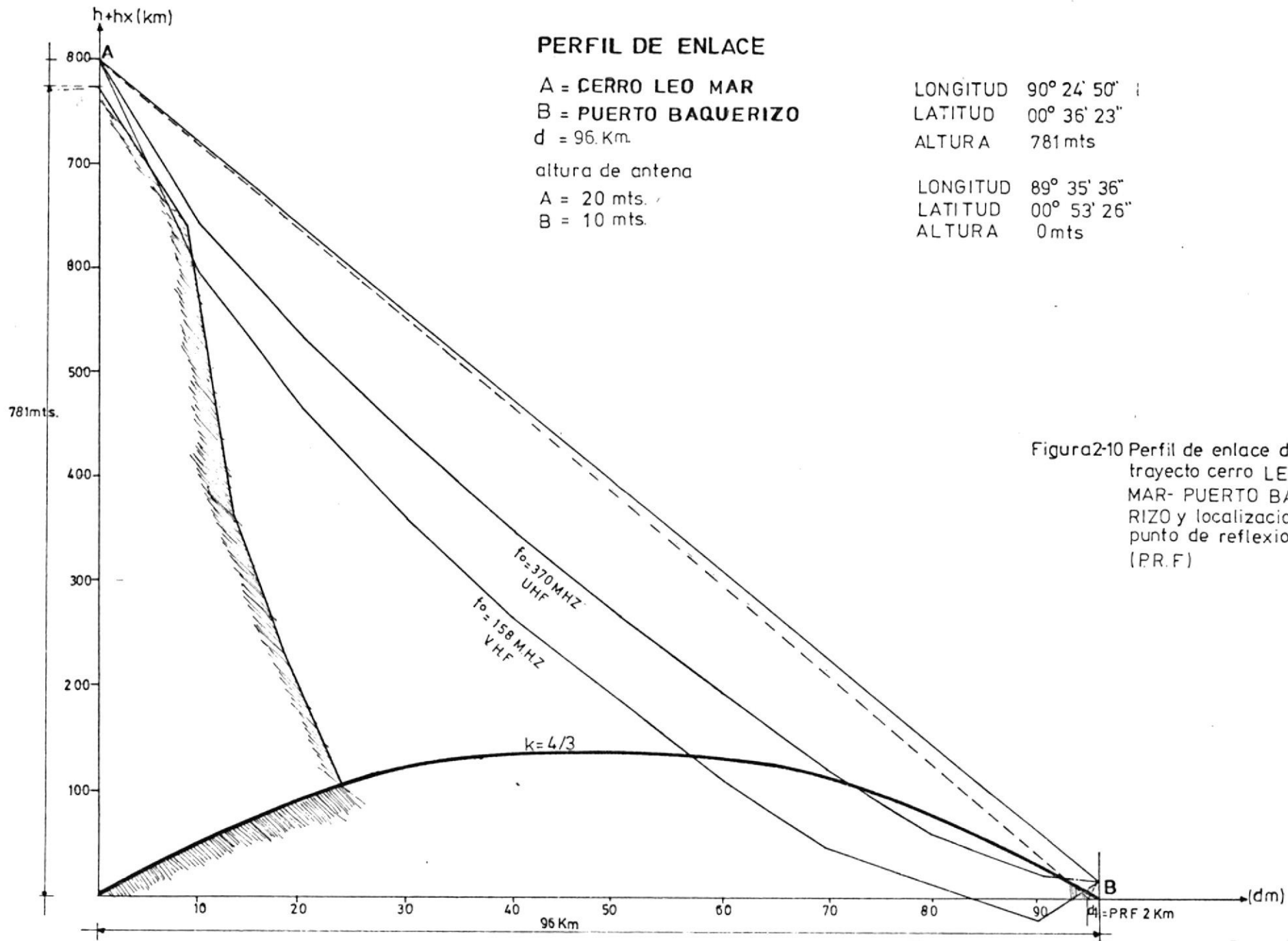
DISTANCIA D1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	HX (m)	ALTURA (m)	Hx+H (m)
0	92.50	0	781	781
8.50	84	42	600	642
13.50	79	62.73	300	362.73
18.50	74	80.53	150	230.53
23.75	68.75	96.04	0	96.04
92.50	0	0	0	0

Tabla 2.12, altura para los diferentes puntos - del trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Baquerizo.

- 3.- Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra:- Utilizando el mapa IMG, se procede a trazar el perfil de enlace. Las cotas y distancias se encuentran tabuladas en la tabla 2.13 y el perfil de enlace se indica en la figura 2.11.

Las alturas son las siguientes:

Estación	Altura
Cerro Leo Mar	781 (m)
Puerto Velasco Ibarra	30 (m)



DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	HX (m)	ALTURA (m) ,	Hx+H (m)
0	74.50	0	30	30
6	68.50	24.18	0	24.18
57.50	17	57.50	0	57.50
63.90	10.60	39.84	150	189.84
69.25	5.25	21.39	300	321.39
72.50	2	8.76	600	608.76
74.50	0	0	781	781

Tabla 2.13, Altura para los diferentes puntos-
del Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Velasco -
Ibarra.

- 4.- Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Villamil: -
Utilizando el mapa IMG se procede a trazar el
perfil de enlace. Las cotas y distancias se -
encuentran tabuladas en la tabla 2.14 y el per
fil de enlace se indica en la figura 2.12.

Las alturas de las estaciones son las siguien-
tes:

Estaciones	Alturas
Cerro Leo Mar	781 (m)
Puerto Villamil	40 (m)

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	HX (m)	ALTURA (m)	Hx+H (m)
0	78,60	0	40	40
10	68,60	40,35	0	190,35
20	50,60	68,95	0	68,90
60,50	18,10	64,41	0	64,41
65,50	13,10	50,47	150	200,47

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	HX (m)	ALTURA (m)	HX+H (m)
77.75	0.85	3.89	300	303.89
76	2.60	11.62	600	611.62
78.60	0	0	781	781

Tabla 2.14, Altura para los diferentes puntos del Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Villamil.

- 5.- Trayecto Cerro Leo Mar - Baltra: Utilizando - el mapa IMG se procede a trazar el perfil de enlace. Las cotas y distancias se encuentran tabuladas en la tabla 2.15 y el perfil de enlace se indica en la figura 2.13.

Las alturas de las estaciones son las siguientes:

Estación	Altura
Cerro Leo Mar	781 (m)
Baltra	50 (m)

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	HX (m)	ALTURA (m)	HX+H (m)
0	24.50	0	781	781
3.50	21	4.32	600	604,32
8	18.60	7.76	300	307,76
18.60	5.90	6.45	150	156.45
18.50	6	6.53	0	6.53
24.50	0	0	50	50

Tabla 2.15: Altura para los diferentes del Trayecto Cerro Leo Mar - Baltra.

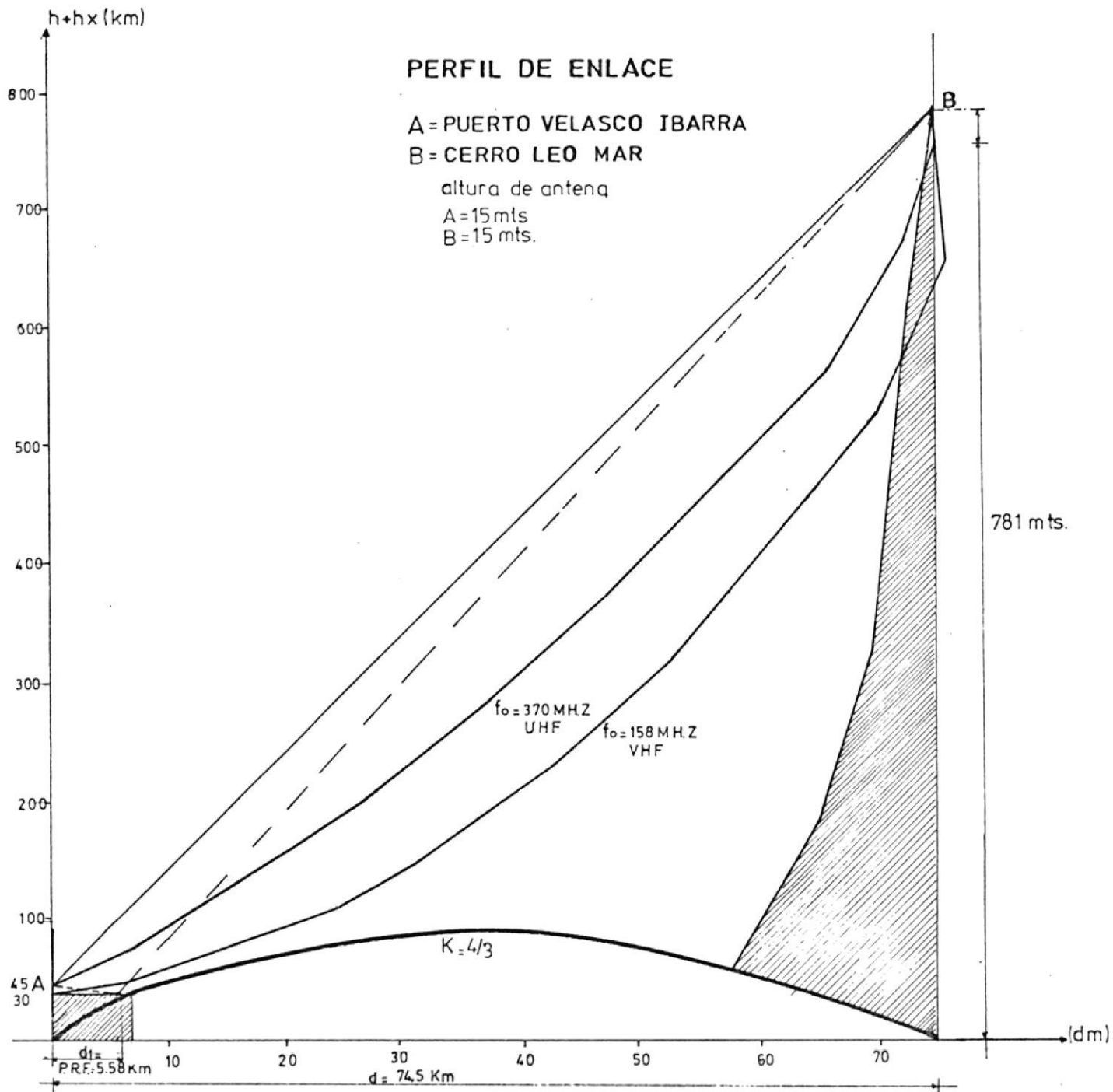
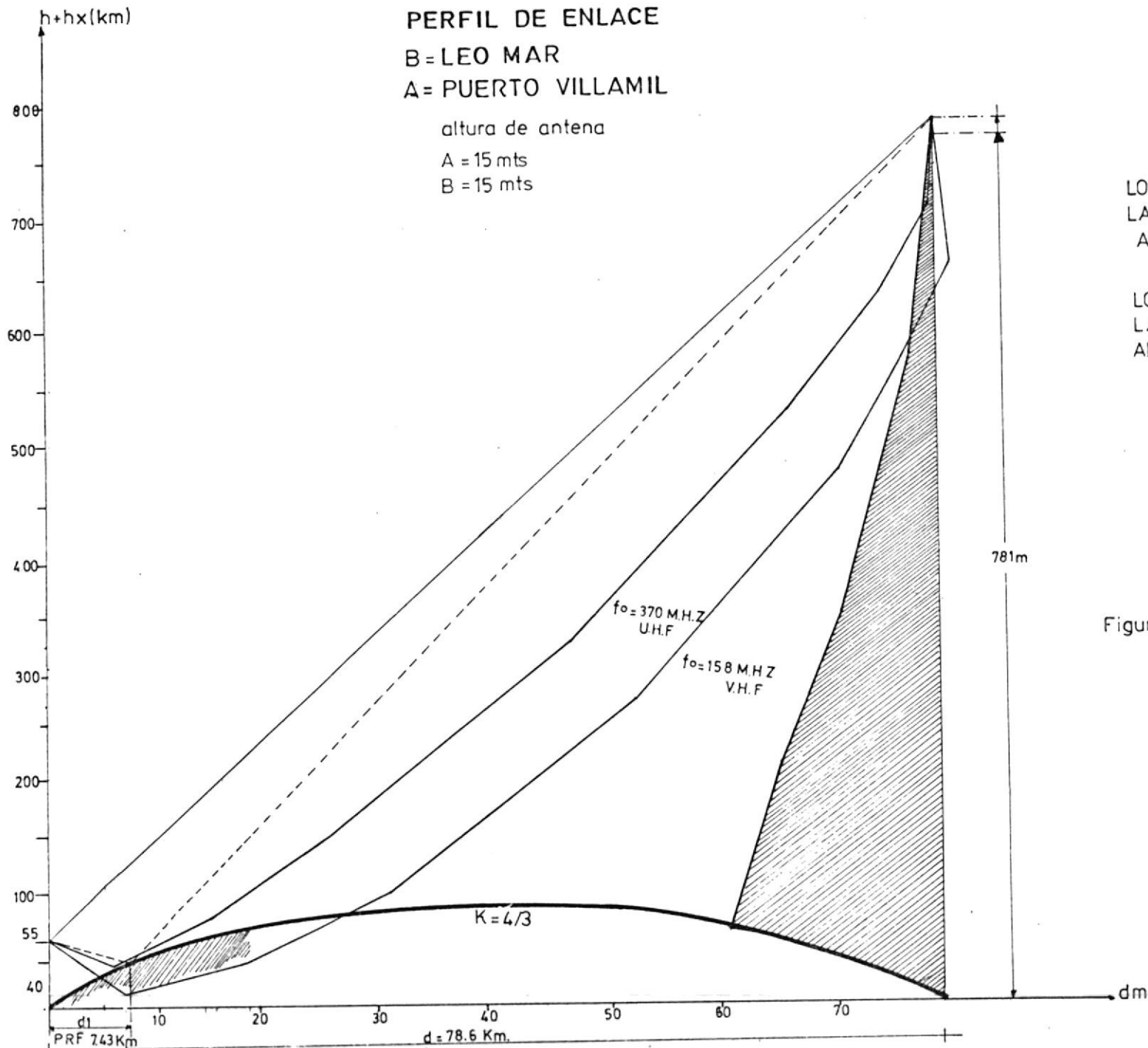


Figura 2-11 Perfil de enlace del trayecto CERRO LEO MAR- PUERTO VELASCO IBARRA y localización del punto de reflexión (PR.F)

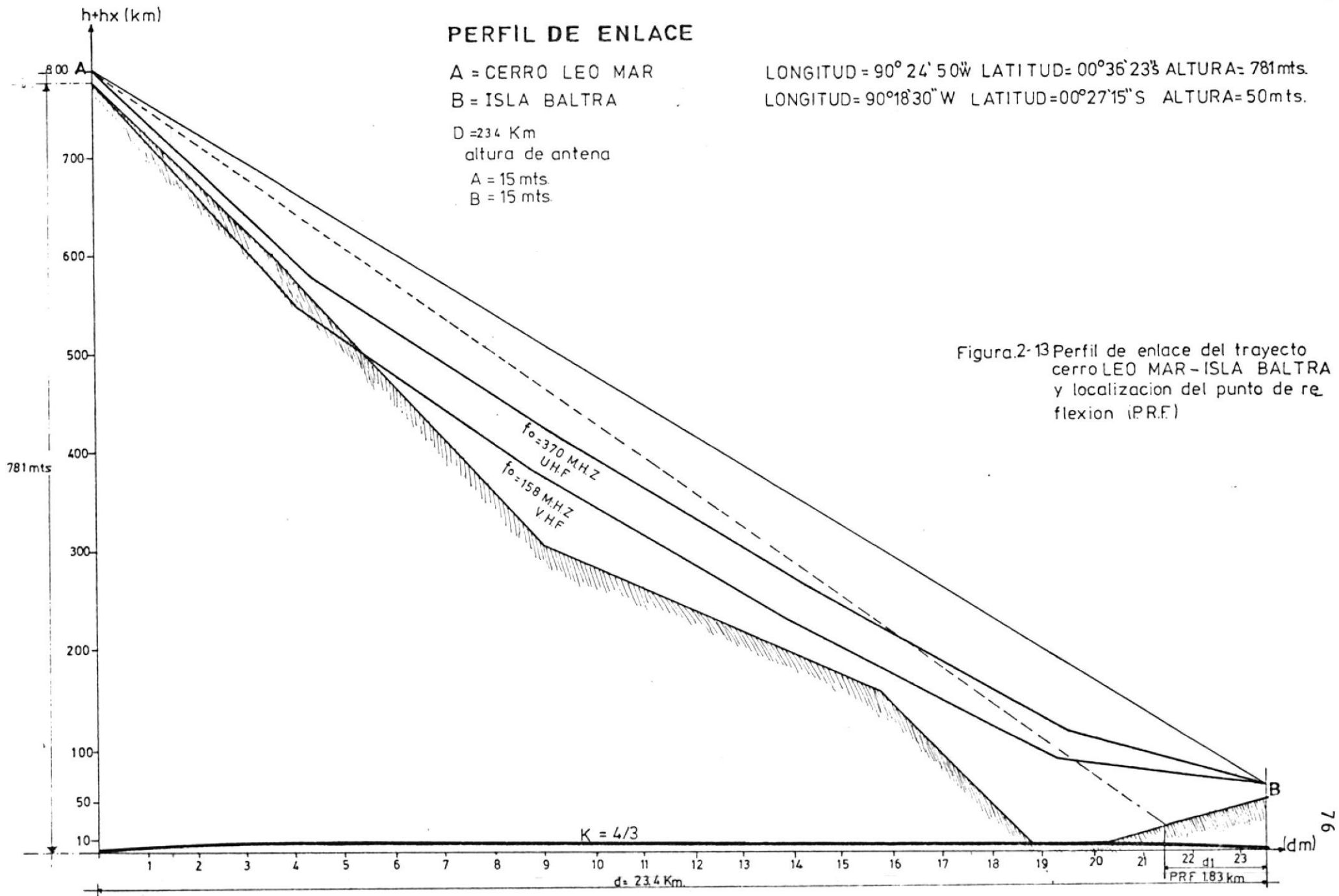




LONGITUD = $90^{\circ}24'50''$ W
 LATITUD = $0^{\circ}36'23''$ S
 ALTURA = 781 metros

LONGITUD = $91^{\circ}01'$ W
 LATITUD = $0^{\circ}56'5''$ S
 ALTURA = 40 metros

Figura 2-12 Perfil de enlace del trayecto cerro LEO MAR- PUERTO VILLAMIL y localización del punto de reflexión (P.R.F.)



2.3.5 Zona de Fresnel.- Generalidades y Cálculos

En los enlaces VHF y UHF, se debe cumplir que existe línea de vista y que el 60% de la primera zona de Fresnel esté libre de obstáculos.

Para el cálculo de la zona de Fresnel es necesario saber la frecuencia de transmisión. Las zonas de Fresnel son elipsoides de revolución, generados por la elipse alrededor de su eje mayor.

En el apéndice D se explica la formación de las zonas de Fresnel y también la obtención de la ecuación que permite obtener la primera zona de Fresnel.

La ecuación es:

$$b_x = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{DF}} \quad 2.8$$

Donde:

- b_x = radio de la primera zona de Fresnel en metros
- d_1 = distancia del trayecto a la altura de b_x
- d_2 = distancia total del trayecto menos la distancia d_1 ($d - d_1$) en Km.
- D = distancia total del tramo en Km.
- F = frecuencia en GHZ.

En la figura 2.14 se indica la forma de calcular la primera zona de Fresnel.

Utilizando la ecuación 2.8 se procede a calcular la primera zona de Fresnel para los diferentes trayectos de enlaces en las frecuencias VHF=158MHZ y UHF = 37 OMHZ.

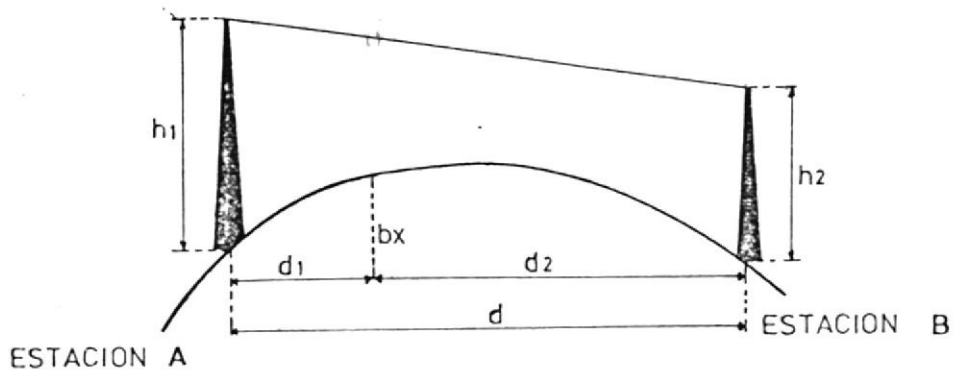


Figura. 2-14

CALCULO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL

 h_1 = altura de la antena de la estacion A h_2 = altura de la antena de la estacion B d_1 = distancia al punto bx desde A d_2 = distancia al punto bx desde B d = distancia total bx = radio de la primera zona de FRESNEL

- 1.- Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Ayora: El cálculo de la primera zona de Fresnel b_x se hará en las frecuencias F_o VHF = 1,58 GHZ y F_o UHF = 370 GHZ como se indica en la tabla 2.16.

En la figura 2.9 se indica la formación de la primera zona de Fresnel para este Trayecto.

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	bx (m)	
		FoVHF	FoUHF
0	16.20	0	0
0.12 (r.0)	15.19	42.40	27.70
4.05	12.15	75.85	49.57
8.10	8.10	87.59	53.60
12.15	4.05	75.85	49.57
16.20	0	0	0

Tabla 2.16: Cálculo de la primera zona de Fresnel para el trayecto Leo Mar - Puerto Ayora

- 2.- Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Baquerizo: El cálculo de la primera zona de Fresnel (b_x) se hará en las frecuencias F_o VHF = 0.158 GHZ y F_o UHF = 0.370 GHZ como se indica en la Tabla 2.17.

Distancia total del trayecto = 96 Km.

En la figura 2.10 se indica la formación de la primera zona de Fresnel para este trayecto.

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	bx (m)	
		FoVHF	FoUHF
0	96	0	0
6	90	103,22	67,45
24	72	184,65	150,92

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	bx (m)	
		FoVHF	FoUHF
48	48	213,22	139,33
72	24	184,65	50,92
96	0	0	0

Tabla 2.17, Cálculo de la primera zona de Fresnel para el trayecto Leo Mar - Puerto Baquerizo.

- 3.- Trayecto Cerro Leo Mar - Velasco Ibarra: El cálculo de la Primera zona de Fresnel (bx) se hará en las frecuencias $FoVHF=0.158$ GHz y $FoUHF=0.370$ GHz como se indica en la tabla 2.18. Distancia total del Trayecto = 74.7 Km.

En la figura 2.11 se indica la formación de la primera zona de Fresnel para éste trayecto.

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	bx (m)	
		FoVHF	FoUHF
0	74,50	0	0
4,66	69,84	90,97	59,44
18,63	55,87	88,42	37,76
37,25	37,25	187,83	50,34
55,87	18,63	88,42	37,76
74,50	0	0	0

Tabla 2,18, cálculo de la primera zona de Fresnel para el trayecto Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra.

- 4.- Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Villamil: El cálculo de la primera zona de Fresnel (bx) se hará en las frecuencias $FoVHF=0.158$ GHz y

FoUHF = 0.370 GHZ como se indica en la tabla - 2.19. Distancia total del trayecto 78.6 Km.

En la figura 2.12 se indica la formación de la primera zona de Fresnel para el trayecto.

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2 (Km)	bx (m)	
		FoVHF	FoUHF
0	78.60	0	0
4.91	73.69	96.44	61.02
19.65	58.95	167.08	109.18
39.30	39.30	192.93	126.07
58.95	19.65	167.08	109.18
78.60	0	0	0

Tabla 2.19, Cálculo de la primera zona de Fresnel para el Trayecto Leo Mar - Puerto Villamil

- 5.- Trayecto Cerro Leo Mar - Isla Baltra: El cálculo de la primera zona de Fresnel (bx) se hará en las frecuencias FoVHF = 0.158 GHZ y FoUHF = 0.370 Ghz como se indica en la tabla - 2.20.

En la figura 2.13 se indica la formación de la primera zona de Fresnel para el trayecto.

DISTANCIA d1 (Km)	DISTANCIA d2(Km)	bx (m)	
		FoVHF	FoUHF
0	25.40	0	0
1.46	21.94	50.92	33.28
5.58	17.55	91.16	59.57
11.70	11.70	105.27	68.79
17.55	5.85	91.16	59.57

DISTANCIA	DISTANCIA	bx	(m)
d1 (Km)	d2 (Km)	FoVHF	FoUHF
25.24	0	0	0

Tabla 2.20, Cálculo de la primera zona de Fresnel, para el trayecto Leo Mar - Isla Baltra.

2.3.6 Altura de antenas y punto de reflexión.- Generalidades y cálculos.

Del estudio de propagación hecho para los cinco trayectos de enlaces se observa que para cada uno existe perfecta línea de vista y la señal en todo su recorrido se encuentra libre de obstáculos, además las antenas se elevan a cierta altura del nivel del suelo (ver table 2.21) para asegurar que la señal no quede obstruida, en consecuencia no es necesario calcular la altura a que deben ir las antenas.

Punto de reflexión (PRF): Conocidas las alturas de las antenas se puede determinar la ubicación del punto de reflexión (PRF) en los diagramas de perfil de enlace,

Para evitar desvanecimientos o distorsiones de la señal RF de ingreso al receptor, la onda reflejada debe ser debilitada tanto como sea posible.

Si el punto PRF cae sobre el mar o río se lo debe desplazar a tierra, para atenuar la onda reflejada

Uno de los métodos que se usan en el cálculo del punto de reflexión es el siguiente. El PRF se cal

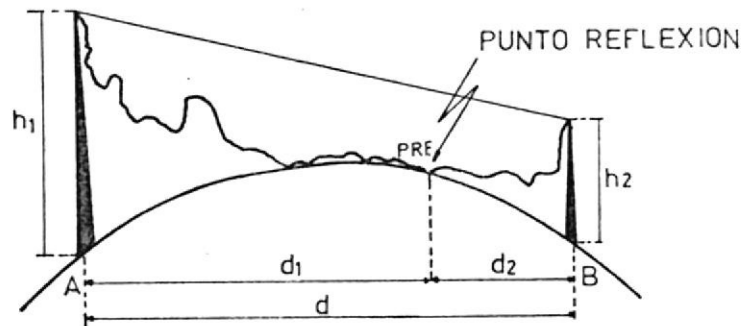
cula por el desarrollo de una ecuación cúbica, válida para cualquier valor de K. Se evalúan los parámetros r, t y ψ por medio de las siguientes ecuaciones:

$$r = 6.37 \left(\frac{K}{4} \right) \times d (h_2 - h_1) \quad 2.9$$

$$t = \frac{d^2}{12} + 8.5 \frac{K}{4} (h_1 + h_2) \quad 2.10$$

$$\psi = \cos^{-1} \left(\frac{r}{t + \sqrt{t}} \right) \quad 2.11$$

En la figura 2.15 se indica la ubicación del punto de reflexión en un trayecto.



H_1 = altura de la antena transmisora
 H_2 = altura de la antena receptora
 d_1 = distancia al punto de reflexión desde A
 d_2 = distancia al punto de reflexión desde B
 d = distancia

Figura 2.15, ubicación del punto de reflexión

NUMERAL	ENLACE	ALTURA DE ANTENA (mts)	LONGITUD DE ALIMENTADORES (2) (L) mts.	TIPO O DIAMETRO DE ANTENA	GANANCIA DE ANTENA (dB)
1	Puerto Ayora	15	25	YAGUI	14
	Leo Mar	15	30		14
2	Leo Mar	20	30	3 mts. (Gritt)	19.6
	Pto. Baquerizo	10	20	3 mts.	19.6
3	Leo Mar	15	30	YAGUI	14
	Pto. Velasco Ibarra	15	20		14
4	Leo Mar	15	30	YAGUI	14
	Pto. Villamil	15	25		14
5	Leo Mar	15	30	YAGUI	14
	Baltra	15	30		14

TABLA 2.21: ALTURA DE ANTENAS

Cálculos:

Utilizando las ecuaciones 2.9, 2.10 y 2.11 se procede a calcular el punto de reflexión para los cinco trayectos de enlace.

La ubicación del punto de reflexión se indica en cada perfil de enlace (ver figura 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13).

1.- Enlace de Leo Mar- Puerto Ayora

$$h_1 = 95 \text{ mts.}$$

$$h_2 = 796 \text{ mts.}$$

$$d = 16.2 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

$$r_0 = 6.37 \times 10^6 \text{ mts.}$$

$$r = 6.37 \frac{4}{3} \times 16.2 (796 - 95) = 24113$$

$$t = \frac{(16.2)^2}{12} + 8.5 \times \frac{4}{3} (796 + 95) = 2546.37$$

$$\varphi = \cos^{-1} \left(\frac{24113}{2546.37 \sqrt{2546.37}} \right) = 79.184$$

$$d_3 = 2 \left(\sqrt{2546.37} \right) \left(\cos \left(\frac{79.184}{3} + 240 \right) \right) = -6.36$$

$$d_1 = \frac{16.2}{2} + (-6.36) = 1.74 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 16.2 - 1.74 = 14.46 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión PRF, está ubicado a 14.46 Km del Cerro Leo Mar y a 1.74 Km. de Puerto Ayora, con lo que la onda reflejada queda bloqueada y no hay posibilidad de reflexión (ver figura 2.9).

2.- Enlace Leo Mar - Puerto Baquerizo: Con los siguientes datos:

$$h_1 = 10 \text{ mts.}$$

$$h_2 = 80 \text{ mts.}$$

$$d = 96 \text{ Km.}$$

Aplicando las ecuaciones 2.9, 2.10, 2.11 se obtiene:

$$r = 161237,44$$

$$t = 3065,83$$

$$Q = 17^\circ$$

$$d_3 = -46 \text{ Km.}$$

$$d_1 = 94 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 2 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión está ubicado a 94 Km. del cerro Leo Mar y a 2 Km. de Puerto Baquerizo con lo que la onda reflejada queda bloqueada y no hay posibilidad de reflexión (ver figura 2.10).

3.- Enlace Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra:

$$h_1 = 45 \text{ mts.}$$

$$h_2 = 796 \text{ mts.}$$

$$d = 74.5 \text{ Km.}$$

Aplicando las ecuaciones 2.9, 2.10, 2.11, se obtiene:

$$r = 118793,44$$

$$t = 2845,35$$

$$Q = 38.2^\circ$$

$$d_1 = 5.58 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 68.92 \text{ Km.}$$

$$d_3 = -31.66$$

El punto de reflexión está ubicado a 5.58 Kms. - de Puerto Velasco Ibarra y a 68.92 Km. del cerro Leo Mar, con lo que la onda reflejada queda blo-

queada y no hay posibilidad de reflexión (ver-
figura 2.11).

4.- Enlace Leo Mar - Puerto Villamil

$$h_1 = 55 \text{ mts.}$$

$$h_2 = 796 \text{ mts.}$$

$$d = 78.6 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

Con los datos mencionados y aplicando las ecua-
ciones 2.9, 2.10 se obtiene:

$$r = 2926$$

$$Q = 38.61^{\circ}$$

$$d_3 = -31.87$$

$$d_2 = 71.17 \text{ Km.}$$

$$d_1 = 7.43 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión está ubicado a 7.43 Km.-
de Puerto Villamil y a 71.17 Km. del Cerro Leo
Mar, con lo que la onda reflejada queda blo-
queada y no hay posibilidad de reflexión (ver-
figura 2.13).

5.- Enlace Leo Mar - Baltra

$$h_1 = 65 \text{ mts.}$$

$$h_2 = 796 \text{ mts.}$$

$$d = 23.4 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

Con las ecuaciones 2.9, 2.10, 2.11 se obtiene:

$$r = 36320.466$$

$$t = 295.13$$

$$Q = 72.95^\circ$$

$$d_1 = 1.83 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 21.57 \text{ Km.}$$

$$d_3 = -9.87 \text{ Km.}$$

El punto de reflexión está ubicado a 1.83 Km.- de Baltra y a 21.57 Km. del Cerro Leo Mar; con lo que la onda reflejada queda bloqueada y no hay posibilidad de reflexión (ver figura 2.13)

2.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES LOCALES

De acuerdo a la Demanda calculada, las poblaciones que justifican instalar centrales locales son Puerto Baquerizo (San Cristóbal) y Puerto Ayora (Santa Cruz), en las demás poblaciones se deben colocar teléfonos remotos de Puerto Baquerizo o Puerto Ayora según sea el caso, por razones mencionadas en 2.1.

Existen dos tipos de Conmutación: Analógica y Digital.

2.4.1 Centrales locales Electrónicas (SPC)

Las Centrales Electrónicas son de Conmutación Digital, se basan en el Sistema SPC (Central de Programa Almacenado), por lo que se las llaman Centrales SPC.

En una Central SPC, gran parte de las funciones están realizadas por programas debido a la flexibilidad del sistema.

Programas y datos son fáciles de cambiar, económicos de producir en masa en comparación con las funciones correspondientes realizadas en Hardwares.

Estas Centrales son de tipo modular, lo cuál permite cambiar los módulos defectuosos sin que los demás sean afectados.

El Sistema SPC permite una operación y mantenimiento centralizado.

En el proceso de digitalización se introduce también una red de canales de señalización común CCS- (Señalización por canal común es decir se emplea un canal de enlace para todos los enlaces dentro de la misma ruta).

Las actividades de operación, tales como observación de calidad de servicio, modificación de parámetros del sistema, etc., en el sistema SPC corresponden principalmente al software; tales actividades pueden controlarse a distancia desde un centro de operación y mantenimiento iría un enlace de datos. Esto significa que la Central sólo necesita ser atendida cuando sea necesario intervenir en el hardware por ejemplo cambiar placas de circuitos impresos. Este control centralizado permite reunir información sobre el comportamiento de la Central y la red.

La Central puede suministrar datos de la línea conectados, datos de dirección de tráfico, condición de reserva disponible, etc.

Los problemas para las Centrales SPC, se suceden en el software en aplicaciones telefónicas donde hay grandes volúmenes de programas de datos. La manejabilidad se simplifica si dichos volúmenes pueden dividirse en unidades menores.

La Conmutación Digital está basada en el principio de modulación por impulso codificado PCM.

La modulación PCM es un método que convierte la - información analógica en digital.

La señalización entre Centrales es MFC (código de multiple - frecuencia).

Características de Conmutación Digital:

Alta Velocidad de interconexión

Elevada capacidad de tráfico

Espacio mínimo requerido

Congestión interna muy baja

Sistema de construcción modular, mínima inversiones

Montaje rápido

Ampliación de servicio

Bajo consumo de energía

Redes digitales de menos costo.

Principios Generales del Sistema SPC:

Un Sistem SPC se divide en tres partes (ver figura-2.16). En la parte superior está lo relacionado a Conmutación a la que están conectados los abonados, aquí hay pasos de selector, generadores de tonos, - circuitos para la recepción de señales telefónicas, etc. Es donde se produce la conexión física de la conversación.

La parte de Control es la encargada de dirigir las- actividades relacionadas con la conmutación. La inteligencia del sistema está en la parte de con - trol.

Normalmente no se puede interconectar la parte de control con la de conmutación, debido a que traba - ja con diferentes tensiones. Los computadores en la parte de control emplean tenciones inferiores a 48 V que se alimentan hacia los abonados, y también debi- do a la diferente velocidad de trabajo.

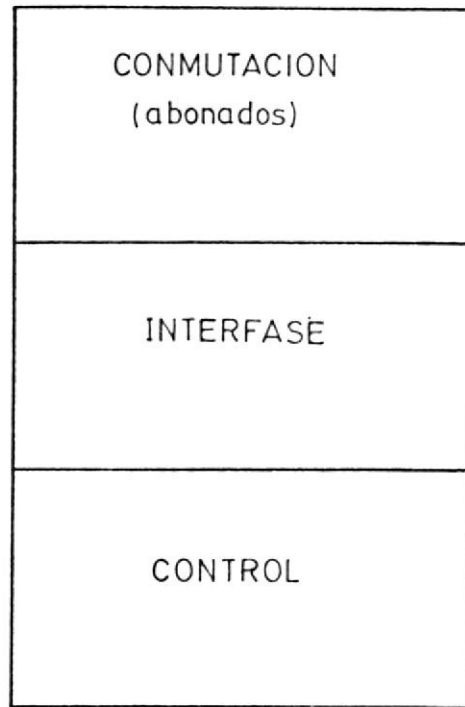


Figura 2.16 característica del SPC

Los computadores trabajan a nivel de microsegundos mientras que los componentes electromecánicos como redes (en selectores) trabajan en milisegundos, - debido a esta diferencia es necesario introducir - una interfase que es el bloque intermedio (figura- 2.16).

2.4.2 Centrales Analógicas

Las Centrales analógicas para áreas rurales son de moderna tecnología, automática y Discado Directo, - de pequeño tamaño y modulares, que ofrecen al usua

rio facilidades similares al de un abonado urbano-
con señalización MFC y de media capacidad.

Estas Centrales analógicas son electromecánicas, -
poseen mando propio, y señalización de nivel supe-
rior y pueden introducirse en cualquier nivel je-
rarquico de redes de cualquier técnica.

Las comunicaciones son interconectadas a dos hi-
los a través del cuál influye el tráfico origina-
do y terminado.

Características de las Centrales Electromecánicas
Terminales para seleccionar por Disco, hasta cuatro
categorías. Adicionales para teléfonos públicos.

Categoría en la tarificación
Flexibilidad en la tarificación,
Liberación de equipos en las operaciones inútiles
por temporización,
Gastos mínimos de mantenimiento.
Bajo costo de operación
Mando propio, funcionamiento independiente de una
Central de nivel superior
Señalización normalizada (MFC)
Componentes confiables y de larga vida útil
Buena calidad de transmisión
Montaje compacto, no necesita de recinto especial
Funcionamiento como Central desatendido (7 tipos-
de alarmas)
Tasación simple para las llamadas locales.

Semejanza entre Centrales analógicas y Digitales.
Los dos tipos de Centrales brindan iguales facili-
dades a los abonados como Ejemplo: son de discado
directo, poseen mando propio, son tipo modular fa

ilidad en la ampliación de su capacidad, etc.

Diferencias:

Electrónicas(SPC)	Analógicas
Telefónicos de Teclado	Telefónico de discado - dactilar.
Señalización entrante: las cifras se emiten - en forma de frecuencia	Señalización entrante : emite cada cifra en for- ma de tren de pulsos.
Sistema de Conmutación SPC	Sistema de Conmutación - Analógico
Velocidad de interco - nexión alta	Velocidad de interco - nexión baja.
Congestión interna ba- ja	Mayo \checkmark congestión interna
Requiere de personal - altamente calificado	No requiere de personal- altamente calificado
Son más caros	Son más económicos
El tiempo de conexión- de una llamada en un- microsegundo	El tiempo de conexión de una llamada en milesegun dos
Son digitales	Son electromecánicos

Tomando en cuenta la semejanza y diferencia de Cen-
trales analógicas y digitales y de acuerdo a la de-
manda, tráfico que presenta las poblaciones de San

ta Cruz y San Cristóbal. Se deduce que el tipo de Central que se usaría es el tipo analógico, ya que el tipo digital no se justifica por su costo y brinda las mismas facilidades al abonado, que las Centrales electromecánicas.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA RED TELEFONICA INTEGRAL DE GALAPAGOS

3.1 DISEÑO DE LA PLANTA EXTERNA

A continuación, se hará el planeamiento de la planta externa que comprende la red de Conmutación y la red primaria, para las localidades de Puerto Baquerizo, Puerto Ayora.

A los pobladores de las Islas Baltra, Isabela y Santa María se los considerarán como abonados remotos de Puerto Ayora.

3.1.1 Diseño de la Red de Conmutación

Del estudio hecho en el Capitulo II se deduce que Puerto Ayora y Puerto Baquerizo tienen mayor número de habitantes, y su demanda es mayor, por lo cual se instalará Centrales Telefónicas Electromecánicas de Discado Directo en dichas poblaciones.- En cambio las poblaciones rurales típicas, recintos, caserios, indicados ya, llevarán cabinas telefónicas como abonados remotos de la respectiva Central local.

Las Centrales locales serán de 300 líneas cada una.

El diseño de la red de Conmutación se indica en la figura 3.1.

En el caso de Puerto Villamil, Puerto Velasco Ibarra y Baltra la demanda Telefónica es relativamen-

te baja, y no se justifica la instalación de Centrales locales, más bien cabinas telefónicas como abonados remotos de Puerto Ayora.

Los teléfonos remotos estarán unidos a la red de Conmutación mediante líneas físicas en algunos casos y por líneas y radio en otros casos como se indica en la figura 3.2.

3.1.2 Planta Externa

En Puerto Ayora y en Puerto Baquerizo se instalarán Centrales locales, cuyas redes externas serán de tipo aéreo dadas las condiciones rocosas del terreno, reducida demanda telefónica y el tendido cable para los circuitos locales es más rentable que una red subterránea.

Las redes de abonados para las dos Centrales se diseñarán para un período de 15 años, considerando la capacidad que tendrán las centrales, demanda de abonados, ubicación de los usuarios.

Se ha considerado el sistema de Red rígida, teniendo en cuenta que la extensión geográfica de las poblaciones necesitan de un buen sistema de operación y mantenimiento, como también permita una futura ampliación.

3.1.3 Canalización Telefónica

Para evitar las instalaciones antiestéticas se ha previsto la instalación de canalizaciones que facilitarán el tendido de cables desde el repartidor hasta el inicio de la postería.

DISEÑO DE LA RED DE CONMUTACION

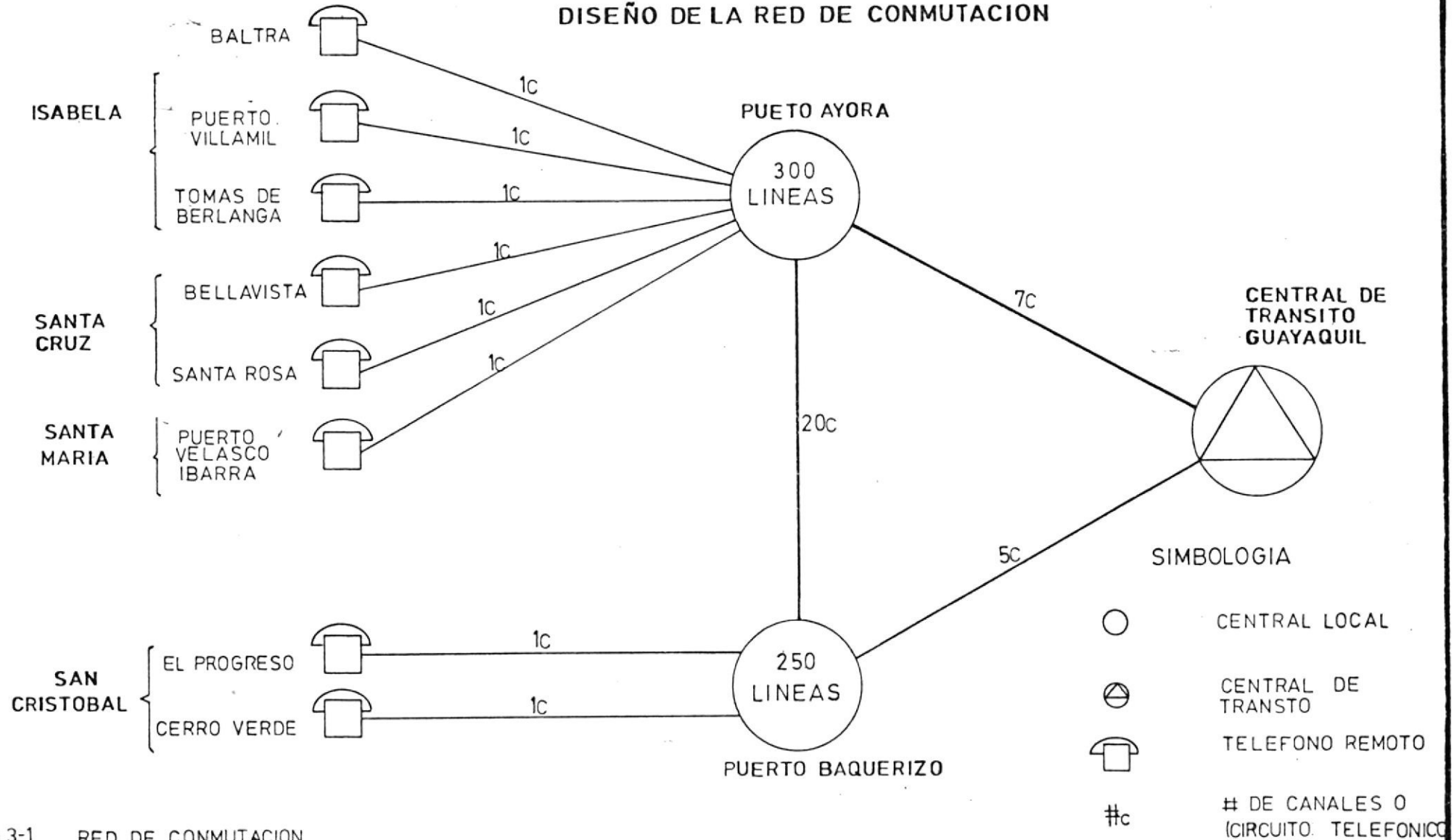


Figura.3-1 RED DE CONMUTACION



Figura.3-2 RED FISICA: enlace de los telefonos remotos a la red de conmutacion

El esquema de canalización de Puerto Baquerizo y - Puerto Ayora se desarrolla en la figura 3.3 y 3.4, en el que se indica el número de ductos y cámara a construirse.

La canalización telefónica a construirse es la si guiente:

En Puerto Baquerizo:

Canalización de dos Vías.
Cámara de revisión tipo 2 Vías.

En Puerto Ayora:

Canalización de 2 Vías.
Cámara de revisión tipo 2 Vías.

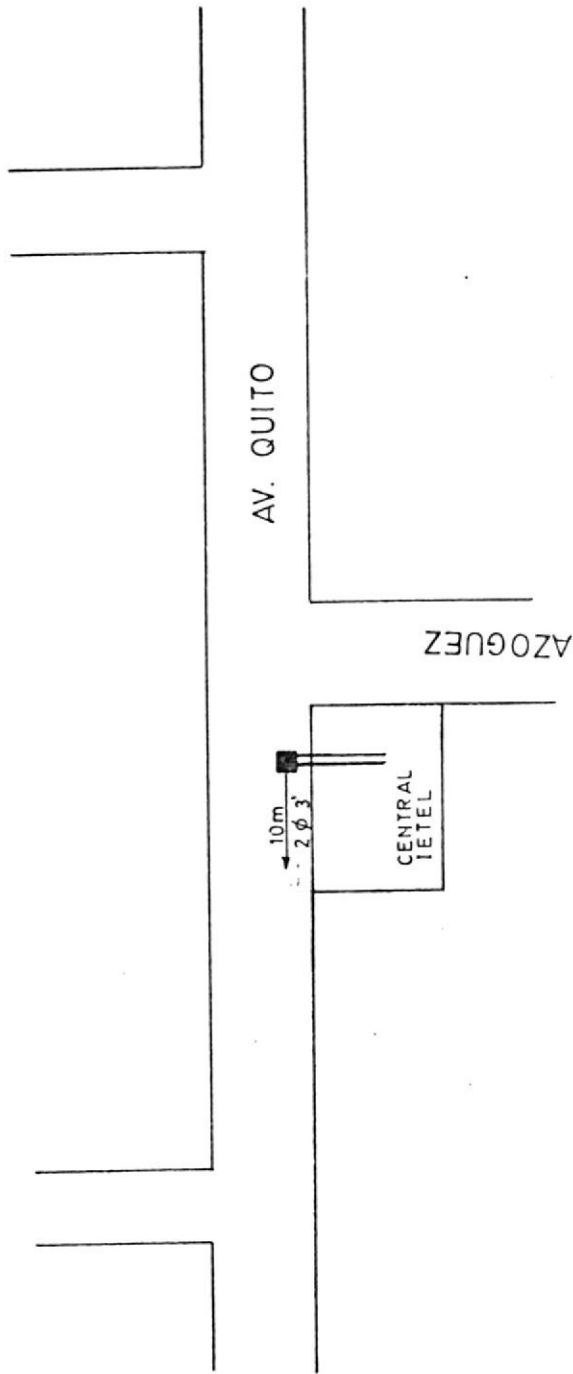
En la figura 3.5, se detallan los accesorios para la canalización de dos Vías.

3.1.4 Diseño de la Red Externa de Puerto Baquerizo

En el plano 3.1, se indica el diseño de la red ex terna para la atención de los abonados de Puerto - Baquerizo. También se indica la distribución de - los cables con sus respectivas capacidades y el lu gar de instalación, debiendo ser los cables coloca dos en postería de la Empresa Eléctrica.

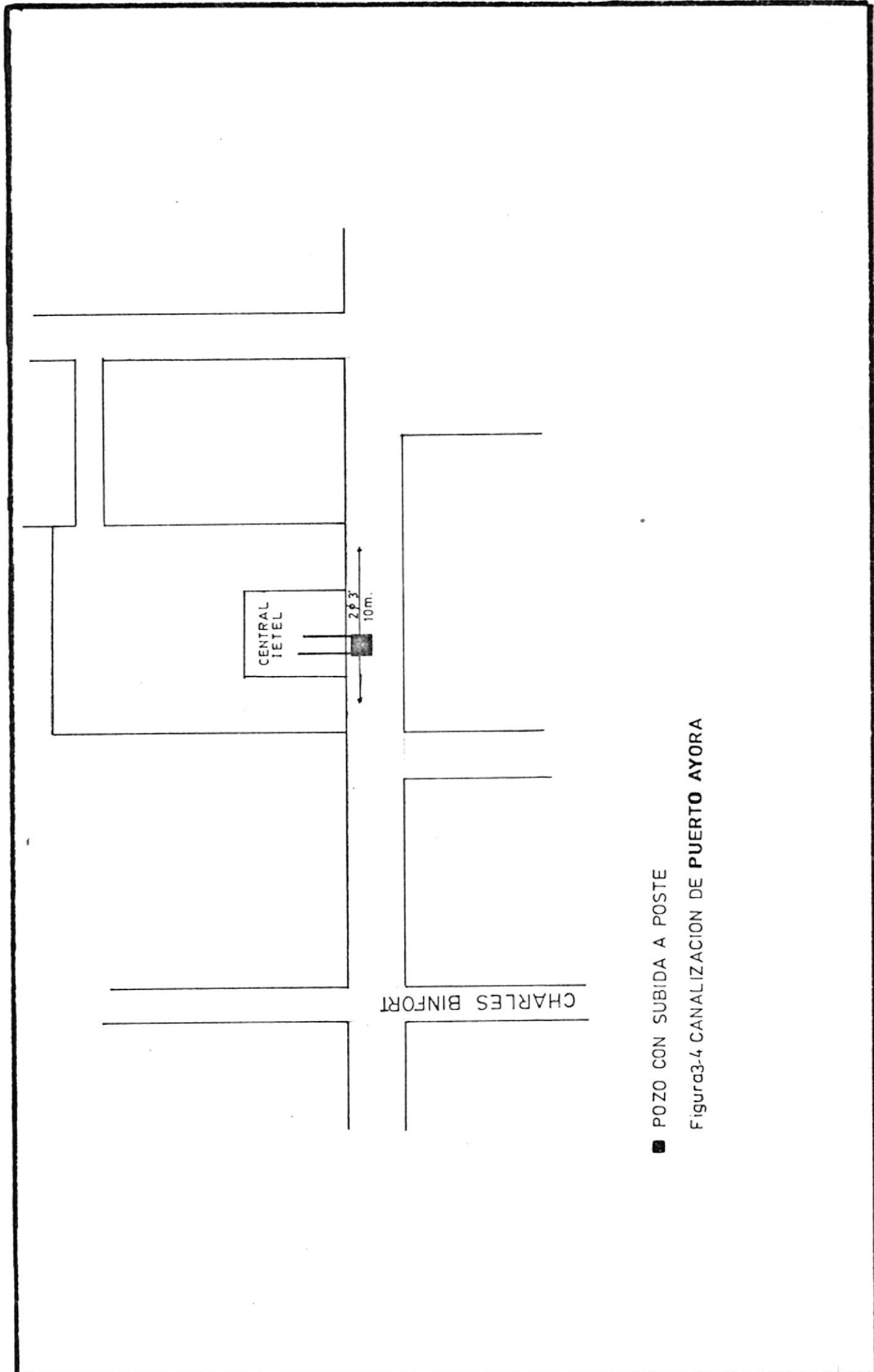
La red será construida con cables autosoportables, cuyos conductores tendrán un diámetro de 0.4 mm.

Además se indica la ubicación de las cajas de distribución y el tipo a utilizar, como también se se ñala la zona básica (200 mts. del perímetro poblacional), numeración de las regletas.



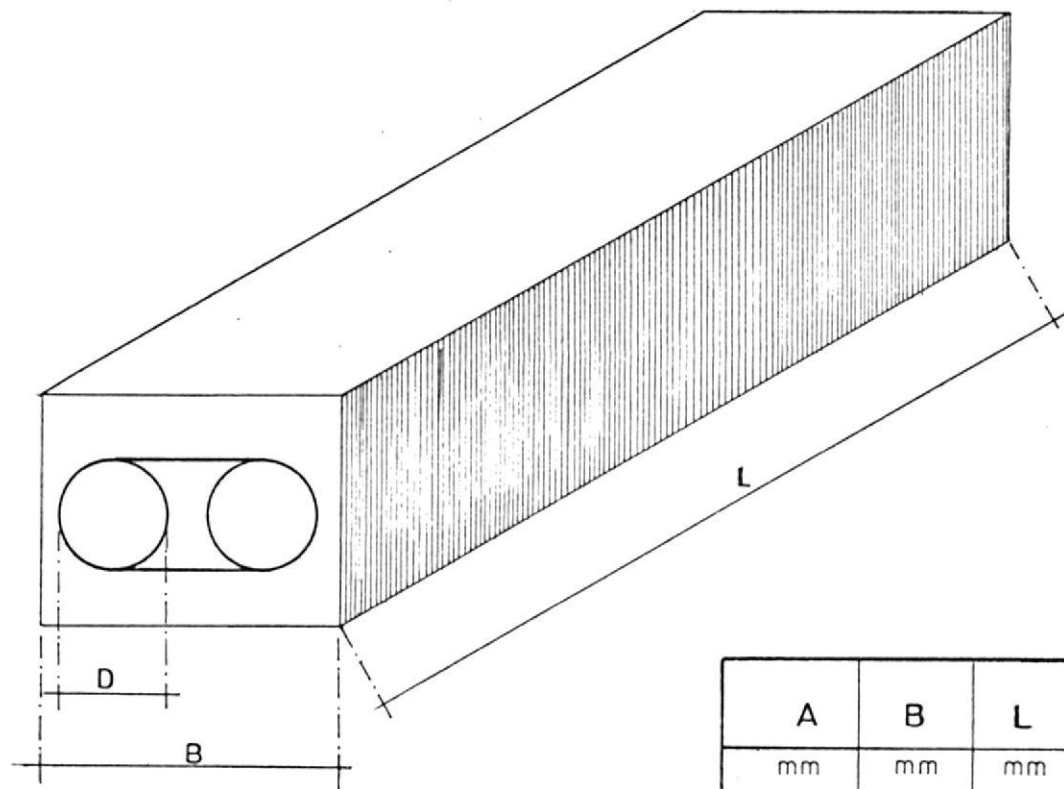
■ POZO CON SUBIDA A POSTE

Figura33 CANALIZACION DE PUERTO BAQUERIZO



■ POZO CON SUBIDA A POSTE

Figura3-4 CANALIZACION DE PUERTO AYORA



A	B	L	NUMERO DE CONDUCTORES Y DIAMETRO DE CODUCTORES
mm	mm	mm	D mm
145	240	1010	2 x 90

Figura 3-5 ACCESORIO PARA CANALIZACION

La red es de 300 pares con 10 pares de reserva y -
posee dos cables con las regeltas 01-02-03 para el
cable # 1 y las regletas 04-05-06 para el cable #
2.

3.1.5 Diseño de la Red Externa de Puerto Ayora

En el plano 3.2, se indica el diseño de la red ex-
terna para la atención de los abonados de Puerto -
Ayora.

Se indica la distribución de los cables con sus -
respectivas capacidades y el lugar de su instala-
ción, debiendo ser colocados los cables en poste -
ría de la Empresa Eléctrica.

La red será construida con cable autoportable, -
cuyos conductores tendrán un diámetro de 0.4 m.

Además se indica la ubicación de las cajas de dis-
tribución y el tipo a utilizar, como también se se-
ñala la zona básica, numeración de las regletas.

La red es de 300 pares, con 10 pares de reserva.

Hay dos cables :

Cable #1 con las regletas 01-02-03

Cable # 2 con las regletas 04-05-06

3.1.6 Especificaciones Técnicas para la construcción de la Línea Aérea.

Postería

Cables Telefónicos Aéreos

Dispositivos de Distribución

Protección Eléctrica de la Red.

Empalme.

Las especificaciones antes mencionadas han sido tomadas del documento "Especificaciones Técnicas - Agosto/22/80" del IETEL, se usarán en el diseño de las dos redes de Puerto Baquerizo y Puerto Ayora.

- Postería

La elección del poste depende de la fuerza que va a soportar, de la naturaleza de sus accesos y de su implantación sobre la tierra.

En el diseño se considerará la utilización de postes de la Empresa de Energía Eléctrica.

- Cables Telefónicos Aéreos

Existe una gama de cables multipares autosoportados (cable de plástico con un cable de acero para poder sujetarlos a los herrajes).

En el diseño se usa cable autosoportables de 10 a 150 pares calibre 0.4 m.

Los cables autosoportados o auto-suspendidos deben ir por debajo del cable de Energía Eléctrica en poste común y la distancia entre el cable debe ser de 1 m.

- Dispositivos de Distribución

La caja de distribución para la conexión de los abonados se hacen en cajas terminales de 10 pares.

La elección de las cajas depende de los abonados

a ser atendidos con o sin protección.

Así mismo la numeración de las cajas depende de la distancia de los abonados. Los que están más lejos ocupan los primeros números asignados y los que están más cerca de la Central ocupan el resto de los números asignados (ver plano 3.1 y 3.2).

- Protección Eléctrica de la Red.

La protección eléctrica de la red es contra sobre tensión en la red aérea.

Para la protección en cada una de la red se prevee la instalación de sitios lejanos de la Central con cajas de distribución construidas con sistemas de protección (fusible térmico) y la colocación de tierra de 20 ohmios).

Los abonados que se hallaren fuera de la zona básica, tendrán un dispositivo con protección y una tierra de 50 ohmios.

- Empalme

En las figuras 3.6 y 3.7 se indica los empalmes de las redes aéreas de Puerto Bauquerizo y Puerto Ayora respectivamente, distribución de cables, numeración de los cables, ubicación de los empalmes, capacidad de cables, pares de reserva, su ubicación, tomas de tierra.

3.1.7 Herraje

El herraje a utilizar en el tendido del cable auto soportado es el siguiente: (ver figura 3.8):

Soporte

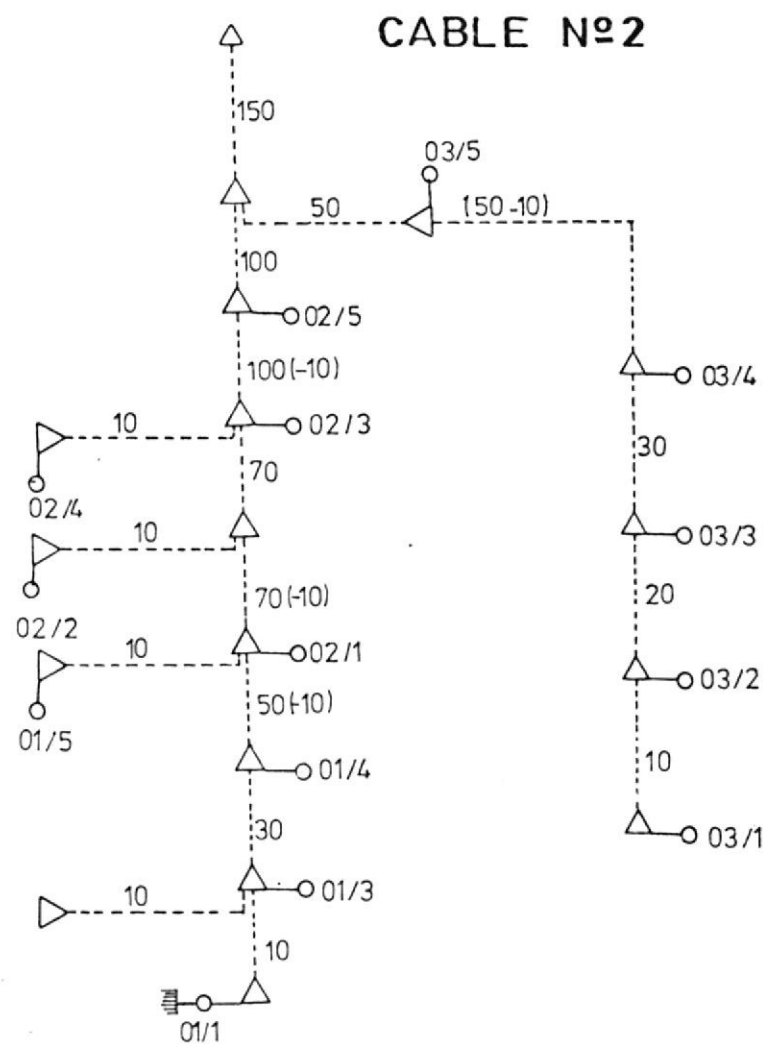
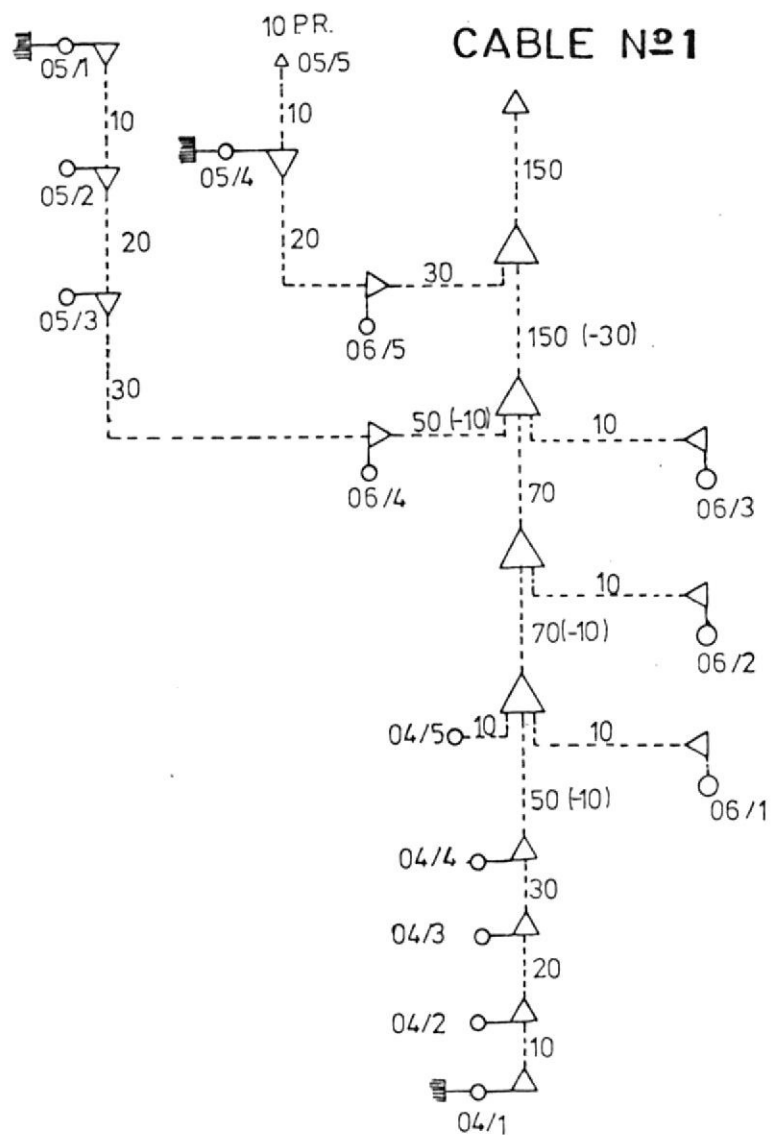
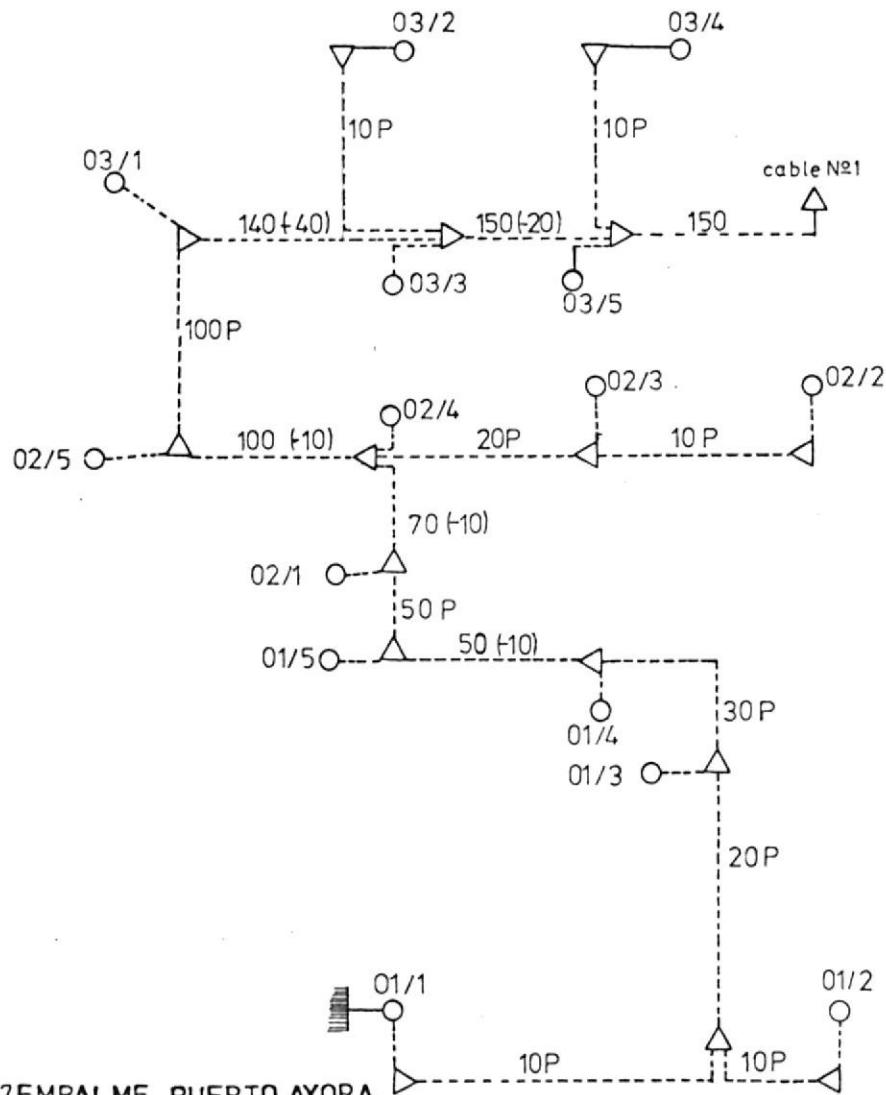


Figura3-6 Empalme de la red externa de **PUERTO BAQUERIZO**

CABLE Nº 1



CABLE Nº 2

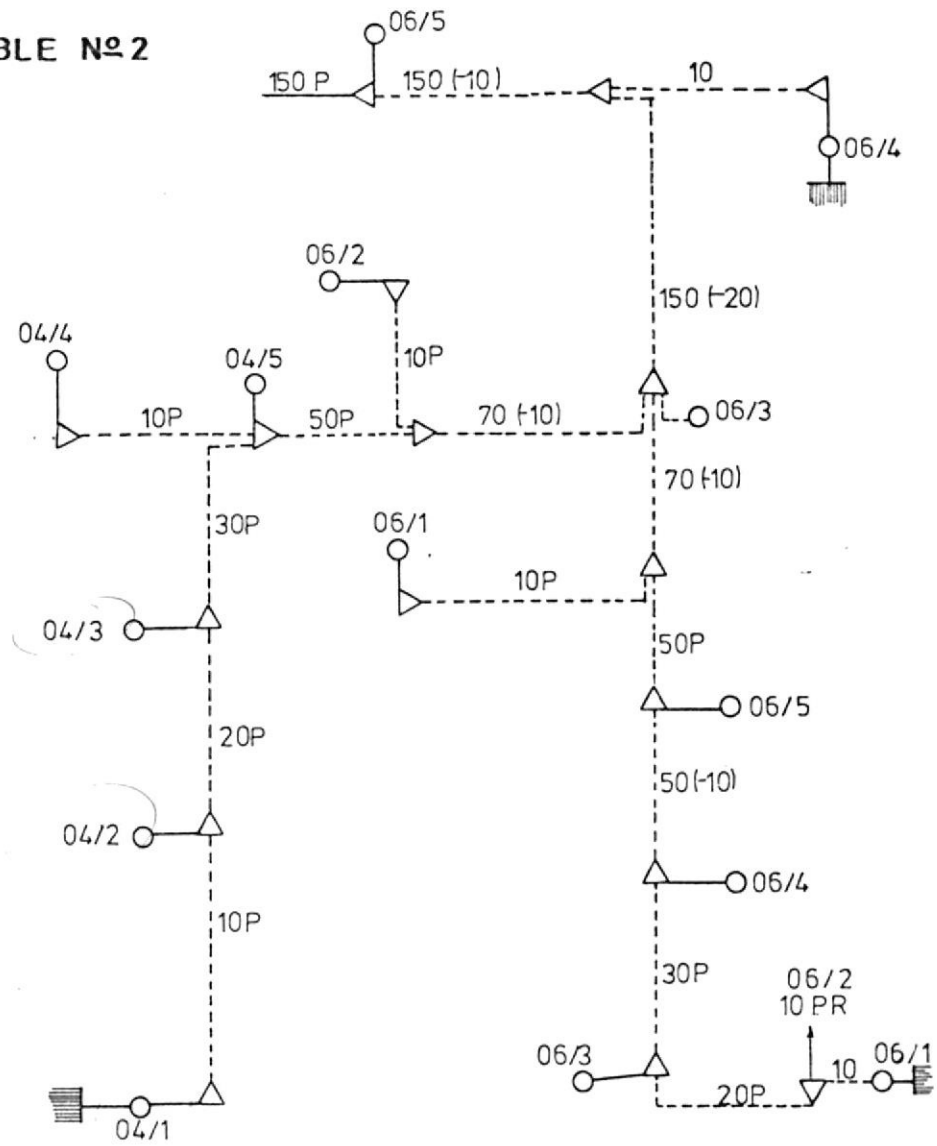


Figura3-7EMPALME PUERTO AYORA

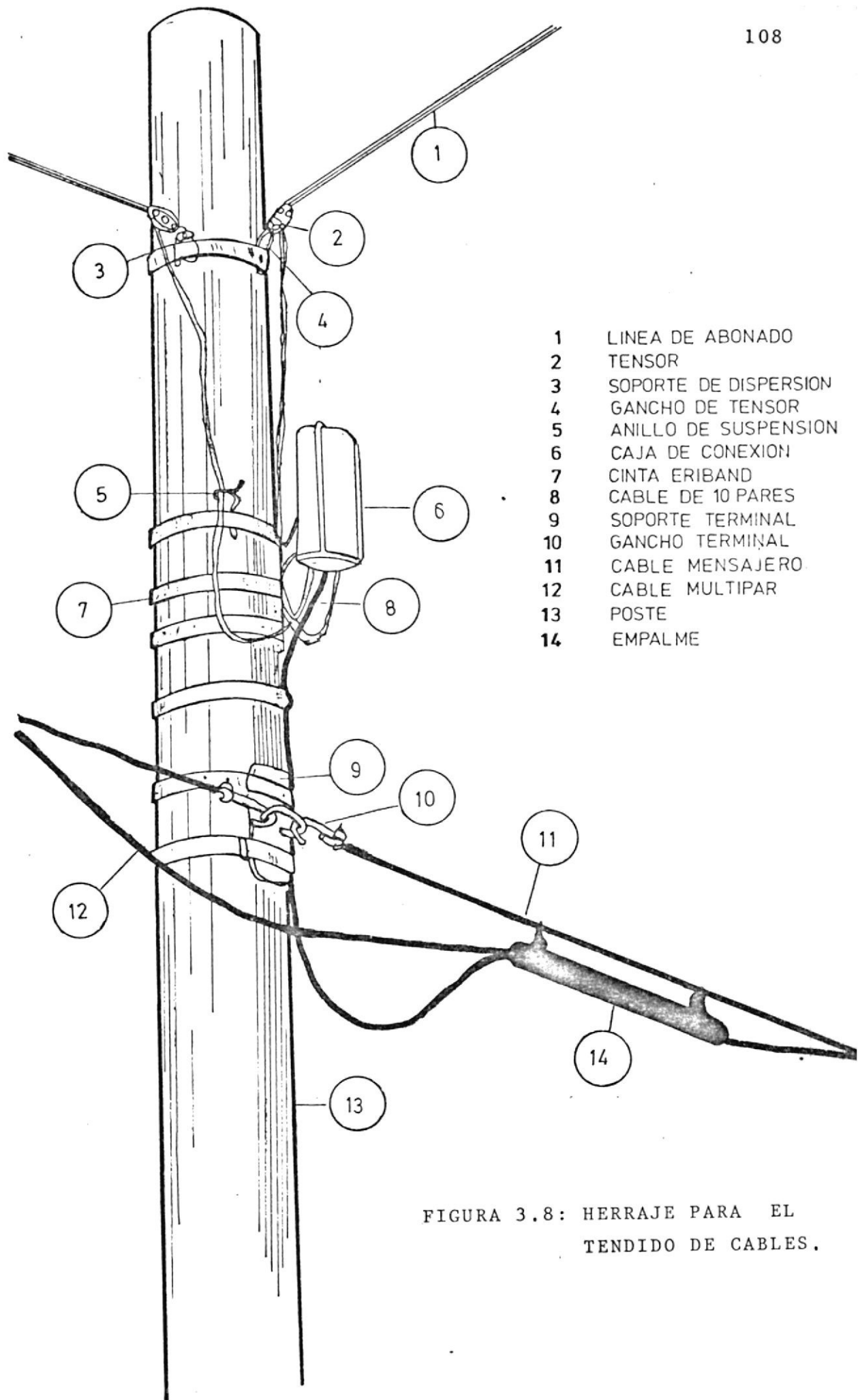


FIGURA 3.8: HERRAJE PARA EL TENDIDO DE CABLES.

Abrazadera para poste
 Cable de bajada autoportado
 Juntas
 Chapas tensores en forma de hebilla
 Soporte para manguito terminal
 Tensores plásticos para cable autoportado
 Uñas
 Mensajero
 Polas
 Palanca.

3.1.8 Teléfonos Remotos

En la figura 3.1, se indica la ubicación de los teléfonos remotos por cable aéreo. El cable autoportado de 10 pares con hilo de acero-cobre (coporwell) de diámetro 0.9 mm. para el tendido del cable se usará posterioría no común.

Los remotos de Bellavista y Santa Rosa se tomarán de la primera caja de distribución de la red de Puerto Ayora como se indica en el plano 3.1.

Los remotos de El Progreso y Cerro Verde se tomarán de la primera caja de distribución de la red de Puerto Baquerizo como se indica en el plano 3.2.

En la figura 3.9 se indica el plano de la Isla Santa Cruz.

En la figura 3.10 se indica el plano de la Isla San Cristóbal.

TOBAL.

En base al estudio de las necesidades que existen en las Islas, realizado en el capítulo II se hará el diseño del enlace principal entre Santa Cruz y San Cristóbal.

3.2.1 Descripción del Diseño

En la figura 3.11 se indica en bloque la manera de distribución de los canales telefónicos entre Santa Cruz (Puerto Ayora) y San Cristóbal (Puerto Baquerizo) a través de equipo multiplex, radio analógico de 60 canales.

El equipo Multiplex de 60 canales cada uno. Se utilizan tres grupos: PB, PB, PX y los dos restantes quedan para futuras ampliaciones.

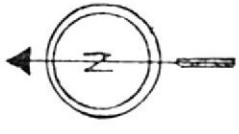
Por medio de la derivación en el Cerro Leo Mar se enlazan las dos Islas antes mencionadas.

3.3 DISEÑO DE ENLACE SECUNDARIO ENTRE SANTA CRUZ Y LAS ISLAS BALTRA, ISABELA, Y, SANTA MARIA.

En base a la demnada existente y al estudio de propagación realizado en el capítulo anterior se hará el diseño del enlace secundario.

3.3.1 Descripcion del Diseño

En la figura 3.11 se indica en bloque la distribución de canales telefónicos entre Santa Cruz y las Islas Baltra, Isabela y Santa Cruz a través de



SIMBOLOGIA

- CABECERA CANTONAL
- CABECERA PARROQUIAL
- RECINTO
- CARRETERA LASTRADA
- - - CAMINO DE HERRADURA
- · - · LIMITE DE PARQUE

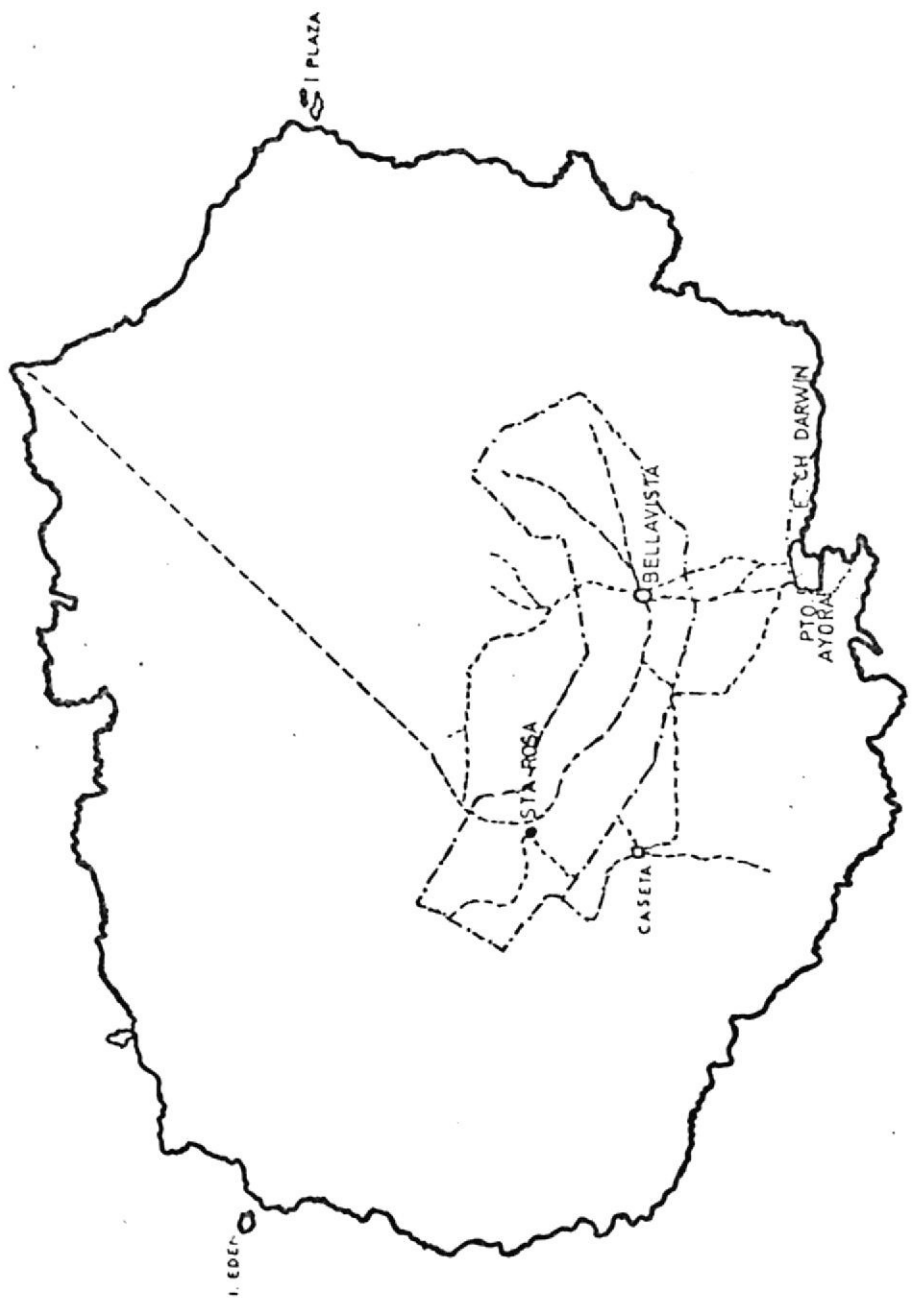
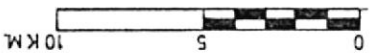
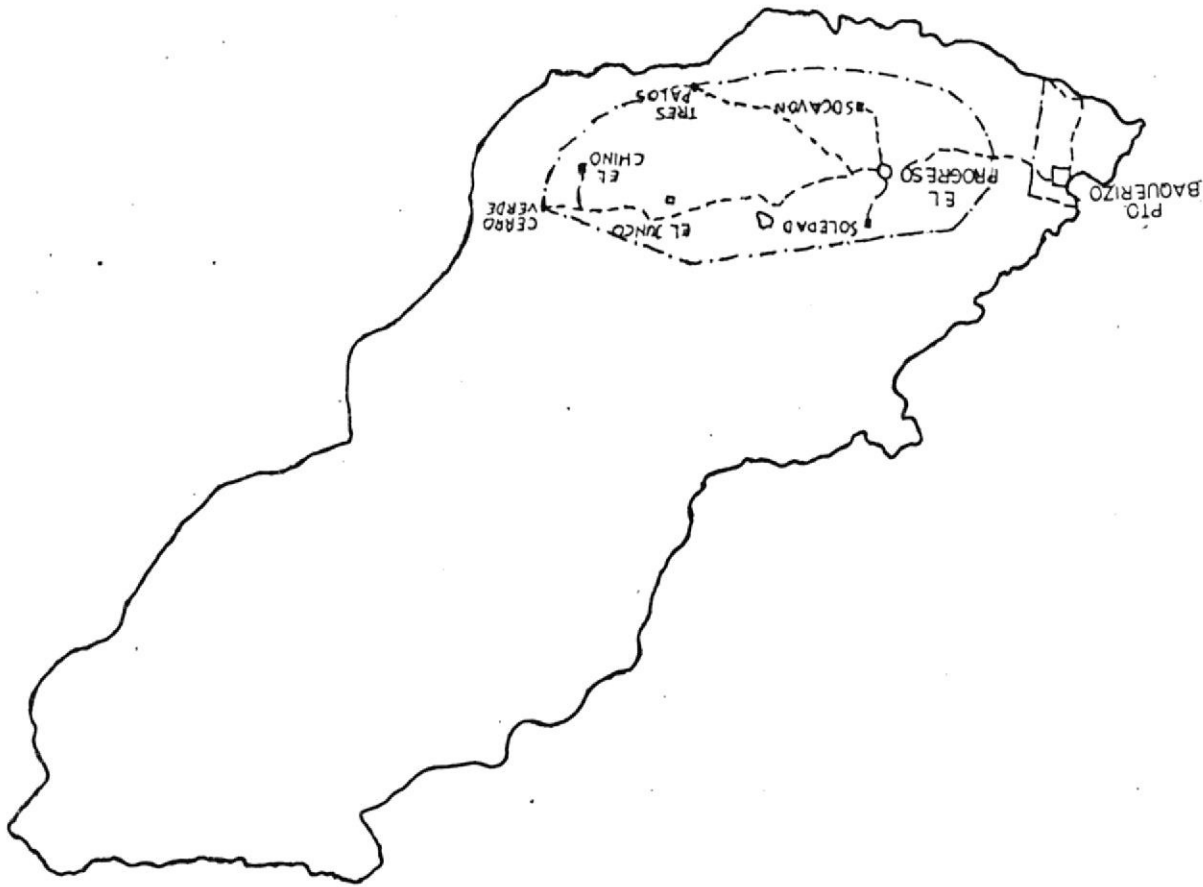


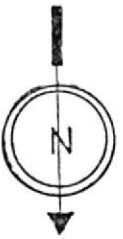
Figura 3-9 ISLA SANTA CRUZ

Figura 3-10 ISLA SAN CRISTOBAL

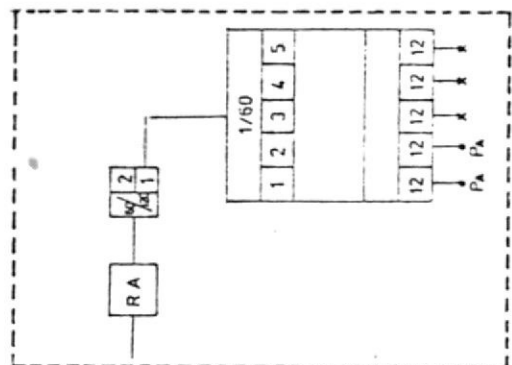


- ▣ CABECERA PARROQUIAL
- CABECERA PARROQUIAL
- RECINTO
- CARRETERA LASTRADA
- CAMINO DE HERRADURA
- LIMITE DEL PARQUE

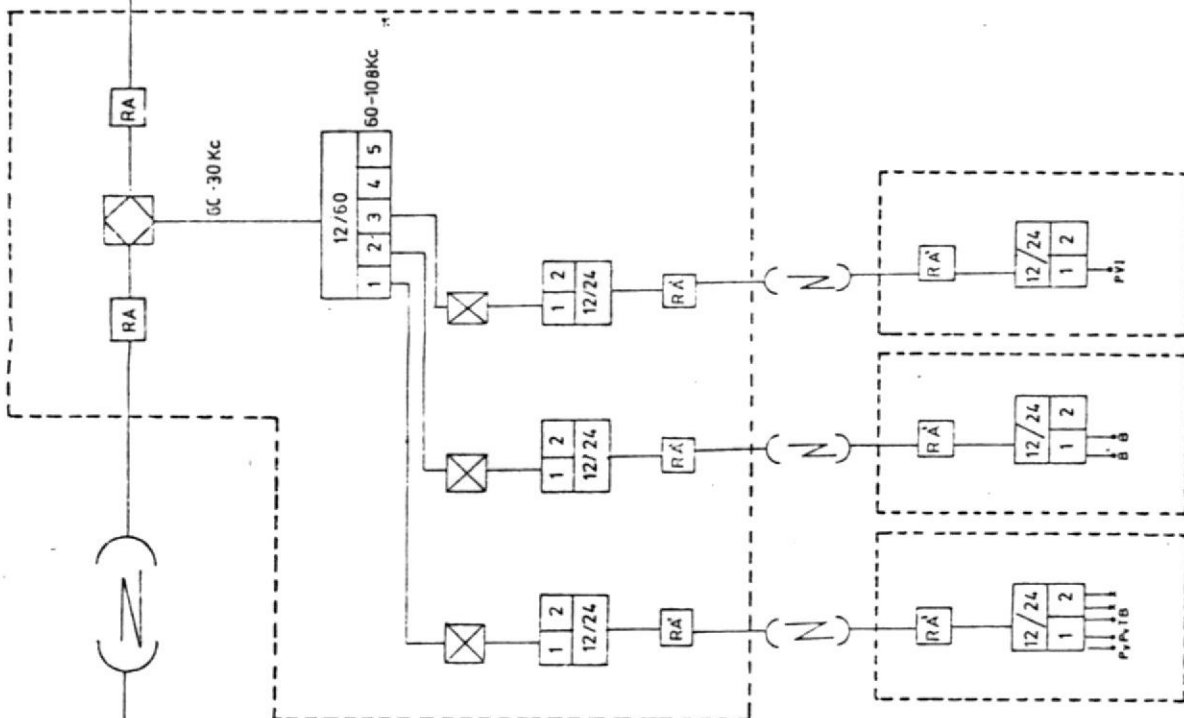
SIMBOLOGIA



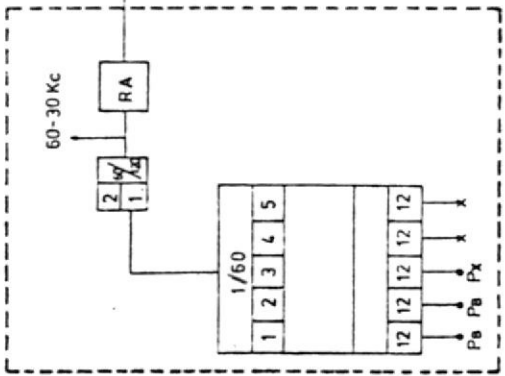
PUERTO BAQUERIZO



CERRO LEO MAR



PUERTO AYORA



SIMBOLOGIA

- RADIO ANALOGICO DE 60 CANALES $f_{\text{air}}=370\text{MHZ}$
- RADIO ANALOGICO VHF DE 12 CANALES $f_{\text{VHF}}=58\text{MHZ}$
- EQUIPO DE RADIO ENLACE
- ANTENA
- CIRCUITO HIRRIDO
- FILTRO
- CANAL OCUPADO
- CANAL LIBRE
- PARTE ALTA DE LA BANDA
- PARTE BAJA DE LA BANDA
- PUERTO AYORA
- PUERTO BAQUERIZO
- PUERTO VILLAMIL
- TOMAS DE BERLANGA
- BALTRA
- PUERTO VELASCO IBARRA

Figura 3-11 RED DE TRANSMISION

ISABELA BALTRA STA. MARIA

equipo de multiplex, radio analógico (60 ó 24 canales según la necesidad) y un traslador (12/60) de cinco - grupos a super grupo de 60 canales .

De los equipos multiplex de 60 canales se utilizan - 36 canales.

De los equipos multiplex de 24 canales se utilizan - 12 canales.

3.4 CONSIDERACIONES TECNICAS SOBRE LOS ENLACES ENTRE ISLAS

A continuación se indicarán los diversos parámetros técnicos para el diseño de los cinco enlaces entre Islas, basándose en las normas y recomendaciones dadas por el CCIR.

3.4.1 Distribución de la atenuación en los enlaces

Las pérdidas totales de transmisión entre los terminales de transmisión y recepción (atenuación total) viene dada por la siguiente ecuación:

$$A_t = A_o + A_f + A_c - (G_t + G_r) \quad (3.1)$$

Donde:

A_t = Atenuación total

A_o = Pérdida en el espacio libre sin desvanecimiento

A_f = Pérdida en los alimentadores de antenas

A_c = Pérdida en filtros y circuladores de antenas

G_t = Ganancia de la antena de transmisión

G_r = Ganancia de la antena de recepción

$$A_f + A_c = A_{11}$$

En la figura 3.12 se indica los diversos componentes de la atenuación total.

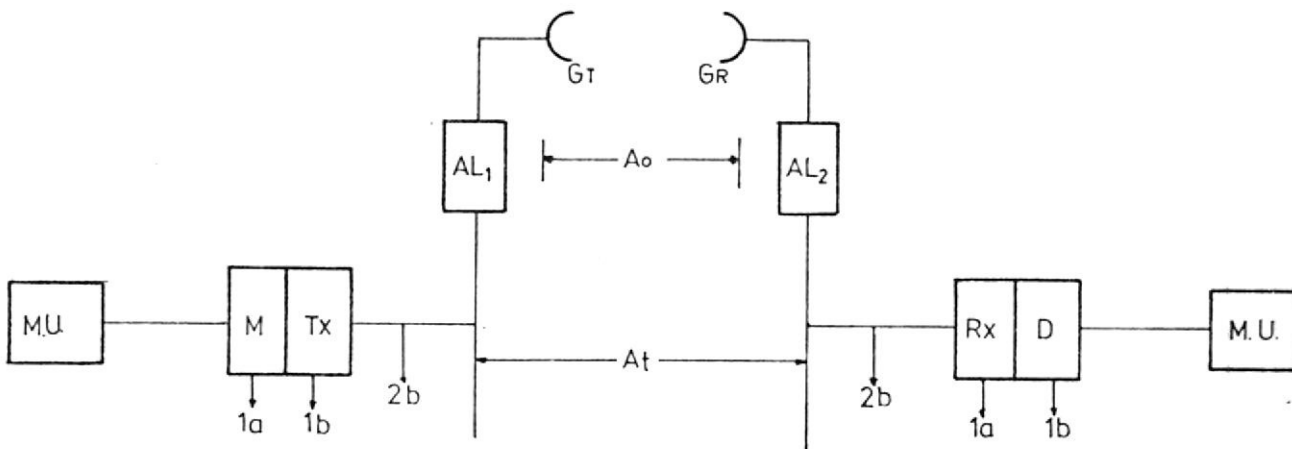


Figura. 3.12 Componentes de la atenuación total

MU= equipo multiplex

M = modulador

D = demodulador

AL₁ y AL₂ = pérdidas en alimentadoras de antenas y filtro

Las pérdidas de espacio libre (A_0), se obtienen entre dos antenas isotrópicas donde no hay influencia de la tierra ni obstrucciones (espacio libre).

Una antena isotrópica irradia o recibe energía en todas las direcciones, es una antena ideal, utilizada en los cálculos.

Considerando dos antenas isotrópicas separadas una distancia d , donde una transmite una potencia P_t y la otra recibe una potencia P_r . Para una distancia y la frecuencia dada, el A_0 viene dado por la relación P_t/P_r .

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{G_t G_r \lambda^2} \quad 3.2$$

La ecuación 3.2 expresada en decibeles:

$$A_0 \text{ (db)} = 10 \log. (P_t/P_r)$$

Asumiendo $G_r = G_t = 1$

$$A_0 \text{ (db)} = 92.5 + 20 \log. d\text{KM} + 20 \log. F\text{MHz} \quad 3.3$$

Donde:

d = Distancia de KM

F = Frecuencia en GHZ

- Pérdida en alimentadoras de antenas

El acoplamiento entre la antena y el equipo de radio es por medio de alimentador de antena. (Este medio es importante tanto para el cálculo de las pérdidas como para el acoplamiento entre antena y radio para evitar la distribución del eco).

- Atenuación de filtros y circuladores

Se consideran datos tomados de la firma FIJUTSU

- Potencia de recepción

La potencia recibida en el receptor viene dada - por la siguiente ecuación:

$$Pr = Pt - At \quad 3.4$$

Donde:

Pr = Potencia de recepción.

Con las ecuaciones antes descritas se procederá a calcular las pérdidas totales de transmisión y la potencia recibida, para cada uno de los cinco enlaces en UHF o VHF según sea el sistema de radio enlace, se usarán antenas YAGUI con ganancia de 14 dB.

Los alimentadores de antenas serán tipo Af (ZE)-50-7 cuya atenuación es de 3.85 dB/100 m.

Atenuación de filtros y circuladores = 8.8 dB.

Los valores antes mencionados han sido tomados de las especificaciones standard de equipos de la firma FIJUTSU.

Cálculos: de At y Pr.

1.- Enlace Cerro Leo Mar - Puerto Ayora

Distancia = 16.2 Km.

Frecuencia Fo = 0.370 GHZ

Usando la ecuación 3.3

$$A_o = 92.5 + 20 \log. dKm + 20 \log. FGHZ$$

$$A_o = 92.5 + 20 \log. 16.2 + 20 \log. 0.370 = 83.86 + 24 = 108.2 \text{ dB}$$

$$A_o = 108.21 \text{ dB}$$

Atenuación en el alimentador de antena (A_f)

$$A_f = L \times 0.0385 \text{ dB/m.}$$

De la Tabla 2.1.8 obtenemos L

$$A_f = 55 \text{ m} \times 0.0385 \text{ dB/m} = 2.12 \text{ dB}$$

$$A_c = 8.8 \text{ dB}$$

$$G_t + G_r = (14 + 14) \text{ dB} = 28 \text{ dB}$$

Usando la ecuación 3.1 obtenemos A_f (Pérdida - total de enlace).

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

$$A_t = 108.21 + 2.12 + 8.8 - 28 = 91.13 \text{ dB}$$

$$A_t = 91.13 \text{ dB}$$

$$\text{Con } P_t = 25 \text{ wtt. (44 dBm)}$$

Usando la ecuación 3.3, obtenemos P_r .

$$P_r = P_t - A_t$$

$$P_r = 44 - 91.13 = -47.13 \text{ dBm}$$

$$P_r = -47.13 \text{ dBm}$$

Con procedimientos similares procederán a realizar los cálculos para los cuatro enlaces restantes.

2.- Enlace Cerro Leo Mar - Puerto Baquerizo

$$d = 92.5 \text{ Km.}$$

$$F_o = 0.370 \text{ GHz}$$

$$P_t = 44 \text{ dBm}$$

$$L = 50 \text{ mts. (De la tabla 2.18)}$$

$$A_c = 8.8 \text{ dB}$$

$$G_t + G_r = 19.6 + 19.6 = 39.2 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned}
 A_o &= 92,5 + 20 \log. 92,5 \text{ Km.} + 20 \log. 0,370 \text{ GHZ} \\
 A_o &= 123,19 \text{ dB} \\
 A_f &= 50 \times 0,0385 \text{ dB/m} = 1,92 \text{ dB} \\
 A_t &= 123,19 + 1,92 + 8,8 - 39,2 \\
 A_t &= 94,71 \text{ dB} \\
 P_r &= 44 - 94,71 = - 50,71 \text{ dBm.}
 \end{aligned}$$

3.- Enlace Cerro Leo Mar - Baltra

$$\begin{aligned}
 d &= 23,4 \text{ Km.} \\
 F_o &= 0,158 \text{ GHZ} \\
 L &= 50 \text{ mts. (tabla 2.18)} \\
 A_c &= 8,8 \text{ dB} \\
 G_t + G_r &= 28 \text{ dB} \\
 A_f &= 50 \times 0,0385 \text{ dB} = 1,92 \text{ dB} \\
 A_o &= 92,5 + 20 \log. 23,4 \text{ Km.} + 20 \log. 0,158 = \\
 &103,85 \text{ dB} \\
 A_t &= 103,85 + 1,92 + 8,8 - 28 = 86,57 \text{ dB} \\
 P_r &= 44 - 86,57 = - 42,57 \text{ dBm.}
 \end{aligned}$$

4.- Enlace Cerro Leo Mar - Puerto Villamil

$$\begin{aligned}
 d &= 78,6 \text{ Km.} \\
 F_o &= 0,158 \text{ GHZ} \\
 P_r &= 44 \text{ dBm} \\
 L &= 55 \text{ mts. (tabla 2.18)} \\
 A_c &= 8,8 \text{ dB} \\
 G_t + G_r &= 28 \text{ dB} \\
 A_f &= 55 \times 0,0385 \text{ dB} = 2,12 \text{ dB} \\
 A_o &= 92,5 + 20 \log. 78,6 + 20 \log. 0,158 = 114,38 \text{ dB} \\
 A_t &= 114,38 + 10,92 - 28 = 97,30 \text{ dB} \\
 P_r &= 44 - 97,30 = -53,30 \text{ dBm.}
 \end{aligned}$$

5.- Enlace Cerro Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra

$$d = 74,5 \text{ Km.}$$

$$\begin{aligned}
 F_o &= 0.158 \text{ GHZ} \\
 P_r &= 44 \text{ dBm} \\
 L &= 60 \text{ (tabla 2.18)} \\
 A_c &= 8.8 \text{ dB} \\
 G_t + G_r &= 28 \text{ dB} \\
 A_f &= 60 \times 0.0385 \text{ dB} = 2.31 \text{ dB} \\
 A_o &= 92.5 + 20 \log. 74.5 + 20 \log. 0.158 = \\
 &113.91 \text{ dB} \\
 A_t &= 113.91 + 2.31 + 8.8 - 28 = 97.02 \text{ dB} \\
 P_r &= 44 - 97.02 = -53.02 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

En la tabla 3.1 se indica los valores de P_r y P_t para el enlace principal

En la tabla 3.2 se indica los valores de P_r y P_t para el enlace secundario.

3.4.2 Relación señal/ruido para un tiempo sin desvanecimientos. Generalidades y cálculos.

En todo sistema de comunicación la capacidad de transmisión está limitada por el ruido presente en la banda que contiene la información, esto es principalmente el ruido térmico (potencia de ruido a la entrada del receptor y depende de A_o).

La relación señal/ruido térmico está dado por la siguiente ecuación:

$$S/N = S - A_t \quad 3.5$$

Donde:

N = Ruido (ruido término)

S = Valor del sistema en dB

A_t = Atenuación total del tramo en dB

ENLACE PRINCIPAL				
NUMERAL DEL ENLACE		1		2
ENLACE	Puerto Ayora	Cerro Leo Mar	Cerro Leo Mar	Puerto Baquerizo
Altura sobre el nivel del mar (M)	80	781	781	0
Distancia del enlace (Km)	16.2		96	
Tipo de antena o diámetro (ϕ -m)	YAGUI	YAGUI	3	3
Altura de antena (m)	15	15	20	10
Longitud de alimentador (m)	25	30	30	20
Atenuación de espacio libre (A_0)dB	108.21		123.19	
Atenuación total en alimentadores 385 dB/100m.(dB)	2.12		1.92	
Pérdidas en filtros y circuladores (dB)	8.8		8.8	
Ganancia de antena (dB)	14	14	19.6	19.6
Pérdida total del enlace (A_t) (dB)	91.13		94.71	
Potencia de Transmisión (dBm)	44		44	
Potencia de recepción (dBm)	- 47.13		- 50.71	
Nivel del umbral (dB)			- 95.8	
Margen sobre umbral (dBm)	48.67		45.09	

Valor del Sistema (dBm)		170
Relación Señal Ruido (S/N) (dBm)	78.87	75.29
Potencia de ruido térmico (pwtt)	13	29.58
Relación Señal Ruido (S/N) (dBm)	73.87	70.29
Potencia de ruido térmico (pwtt)	41	93.5
Reserva de desvanecimiento (dB)	7.2	

TABLA 3.1: TABLA DE DATOS DEL ENLACE PRINCIPAL

E N L A C E		S E C U N D A R I O					
NUMERAL DEL ENLACE		3		4		5	
ENLACE	Cerro Leo Mar		Baltra	Cerro Leo Mar	Puerto Villamil	Cerro Leo Mar	Puerto Velasco Ibarra
Altura sobre el nivel del mar (m)	781		50	781	40	781	30
Distancia del enlace (Km)		23		78.6		74.5	
Tipo de antena o diámetro (ϕ -m)	YAGUI		YAGUI	YAGUI	YAGUI	YAGUI	YAGUI
Altura de antena (m)	15		15	15	15	15	15
Longitud de alimentador (m)	30		20	30	25	30	30
Atenuación de espacio libre (A_0) dB		103.85		114.38		113.91	
Atenuación total en alimentadores 385 dB/100m. (dB)		1.92		2.12		2.31	
Pérdidas en filtros y circuladores (dB)		8.8		8.8		8.8	
Ganancia de antena (dB)	14		14	14	14	14	14

ENLACE	Cerro Leo Mar	Baltra	Cerro Leo Mar	Puerto Villamil	Cerro Leo Mar	Puerto Velasco Ibarra
Pérdida Total de enlace (At) (dB0)	86.57		97.30		97.02	
Potencia de Transmisión (dBm)	44		44		44	
Potencia de recepción (dBm)	-42.57		-53.30		-53.02	
Nivel de Umbral (dB)			-87.67			
Margen sobre umbral (dBm)	45.10		34.37		34.65	
Valor del Sistema (dBm)			175.3			
Relación Señal Ruido (S/N) (dBm)	88.73		78		78.28	
Potencia de Ruido térmico (pwtt)	1.40		15.85		15	
Relación Señal Ruido (S/N) (dBm)	83.73		73		73.28	
Potencia de Ruido térmico (pwtt)	42.4		50		47	
Reserva de desvanecimiento (dB)	12.58		14.65		11.32	

TABLA 3.2: TABLA DE DATOS DEL ENLACE SECUNDARIO

En un equipo de radio enlace, el valor del sistema es el parámetro que determina el comportamiento del ruido como objetivo del diseño para el sistema de comunicación a Larga Distancia.

El valor del Sistema es valor fijo que caracteriza a los equipos de radio enlace y está dado por:

$$S = 10 \log. \frac{P_t}{NKT B} \frac{(\Delta f)^2}{(F_{12})^2} + P + 2.5 \quad 3.6$$

Donde:

P_t = Potencia de transmisión

N = Factor de ruido del receptor igual a $F = 10 \log. N$; (F = Figura de ruido)

K = Constante de Boltzman 1.38×10^{-23} Joule/°K

T = Temperatura en °K

B = Ancho de banda del canal telefónico (3.1 KHZ)

Δf = Desviación de frecuencia en valores rms. (tabla 3.3)

F_{12} = Frecuencia más elevada de la banda base (tabla 3.4) ó frecuencia de modulación.

P = Factor de pre-acentuación o pre-emphasis en dB

En el canal más elevado de la banda base, se puede hacer mediciones utilizando una señal con espectro uniforme continuo, con características similares a la señal F.D.M.

La transferencia de la máxima potencia de ruido, entre la antena transmisora y la receptora está dado por:

$$P_{rr} = NKT B \quad 3.7$$

NUMERO MAXIMO DE CANALES	DESVIACION DE FRECUENCIAS POR CANAL EN KHZ VALOR RMZ		
24	35		
60	50	100	200
120	50	100	200
300	200		
600	200		
960	200		
1.260	140	200	
2.700	140		

TABLA 3.3: RECOMENDACIONES DEL CCIR: 402-2

CAPACIDAD DEL SISTEMA NUMERO DE CANALES	LIMITE DE BANDA OCUPADA POR CANALES TELEFONICOS (KHZ)	FRECUENCIAS SUPERIOR (KHZ)
60	60 300	70 270
120	60 552	70 270 534
300	60 13.300	70 270 534 1.248
	64 1.296	
960	60 4.028	70 270 534 1.248
	64 4.024	3.886

TABLA 3.4 : RECOMENDACION DEL CCIR 399-2

Donde:

Prr = Potencia de ruido a la entrada del receptor.

En la recomendación 393-1 y 395-1 del CCIR indica que el nivel de potencia de un ruido de espectro uniforme debe disminuirse en 2.5 para un ancho de banda 3.1 KHZ para obtener el nivel de potencia sofometrica.

El factor de pre-acentuación, (P) es la distribución uniforme de la relación S/N en los canales de un sistema multicanal, utilizando red pasiva RLC de pre-acentuación. El CCIR en su recomendación 275 indica la siguiente ecuación para calcular el factor P.

$$P = 5 - 10 \text{ Log.} \left[1 + \frac{6.90}{1 + \frac{5.25}{\left(\frac{F_r}{F_{\max}} - \frac{F_{\max}}{F_r} \right)^2}} \right] \quad 3.8$$

Donde:

F_r = Frecuencia resonante del sistema ($f_r = 1.25 f_m$)

F_{\max} = Frecuencia del canal telefónico más alto de la banda base.

Según la recomendación 275-2 del CCIR, indica que para sistema con capacidad inferior o igual a 1800 canales al valor de P es de 4dB, y se usa como factor de pre-acentuación.

En la recepción se realiza la desacentuación, con lo que se disminuye la importancia relativa del ruido en las frecuencias elevadas.

Conocido el valor del sistema se puede obtener el valor S/N de la ecuación 3.5

$S/N = S - A_t$ (condiciones de espacio libre, ponderado y con preenfases).

Esta relación también se puede expresar como una función del nivel de potencia a la entrada del receptor P_r ($P_r = P_t - A_t$) obteniéndose la siguiente ecuación:

$$S/N = S - P_t + P_r \quad 3.9$$

El nivel de la potencia de ruido está siempre referido a 1 (mwtt).

La relación $S/N = -N$; donde N = potencia de ruido (potencia de ruido sin negativos y tiene como valor absoluto el de la relación S/N).

$$(S/N)_{dBm} = -90 + 10 \log (S/N) \quad \approx 10 - N$$

$$N_{pw} = \text{antilog.} \left(\frac{90 \oplus (S/N)_{dB}}{10} \right) \quad 3.10$$

Cálculos

Utilizando las ecuaciones 3.6 y 3.10 se procederá a calcular el valor de S y S/N para cada enlace.

a) Enlace Principal

Para una capacidad de 60 canales telefónicos de la red troncal y utilizando ecuación 3.6 obtenemos el valor de S , según los siguientes datos:

$$S/N = S - P_t + P_r$$

$$P_r = -53.02 \text{ dBm}$$

$$S/N = 131.3 - 53.02 = 78.28 \text{ dBm}$$

$$N_p \text{ wtt} = \text{antilog.} \left(\frac{90 - 78.28}{10} \right) = 15 \text{ p wtt}$$

En la tabla 3.1 se indica los valores de S y S/N para el enlace principal.

En la tabla 3.2 se indica los valores de S y S/N para el enlace secundario

3.4.3 Umbral de ruido y diagrama de niveles

El nivel del umbral es uno de los parámetros que limita hasta determinado valor la calidad de señal de recepción:

El margen de desvanecimiento es el valor entre la línea del umbral y la señal útil; está dado por la siguiente ecuación:

$$M_u = P_r - N_u \quad 3.11$$

Donde

M_u = Margen de desvanecimiento

N_u = Nivel del umbral

Un sistema de radio comunicación falla cuando existen desvanecimientos profundos en los cuales el ruido térmico suprime la señal útil.

El umbral de ruido está definido cuando la potencia de la señal útil es la entrada del receptor es 10 dB más que la potencia de ruido. Esta diferencia de 10 dB se debe al hecho de que las crestas -

de la señal de ruido tienden a ser mayores que el nivel de la portadora útil

El nivel del umbral de ruido viene dado por:

$$Nu = 10 \log. \left(\frac{KT B_{IF} F}{P_t} \right) + 10 \text{ dB} \quad 3.12$$

A continuación se determinan los valores de Mu y Nu para el enlace principal y el secundario.

a) Con la ecuación 3.12 se determina Nu

Para $B_{IF} = 2 \text{ MHz}$, $F = 5 \text{ dB}$, $T = 300 \text{ K}$, $P_t = 25 \text{ wtt}$

$$Nu = - 139.8 \text{ dB}$$

En el diagrama de niveles (figura 3.13) se indica la línea del umbral en: $- 95.8 \text{ dBm}$ (140 - 44) y las curvas de atenuación existentes de cada tramo; hasta que exista una interrupción.

El margen de desvanecimiento sobre el umbral para cada enlace es determinado en base a las pérdidas totales de cada trayecto (ver tabla 3.1).

- Enlace Principal

Enlace Leo Mar - Puerto Ayora

Usando la ecuación 3.11 se determina Mu

$$Mu = Pr - Nu$$

$$Mu = Pr + 95.8$$

$$Mu = - 47.13 + 95.8 = \text{dB} = 48.67 \text{ dBm}$$

Enlace Leo Mar - Puerto Baquerizo

$$S/N = 126 - 50.71 = 75.29 \text{ dB}$$

$$N_p \text{ wtt} = \text{antilog.} \left(\frac{90 - 75.29}{10} \right) = 29,58 \text{ p wtt}$$

b) Enlace Secundario

El sistema que se utiliza en éste enlace es de 24- canales con los siguientes datos procedemos a calcular el valor del sistema.

$$P_t = 44 \text{ dBm}$$

$$KTB = 1.28 \times 10^{-14} \text{ 14 m mwtt}$$

$$F = 5 \text{ dB}$$

$$f = 35$$

$$f_{1.2} = 100 \text{ KHZ (tomada de la firma Ericsson ya que el CCIR no especifica).}$$

$$P = 4 \text{ dB}$$

$$S = 44 + 138,92 - 5 - 9,12 + 4 + 2,5$$

$$S = 175,3 \text{ dBm}$$

Enlace Leo Mar - Baltra

$$P_r = -42,57 \text{ dBm}$$

$$S/N = S - P_t + P_r = 175,3 - 44 + P_r$$

$$S/N = 131,1 + P_r$$

$$S/N = 131,3 - 42,57 = 88,73 \text{ dBm}$$

$$N_{p \text{ wtt}} = \text{antilog.} \left(\frac{90 - 88,28}{10} \right) = 1,40 \text{ wtt}$$

Enlace Leo Mar - Puerto Villamil

$$P_r = -53,30 \text{ dBm}$$

$$S/N = 131,3 - 53,30 = 78$$

$$N_p \text{ wtt} = \text{antilog.} \left(\frac{90 - 78}{10} \right) = 15,85 \text{ p wtt}$$

Enlace Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra

$$P_t = 44 \text{ dBm}$$

$$KTB = 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 3 \times 10^3$$

$$= 1.28 \times 10^{-17} \text{ wtt}$$

$$= 1.28 \times 10^{-14} \text{ mwtt}$$

$$F = 5 (10 \log N)$$

$$\Delta F = 50 \text{ KHZ (tabla 3.3)}$$

$$F_{12} = 50 \text{ KHZ (tabla 3.4)}$$

$$P = 4 \text{ dB}$$

$$S = 10 \log P_t - 10 \log KTB - 10 \log N + 20 \log \left(\frac{F}{F_{12}} \right) + P + 25$$

$$S = 44 - 10 \log 1.28 \times 10^{-10} - 5 + 20 \log \left(\frac{50}{270} \right) + 4 + 2.5$$

$$S = 44 + 138.92 - 5 - 14.65 + 4 + 2.5 = 168.77$$

$$170 \text{ dB}$$

$$S = 170 \text{ dBm}$$

Luego usando la ecuación 3.9 obtenemos S/N

$$S/N = S - P_t + P_r$$

$$S/N = 170 - 44 + P_r$$

$$S/N = 126 + P_r$$

Enlace Puerto Ayora - Leo Mar

$$P_r = -47.13 \text{ dBm}$$

$$S/N = 126 - 47.13 = 78.87 \text{ dBm}$$

$$N_p \text{ wtt} = \text{antilog.} \left(\frac{90 - 78.87}{10} \right) = 13 \text{ p wtt}$$

Enlace Leo Mar - Puerto Baquerizo

$$P_r = -50.71 \text{ dBm}$$

$$\mu = - 50.71 + 95.8 = 45.09 \text{ dBm}$$

- Enlace Secundario

$$\text{Para } B_{IF} = 1.3 \text{ HZ}$$

$$P_t = 25 \text{ wtt}$$

El valor del umbral N_u es

$$N_u = 131.67 \text{ dBm}$$

En los diagramas de nivel (figura 3.14, 3.15, - 3.16) se indica el nivel de umbral es: $- 87.67\text{dB}$ ($131.67 - 44$), se incluyen las curvas de atenuación para cada tramo.

El margen de desvanecimiento para cada trayecto del enlace secundario es:

$$\mu = 87.67 + Pr$$

$$\text{Leo Mar - Baltra} \quad 87.67 - 42.57 = 45.1 \text{ dBm}$$

$$\text{Leo Mar - Puerto Villamil} \quad 87.67 - 53.3 = 34.37 \text{ dBm}$$

$$\text{Leo Mar - Puerto Velasco Ibarra} \quad 87.67 - 53.03 = 34.65 \text{ dBm}$$

En la figura 3.13 se indica el diagrama de niveles del enlace Puerto Ayora - Puerto Baquerizo - (enlace principal).

En la figura 3.14 se indica el diagrama de niveles del enlace Puerto Ayora - Puerto Villamil - (enlace secundario).

En la figura 3.15 se indica el diagrama de niveles del enlace Puerto Ayora - Puerto Velasco -

Ibarra.

3.4.4 Distribución del ruido de los enlaces y un canal Superior.

Para evaluar la calidad de un radio enlace de comunicación es necesario considerar el ruido que posee.

Las clases de ruido que existen son:

- 1.- Ruido básico (ruido térmico)
 - 1,a Ruido térmico del receptor depende de la atenuación en el tramo
 - 1,b Ruido básico de los equipos de modulación
 - 1,c Ruido básico de los equipos de radio.
- 2 Ruido de intermodulación

Es debido a la no linealidad de los equipos de transmisión y producen destrucción de la señal de banda base y reflexiones múltiples en las instalaciones de las antenas.

- 2.a En equipos Modem
- 2.b En equipos de radio y las instalaciones de las antenas.

Con el valor del ruido térmico se puede hacer un balance de ruido en el canal superior de medición.

La distribución del ruido en un radio enlace se indica en la figura 3.12.

En la tabla 3.5 se indica los valores de ruido enlace (tomados de la firma FIJUTSU los cuáles dependen

den del número de canales y la desviación de frecuencia.

Se estima un valor de 5 pw/tramo en base a una reflexión mediana.

Con los datos de la tabla 3.5 se procede a calcular las diferentes clases de ruido, para el enlace principal y el secundario.

a) Enlace Principal

Puerto Ayora - Puerto Baquerizo

1	Ruido Básico (término)	
	Ruido térmico a la entrada del receptor	-
	29.58 + 13 =	32.58
	Ruido básico de modem (en pwtt)	8
	Ruido básico de equipo RF y IF	
	2 x 8.5 =	17
	Suma del ruido término sin desvanecimiento	57.58
2	Ruido de intermodulación	
2.1	Modem ,	8
	Equipo de IF y RF	8.7
	Total	16.7
3	Ruido total inducido en el enlace (5 pwtt/tramo)	10 pw
4	Ruido en tiempo sin desvanecimiento	84.28
5	Ruido total permitido (CCI recomendación 395-1)	
	3 pw/Km x 1087 + 200 w	526.1
6	Aumento permitido para el ruido térmico en el receptor (526.1-84.28)	441.82
7	Reserva mínima para tiempo de desvanecimiento.	

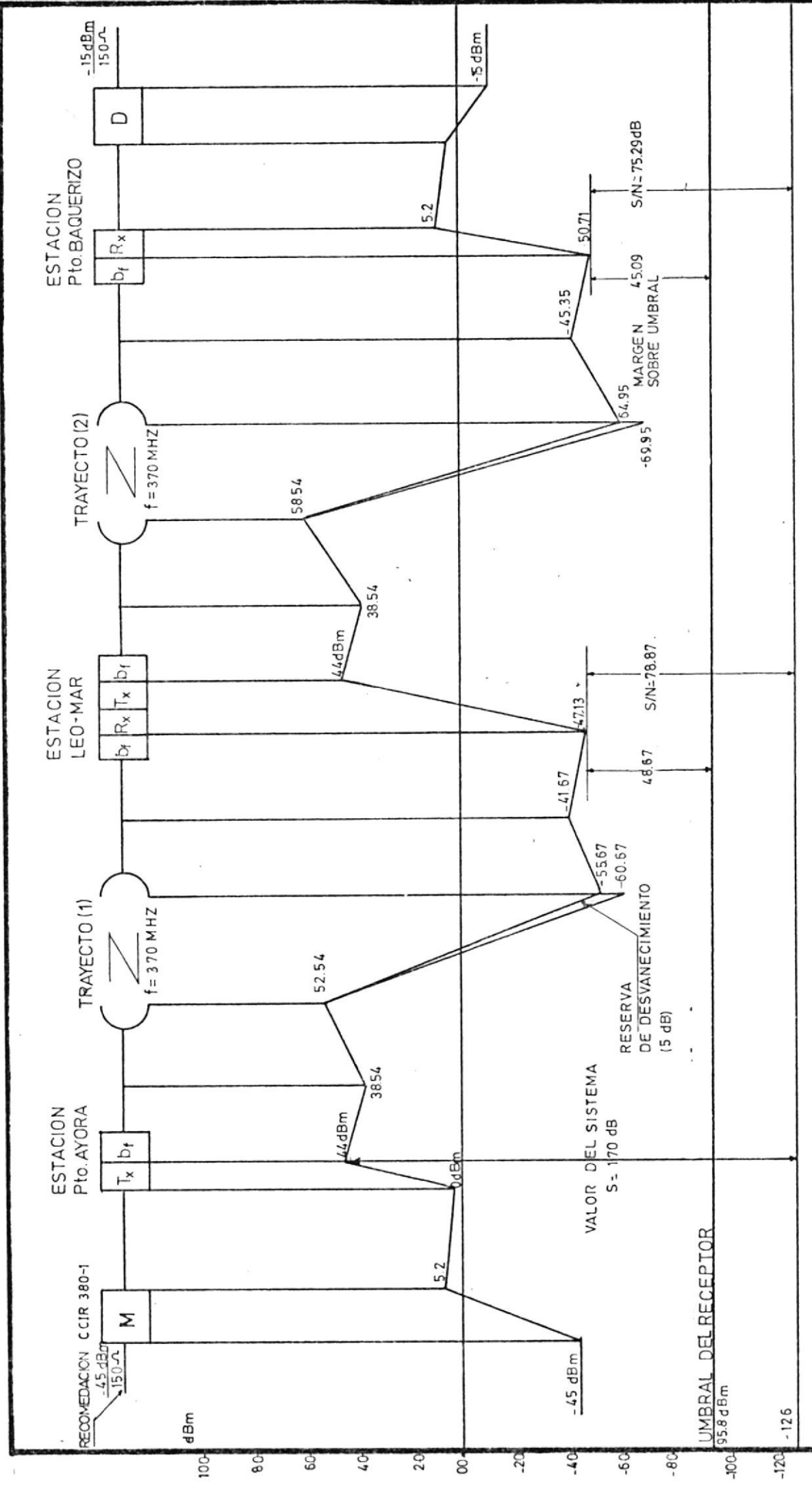


Figura 3-13 DIAGRAMA DE NIVELES DEL ENLACE PRINCIPAL: PUERTO AYORA PUERTO BAQUERIZO EN F.M. PARA EL CANAL SUPERIOR (24 C/370 MHZ)

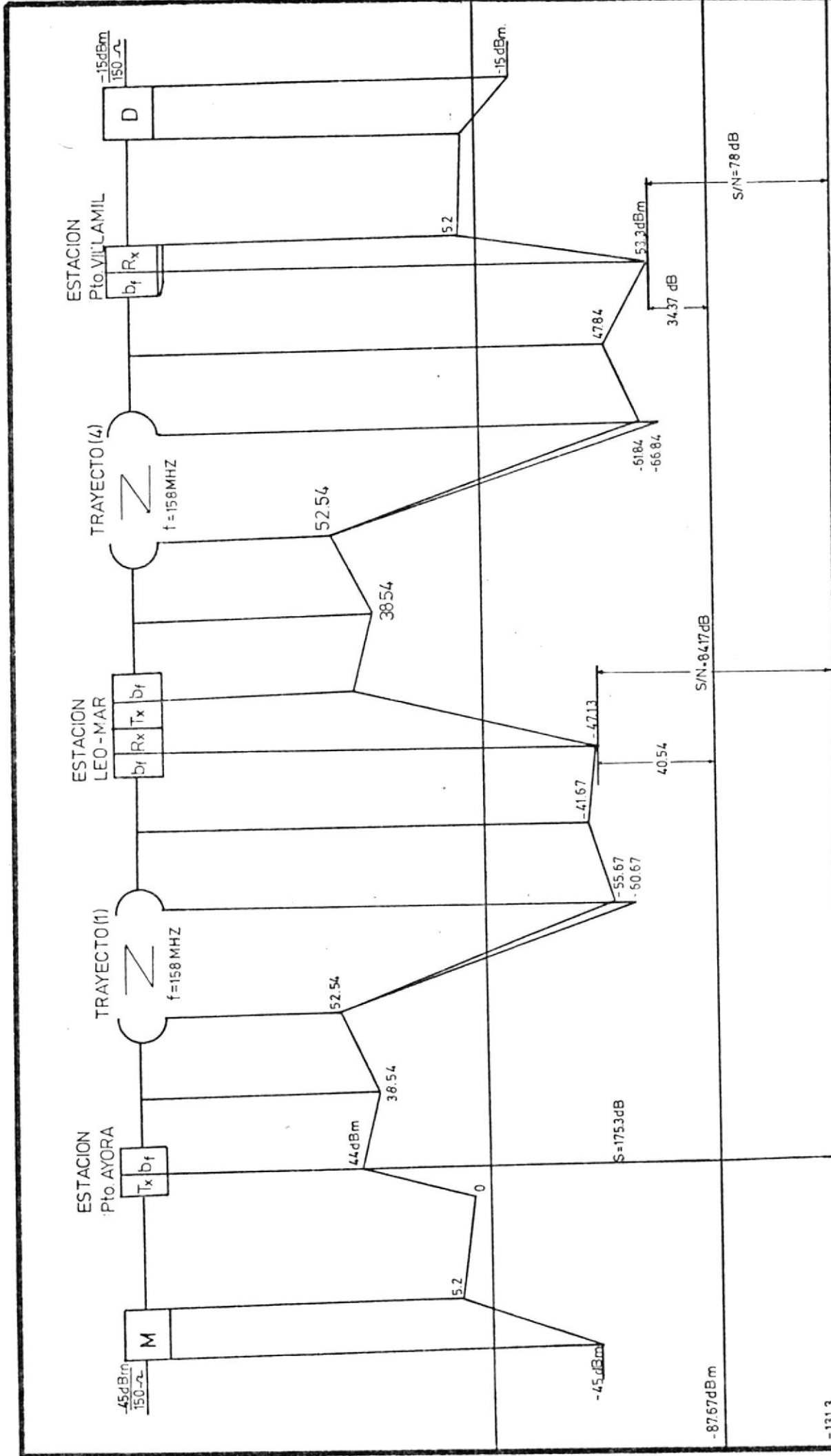
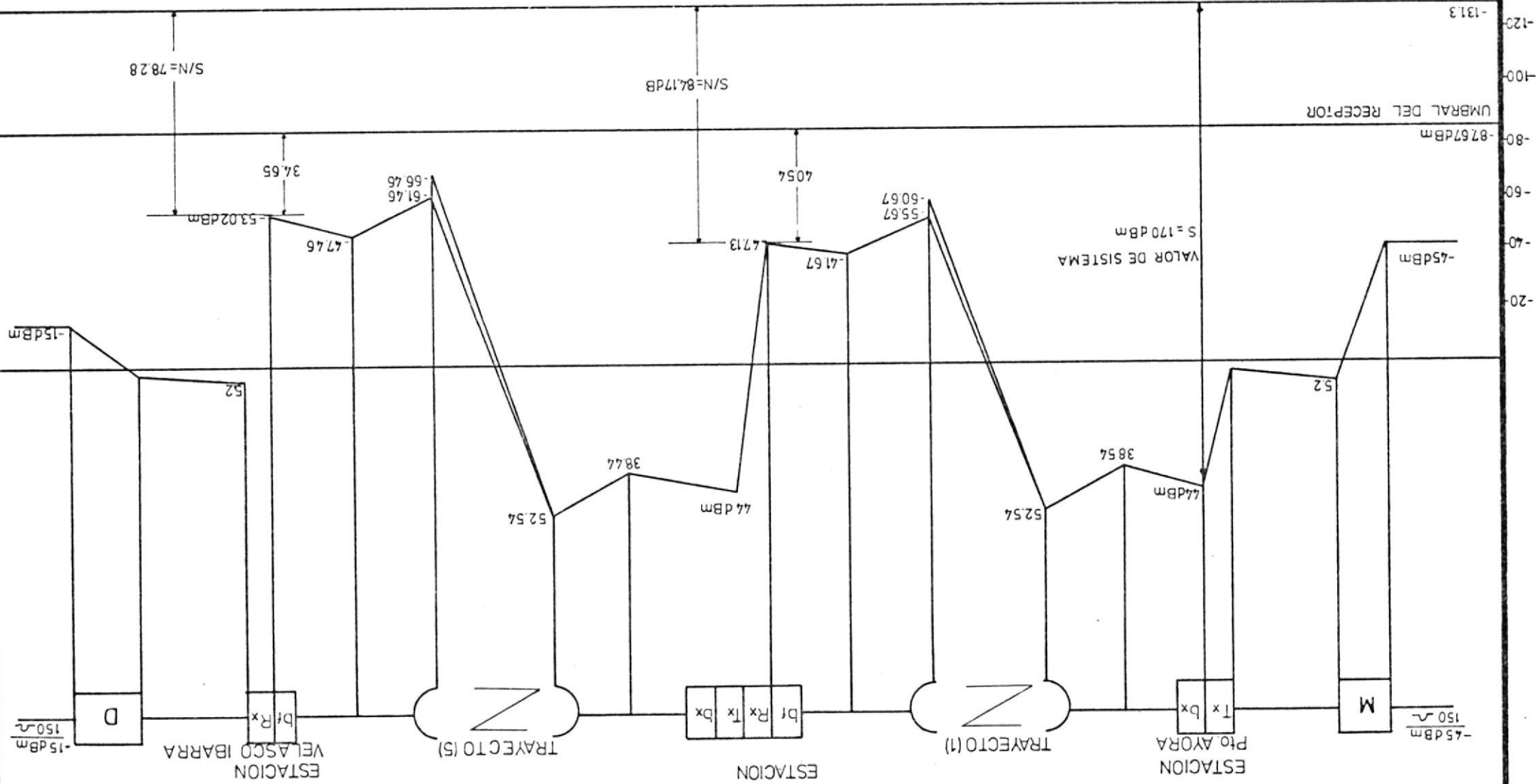


FIGURA. DIAGRAMA DE NIVELES DEL ENLACE SECUNDARIO PUERTO AYORA - PUERTO VILLAMIL. EN F. M. PARA EL CANAL SUPERIOR (120/158 MHz)

Fig. 3:5 DIAGRAMA DE NIVELES DEL ENLACE SECUNDARIO PUERTO AYORA-PUERTO VELASCO IBARRA EN F.M. PARA EL CANAL SUPERIOR (12C/158MHZ)



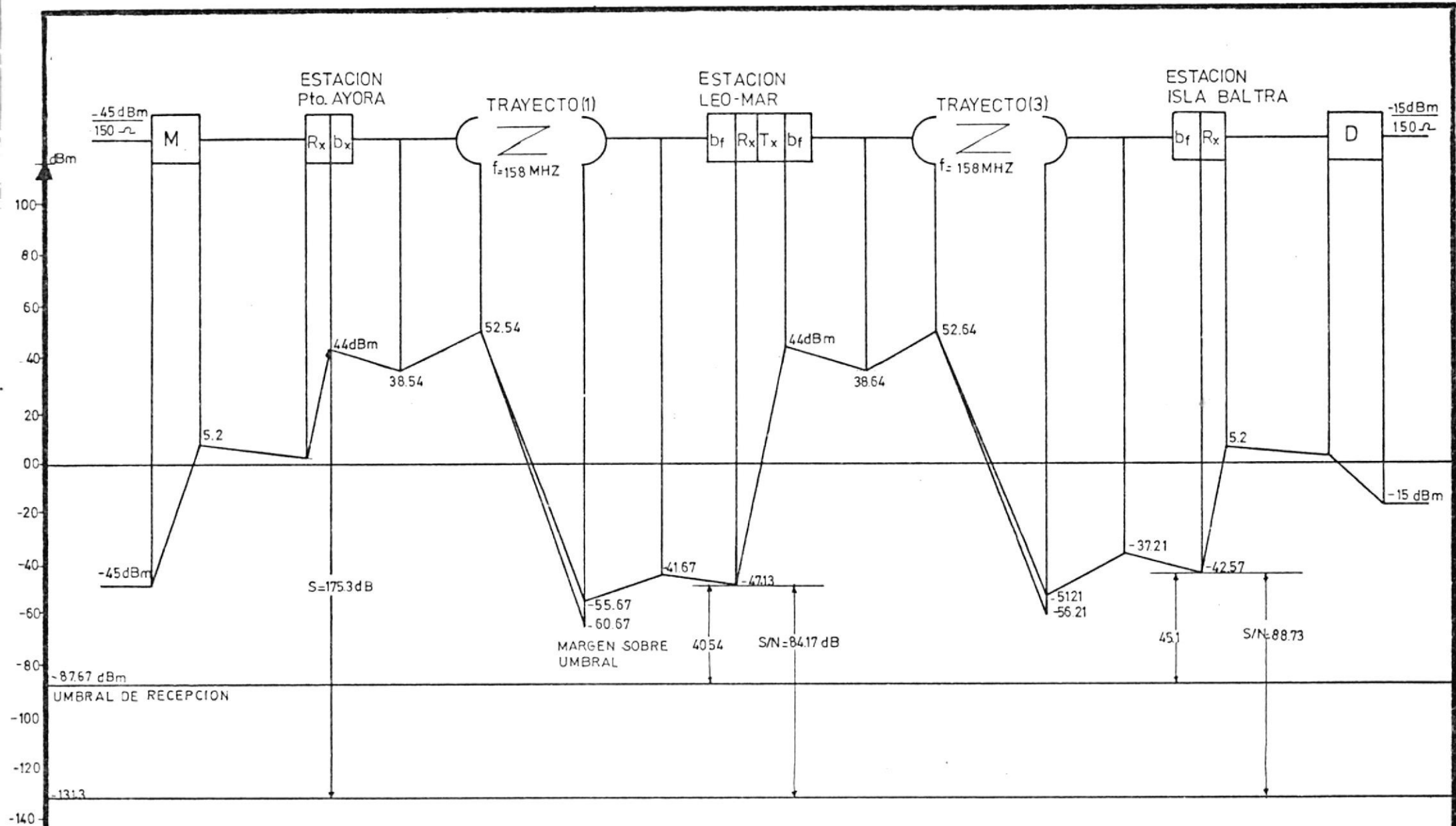


Fig 3-16 DIAGRAMA DE NIVELES DEL ENLACE SECUNDARIO PUERTO AYORA- ISLA BALTRA EN F.M. PARA EL CANAL SUPERIOR (12C/158)

CLASES DE RUIDO	POTENCIA DE MEDICION	
	CANAL DE MEDICION 270 MHZ	CANAL DE MEDICION 100 MHZ
Ruido básico para un equipo IF - RF	8.5 pwtt	8 pwtt
Ruido básico para un MODEM	8.0 pwtt	8 pwtt
Ruido de intermodulación en IF - RF	8.7 pwtt	8.5 pwtt
Ruido de intermodulación para 1 modem	8.0 pwtt	8 pwtt

TABLA 3.5: VALORES DE RUIDOS

$$10 \log \frac{441.82}{84.28} = 7.2 \text{ dB}$$

El margen de desvanecimiento de 7.2 dB indica la reserva para desvanecimiento a cada uno de los tramos.

Este valor indica una buena reserva porque es raro que el mismo tiempo haya en más de un solo tramo un desvanecimiento fuerte.

b) Enlace secundario

- 1 Ruido básico
- 2 Ruido de intermodulación
- 3 Ruido total inducido en los dos tramos.

Se ha calculado la reserva mínima para un tiempo de desvanecimiento, para cada trayecto del enlace.

Puerto Ayora - Baltra	23.4 + 16.2	39.6 Km.
Ruido térmico a la entrada del receptor		14.4 pwtt
Ruido total permitido CCIR		
39.6 + 200 pw =		318.8 pwtt
Ruido total en tiempo sin desvanecimiento	50 - 4.4	54.4 pwtt
Aumento permitido para el ruido térmico	318.8 - 98	260.8 pwtt
Reserva mínima para tiempo desvanecimiento		
$10 \log \frac{260.8}{14.4}$		12.58 pwtt
Puerto Ayora - Puerto Villamil		
78.6 + 16.2		94.8 Km.

Ruido Térmico	14.4 pwtt
Ruido total en tiempo sin desvanecimiento	64.4 pwtt
Ruido Total permitido	484.4 pwtt
Reserva mínima de tiempo de desvanecimiento	14.65 pwtt

Puerto Ayora - Puerto Velasco Ibarra

16,2 + 74,5	90,7 Km.
Ruido Térmico	28 pwtt
Ruido Total/en tiempo sin desvanecimiento	88 pwtt
Ruido total permitido	
3 x 90,7 - 1,200	472,1 pwtt
Reserva de ruido en tiempo de desvanecimiento	11.32 dB

3.5 CONSIDERACIONES TECNICAS SOBRE CONMUTACION

De acuerdo al estudio técnico de diseño de la red de conmutación hecho en los capítulos 2 y 3, las Centrales locales de Puerto Baquerizo y Puerto Ayora, serían de tipo analógico de Discado Directo. Las demás poblaciones tendrán teléfonos remotos de Puerto Ayora o Puerto Baquerizo según sea el caso (ver figura 3.1 y 3.2).

Cumpliendo con las recomendaciones del CCITT, a continuación se indicaran las especificaciones técnicas de las Centrales locales.

3.5.1 Características de las Centrales locales Telefónicas.

Las centrales telefónicas serán automáticas de moderna tecnología de sistema analógico, de diseño moderno, tipo modular (ocupa espacio reducido) que cumple con los planes de numeración, señalización, tarifación y transmisión.

3.5.2 Capacidad de la Central

La capacidad inicial será de 300 líneas ampliables en grupos modulares hasta 600 líneas. Fisicamente deben ser tipo armario para que puedan apoyarse en la pared o sujetarse al piso, que permite el montaje y desmontaje rápido de fácil mantenimiento.

3.5.3 Nivel del Tráfico

Se estima un tráfico de 0.05 Erlang/abonado, con una pérdida inferior al 1% en una llamada interna.

3.5.4, Equipo de Abonado

La Central Telefónica deberá tener posibilidad de conectar aparatos telefónicos de disco o de teclado (frecuencia MFC).

La resistencia de la línea incluido el aparato telefónico (600 ohmios) deberá de ser 2000 ohmios.

3.5.5 Señalización

La señalización entre Centrales deberán ser MFC - que es similar a la señalización R2 según el CCITT

La señalización de abonado deberá ser por disco, - tono de ocupado, tono de llamada, tono de congestión.

3.5.6 Plan de enrutamiento

En la figura 3.17 se indica el plan de enlace entre Centrales, se especifica los enlaces entrantes y salientes.

En la figura 3.18 se indica la conexión de los abonados remotos de Puerto Ayora.

3.5.7 Tarifación

El equipo de tarifación a nivel local y entre Islas debe ser flexible para introducir tasación en las noches, domingos y días feriados con el fin de aumentar el tiempo de duración de los impulsos de 3 a 6 minutos o cualquier otro porcentaje.

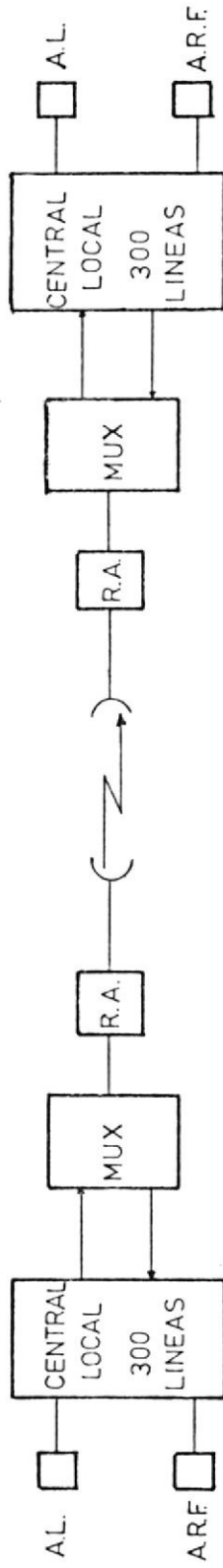
En días no feriados la duración de cada impulso es de 3 minutos.

En la tasación de las llamadas hacia el continente la Central local deberá emitir impulsos de tarifación cada 6 segundos.

3.5.8 Capacidad de memoria

Números de dígitos del abonado A 7 dígitos, categoría y otras señales.

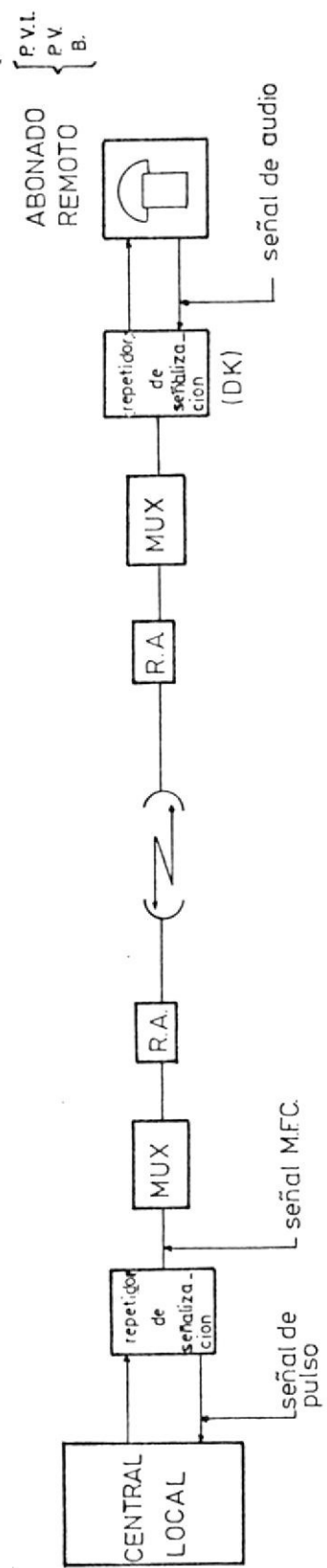
Números de dígitos del abonado 10 dígitos y con expansión a cualquier cantidad de dígitos.



SIMBOLOGIA

- A.L. = abonado local
- A.R.F. = abonado remoto por línea física
- MUX = multiplex
- R.A. = radio analógico (UHF)


Figura3-17 PLAN DE ENLACE ENTRE CENTRALES



SIMBOLOGIA

MUX = multiplex

R.A. = radio analógico VHF

 = abonado remoto: Pto Velasco Ibarra (P.V.I.)
 Pto Villamil (P.V)
 Baltra (B)

C/D = convertidor de señal de pulso a señal de frecuencia (M.F.C.)

D/C = convertidor de señal de frecuencia a señal de audio

Figura 3-18 CONEXION DEL ABONADO REMOTO DE PUERTO AYORA

3.5.9 Mesa de Operadora

Cada Central debería tener una mesa de operadoras, para que pueda transmitir la llamada hacia el continente , también para que la operadora pueda intervenir: en una conferencia de un abonado ocupado - para el control del servicio telefónico.

3.5.10 Numeración

Debe traer numeración para las siguientes clases de servicio:

Servicio Especial (policía, hospital, etc)
Servicio local
Servicio hacia el Continente
Servicio entre Islas

3.5.11 Plan de Transmisión

Margen de frecuencia transmitida: 3 a 3.4 KHZ

3.6 SISTEMA DE FUERZA

En las Islas donde existe red pública (ver tabla 1.3) se tomará la Energía Eléctrica de ella para alimentar los equipos de comunicación (en la actualidad se está usando el 20% de la capacidad instalada para el servicio de alumbrado).

3. 6.1 Puerto Ayora

El sistema de fuerza necesario para los equipos de transmisión de Puerto Ayora serán:

Red pública de Puerto Ayora
 Los Generadores Diesel de 5 KVA (Emergencia)
 Banco de baterías y rectificadores para 48 V
 Para la Centra-Local:

Red Pública de Puerto Ayora
 Generador a Diesel de 10 KVA (emergencia)
 Banco de batería y rectificadores para 48 V. (25 - amperios).

3.6.2 Cerro Leo Mar

Dos generadores a Diesel de 5 KVA y para lo cuál-deberá construirse camino de acceso hacia dicho cerro.

Banco de batería y rectificadores para 48 V.

3.6.3 Puerto Baquerizo

Red Pública y 2 generadores a Diesel de 5 KVA (emergencia).

Banco de batería y rectificadores para 48 V.

3.6.4 Baltra

Generador de la fuerza armada y generador a Diesel - de 1 KVA (emergencia).

Batería de 12 V.

Rectificadores de 12 V.

3.6.5. Puerto Villamil

Red pública y generador a Diesel de 1 KVA (emergencia)

Batería de 12 V.

Rectificadores de 12 V.

, 3.6.6 Puerto Velasco Ibarra

Red Pública y generador a Diesel de 1 KVA (emergencia).

Batería de 12 V.

Rectificadores de 12 V.

CAPITULO IV

ANALISIS ECONOMICO DE LA RED INTEGRAL DE GALAPAGOS

4.1 COSTO DE LA RED TELEFONICA INTEGRAL

A continuación, se hará un análisis económico de la Red Telefónica Integral para la Provincia de Galápagos, diseñada en este trabajo.

4.1.1 Costos Generales

El costo total estimado del proyecto asciende a \$ 5.398.963,70 que equivale a S/. 521.000.000,00.

El total del proyecto se desglosa en equipamiento, instalación, adquisición de terrenos, adecuación de locales, fundición de torres, construcción de caminos y construcción de planta externa. Un resumen de los costos se indican a continuación.

a.- Costo estimado en dólares para el equipamiento e instalación.

Comunicación y Asociados	\$ 450.000,00
Transmisión y Asociados	242.500,00
Energía y Fuerza	306.000,00
Torres	<u>33.000,00</u>
Total	\$ 1.213.500,00

b.- Costo estimado en sucres

Terrenos, edificios y adecuación de locales	22.000.000,00
Fundición de Torres	4.000.000,00
Caminos	64.000.000,00
Planta externa	10.000.000,00
Seguros, costos de internación y trans - porte interno	<u>50.000.000,00</u>
Total	S/.150.000.000,00

4.1.2 Costos por localidades

Los costos unitarios del proyecto se indican a conti -
nuación por localidades,

- a.- Localidad: Puerto Ayora
- b.- Localidad: Cerro Repetidor Leo Mar
- c.- Localidad: Puerto Baquerizo
- d.- Localidad: Baltra
- e.- Localidad: Puerto Velasco Ibarra
- f.- Localidad: Puerto Villamil

a.- Localidad: Puerto Ayora

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Central Telefónica de capacidad inicial de 300 líneas y final de 600 líneas incluyendo materiales de instalación, supervisión de la instalación y equipo de fuerza	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
1	Equipo de radio analógico 1.1 para 60 canales incluyendo antena, alimentador y materiales de instalación	24.000,00	24.000,00
1	Equipo multiplex para 60 canales equipados.	75.000,00	75.000,00
2	Generadores Diesel de 5 KVA	42.000,00	84.000,00
1	Rectificador 12 A. 48 V.	14.000,00	14.000,00
1	Banco de baterías de 48 V.	6.000,00	6.000,00

a.- Localidad: Puerto Ayora

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Tablero de distribución	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
1	Torres autosoportadora	10.000,00	<u>10.000,00</u>
	TOTAL		\$ 470.000,00

b.- Localidad: Cerro Repetidor Leo Mar

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
2	Radio analógico 1,1 para 60 canales incluyendo antena, alimentador y material de instalación	\$ 20.000,00	\$ 40.000,00
1	Derivación	5.000,00	5.000,00
1	Traslador de grupo a super grupo	7.000,00	7.000,00

b.- Localidad: Cerro Repetidor Leo Mar

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
3	Filtros	\$ 1.500,00	\$ 4.500,00
3	Equipo de multiplex - para 12 canales equipa dos ,	15.000,00	45.000,00
3	Radio analógico 1.1 pa ra 12 canales incluyen do antena y material - de instalación	10.000,00	30.000,00
2	Generador Diesel de 5 KVA	42.000,00	84.000,00
1	Rectificador 48 V. 12 A	18.000,00	18.000,00
1	Banco de batería 48 V.	6.000,00	6.000,00
1	Panel de celdas sola - res	60.000,00	60.000,00
1	Tablero de distribución	3.000,00	3.000,00

b.- Localidad: Cerro Repetidor Leo Mar

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Torre autosoportada .	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
	Total		\$ 272.500,00

c.- Localidad: Puerto Baquerizo

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Central Telefónica de 250 líneas de capacidad inicial y 600 líneas de capacidad final incluyendo materiales de instalación y equipo de fuerza	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
1	Equipo de radio analógico 1.1 para 60 canales incluyendo antena y material de instalación	24.000,00	24.000,00

c.- Localidad: Puerto Baquerizo

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Multiplex para 60- canales equipados	\$ 75.000,00	\$ 75.000,00
2	Generadores Diesel- de 5 KVA	42.000,00	84.000,00
1	Rectificador	18.000,00	18.000,00
1	Banco de baterías - de 48 V.	6.000,00	6.000,00
1	Tablero de distribu ción	3.000,00	3.000,00
1	Torre Autosoportada	10.000,00	<u>10.000,00</u>
	Total		420.000,00

d.- Localidad: Baltra

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Equipo de radio analógico 1.1 para 12 canales in - cluido antena y material- de instalación	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
1	Multiplex de 12 canales - equipados	15.000,00	15.000,00
1	Generados Diesel 1 KVA	10.000,00	10.000,00
1	Banco de batería de 12 - voltios	3.000,00	3.000,00
1	Mástil	1.000,00	<u>1.000,00</u>
	Total		\$ 39.000,00

e.- Localidad: Puerto Velasco Ibarra

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Equipo de radio analógico 1.1 para 12 canales incluido antena y material de instalación	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
1	Multiplex para 12 canales equipado	15.000,00	15.000,00
1	Generador Diesel 1 KVA	10.000,00	10.000,00
1	Banco de batería de 12 V.	3.000,00	3.000,00
1	Mástil	1.000,00	<u>1.000,00</u>
	Total		\$ 39.000,00

f.- Localidad: Puerto Villamil

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (US \$)	Precio Total
1	Equipo de radio ana - lógico 1.1 para 12 canales incluido ante na y material de ins- talación	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
1	Multiplex para 12 canales equipados	15.000,00	15.000,00
1	Generador Diesel 1 KVA	10.000,00	10.000,00
1	Banco de batería de 12 - voltios	3.000,00	3.000,00
1	Mástil	1.000,00	1.000,00
	Total		\$ 39.000,00

4.1.3 Flujo de Fondos

Con los costos indicados en 4.1.1 y 4.1.2 se hará el flujo de fondo, el mismo que se indica a continuación:

Descripción

- 1.- Estudio de prefactibilidad
- 2.- Elaboración de bases
- 3.- Financiamiento
- 4.- Concurso
- 5.- Estudio de Ofertas
- 6.- Adjudicación
- 7.- Contratación
- 8.- Fabricación de equipos
- 9.- Obras Civiles
- 10.- Adecuación de locales
- 11.- Instalación de Abonados
- 12.- Red externa
- 13.- Recepción de obras civiles
- 14.- Instalación de Torres
- 15.- Instalación de equipos
- 16.- Pruebas de aceptación
- 17.- Ventas de servicios
- 18.- Instalación de abonados
- 19.- Apertura de carta de crédito y permiso (compra de equipo)
- 20.- Seguros, costos de internación y transporte interno.

Con la fórmula 4.1 se obtiene el monto nominal en su - cres o en dólares, para cada obra. Se requiere el inte - rés de 0.20 y 0.12 para cada una de las obras a reali - zar. (ver figura 4.1)

$$M_n = C (1 + it) \qquad 4.1$$

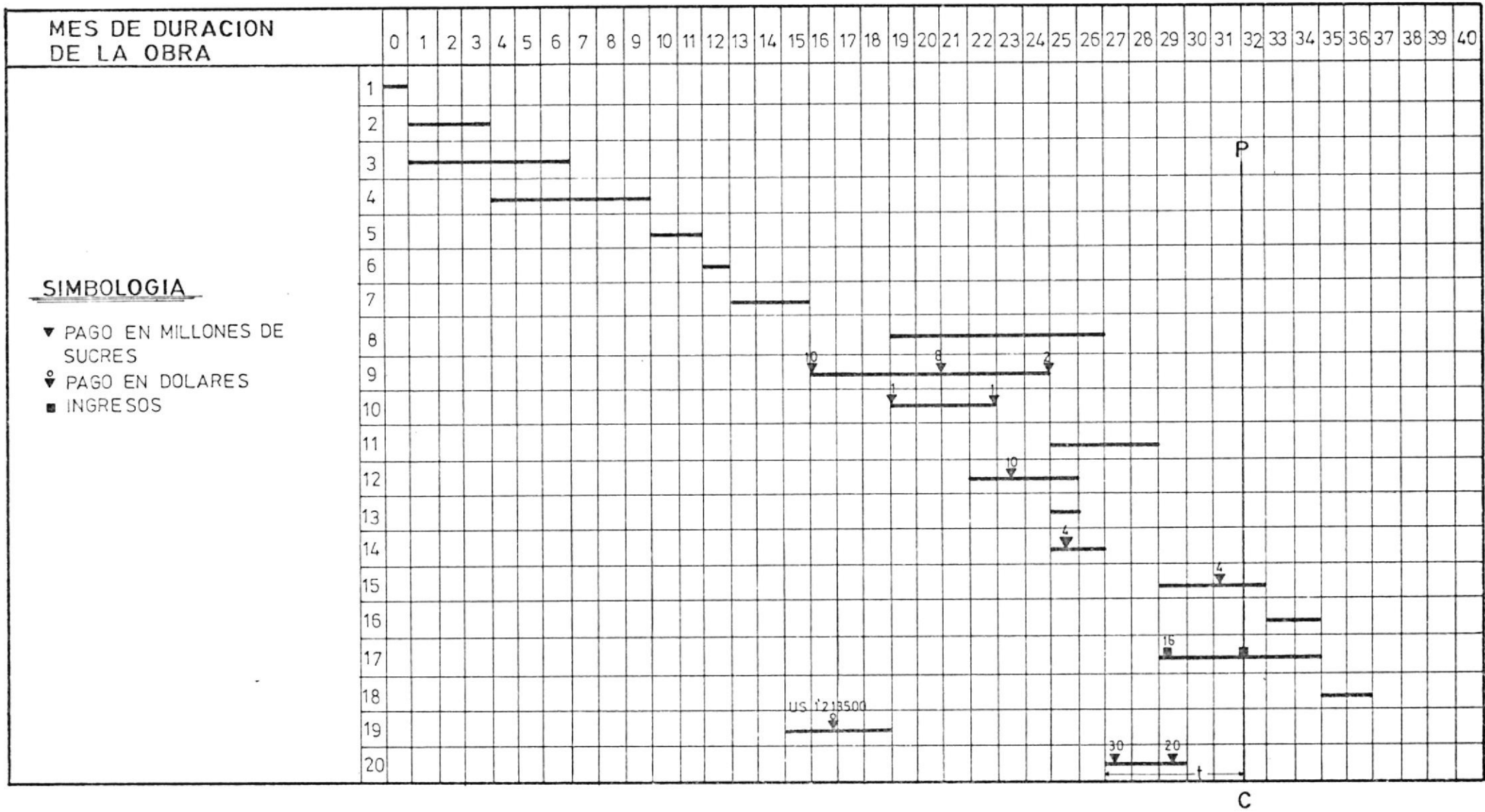


Figura 41 Diagrama del flujo de fondo

Donde:

M_n = Monto nominal

C = Capital

i = interes : 0.2 para unidad local
0.12 para el dólar

t = tiempo que dure la obra desde su inicio hasta el momento de recepción del capital.

Cálculos:

Con la fórmula 4.2 se obtiene el monto total en su cres para las obras que se pagan en sucres.

$$M_s = \sum_{i=1}^n M_{n_i} \quad 4.2$$

$$\begin{aligned} M_s = & 10.000.000 (1 + 0.2 \times 16) + 8.000.000 (1 + 0.2 \times 11) + 2.000.000 (1 + 0.2 \times 7) + \\ & 1.000.000 (1 + 0 \times 9) + 10.000.000 (1 + 0.2 \times 8.5) + 4.000.000 (1 + 0.2 \times 6.5) + 4.000.000 \\ & (1 + 0.2 \times 0.5) + 30.000.000 (1 + 0.2 \times 4.5) + 20.000.000 (1 + 0.2 \times 2.5). \end{aligned}$$

$$M_s = (42 + 25.6 + 4.8 + 3.6 + 2.8 + 27 + 5.2 + 0.4 + 27 + 30) 1.000.000 = 168 : 4.000.000$$

$$M_{sucres} = 1.684'000.000$$

El monto de las obras que se deben pagar en dólares es:

$$M_{us} = 1.213.500 (1 + 0.2 \times 14) = \$ 4.611.300$$

$$M_{us\$} = \$ 4.611.300$$

4.2 INGRESOS PROVENIENTES DEL USO DE LA RED

4.2.1 Ventas de Inscripciones

Para las localidades de Puerto Baquerizo y Puerto-Ayora se considerará que los 250 y 300 abonados - solicitarán servicios telefónicos, siendo el ingreso por venta de inscripciones el siguiente:

Puerto Baquerizo hay 250 líneas. Luego $250 \times 10.000 = S/. 2.500.000.$

Puerto Ayora 300 líneas. Si el precio de una línea telefónica es de S/. 10.000,00 entonces $300 \times 10.000 = S/. 3.000.000$

El ingreso total por venta de línea telefónica será de S/. 5.500.000,00

El ingreso por Instalación será de S/. 2.000,00 - por cada abonado, si el total de abonados es de 550, entonces el ingreso por instalación será de $550 \times 2.000 = S/. 1.100.000$

El ingreso total por acometida será de S/. 500.000

Los ingresos por ventas de inscripciones serán de S/. 7.100.000,00 repartidos de la siguiente manera:

Venta de Línea Telefónica	5.500.000
Material de Instalación	1.100.000
Pago de acometida	500.000
	<hr/>
Total	\$ 7.100.000

4.2.2 Ingresos por Servicios

Utilizando la fórmula 4.3 se obtiene el número de llamadas por año para el servicio local. Cada impulso (3 minutos) vale 60 centavos de sucres, multiplicado por el tráfico local, se obtiene el ingreso por llamada en forma anual para los 15 años a que está proyectada la red telefónica, lo cuál se indica en la tabla 4.1 para Puerto Baquerizo en la 4.2 para Puerto Ayora. En la tabla 4.3 se indica el Tráfico hacia el Continente. La fórmula del tráfico es la siguiente:

Tráfico total en minutos:

número de llamada x minutos/año
 número de llamada x 365 x 24 x 60
 número de llamada x 175.200

Llamada/año = $\frac{\text{tráfico total en minutos}}{\text{DURACION DEL IMPULSO}} =$

$\frac{\text{Tráfico total en minutos}}{\text{TRES MINUTOS}} = 4.3$

4.3 GASTOS DE OPERACION

4.3.1 Necesidad del Personal (CP)

A continuación se detalla la necesidad del personal en cada Isla como también el sueldo a ganar.

Puerto Ayora

Cantidad	Cargo a desempeñar	Sueldo Personal	Sueldo Total
1	Jefe de Oficina	13.500,00	13.500,00

AÑO	TRAFICO		INGRESO ANUAL POR SERVICIO LOCAL
	LLAMADAS/AÑO	MILLONES EN MINUTOS	
1	876,000	2,63	525.600
2	1,050,600	3,15	630.360
3	1,225,700	3,68	735.420
4	1,400,800	4,2	840.480
5	1,575,900	4,73	945.540
6	175,100	5,25	1,050.600
7	1,926,100	5,78	1,155.660
8	2,101,200	6,30	1,260.720
9	2,276,300	6,83	1,365.780
10	2,451,400	7,35	1,470.840
11	2,626,500	7,88	1,575.900
12	2,801,800	8,40	1,680.960
13	2,976,700	8,93	1,786.020
14	3,151,800	9,45	1,891.080
15	3,326,900	9,98	1,996.140

TABLA 4.1: TRAFICO TELEFONICO DE PUERTO BAQUERIZO Y EL INGRESO ANUAL

AÑO	TRAFICO		INGRESO ANUAL POR SERVICIO LOCAL (SUCRES)
	LLAMADA/AÑO	MILLONES EN MINUTO	
1	1.225.700	3.68	735.420
2	1.400.800	4.20	840.480
3	1.575.900	4.73	945.540
4	1.751.000	5.25	1.050.600
5	1.926.100	5.78	1.155.660
6	2.101.200	6.30	1.260.720
7	2.276.300	6.83	1.365.780
8	2.451.400	7.35	1.470.840
9	2.626.500	7.88	1.575.900
10	2.801.600	8.40	1.680.960
11	2.976.700	8.93	1.786.020
12	3.151.800	9.45	1.891.080
13	3.326.900	9.98	1.996.140
14	3.502.000	10.51	2.101.200
15	3.677.100	11.31	2.206.260

TABLA 4.2: TRAFICO TELEFONICO DE PUERTO AYORA Y SU INGRESO ANUAL

AÑO	TRAFICO EN MINUTOS	INGRESO ANUAL POR SERVICIO HACIA EL CONTINENTE EN MILLONES DE SUCRES
1	2.1	63.00
2	2.45	73.58
3	2.80	84.16
4	3.15	94.61
5	3.50	105.12
6	3.85	115.63
7	4.20	126.14
8	4.55	136.66
9	4.91 ,	147.17
10	5.26	157.68
11	5.61	168.19
12	5.96	178.76
13	6.31	189.22
14	6.66	199.73
15	7.01	210.24

TABLA 4,3: INGRESO ANUAL DEL SERVICIO TELEFONICO DE LAS ISLAS GALAPAGOS HACIA EL CONTINENTE. CADA MINUTO CUESTA S/. 30,00 ADEMAS SE ASUME QUE INICIALMENTE OPERARAN 6 CIRCUITOS. TAMBIEN SE ASUME QUE EL TRAFICO ES DE 16 HORAS AL DIA

Cantidad	Cargo a desempeñar	Sueldo Personal	Sueldo Total
6	Operadores	12.700,00	76.200,00
1	Técnico	15.900,00	15.900,00
4	Instaladores de Teléfonos	10.000,00	40.000,00
1	Conserje	8.500,00	<u>8.500,00</u>
	Total		S/. 154.100,00

En Puerto Baquerizo

Cantidad	Cargo a desempeñar	Sueldo Personal	Sueldo Total
1	Jefe de Oficina	13.500,00	13.500,00
6	Operadores	12.700,00	76.200,00
1	Técnico	15.900,00	15.900,00
4	Instaladores de Teléfonos	10.000,00	40.000,00
1	Conserje	8.500,00	<u>8.500,00</u>
	Total		S/. 154.100,00

A ésta lista de personal se le debe agregar un delegado Provincial el cuál debe percibir anualmente cada empleado, asciende S/. 15.000.000,00 anuales, es decir que el Cp= 15.000.000,00.

4.3.2 Gastos en operación y mantenimiento (Co)

Los gastos en operación y mantenimiento de los - equipos se detallan a continuación:

Vehículos	600.000,00
Materiales de Oficina	50.000,00
Repuestos	600.000,00
Combustible	3.000.000,00
Otros	1.000.000,00

Viáticos	1.000.000,00
Pasaje	500.000,00
	<hr/>
	7.250.000,00

Los Gastos operacionales totales serán de 22.250.000 sucres que resultan de sumar los 15.000.000,00 sucres (gastos en personal) más los S/. 7.250.000,00 - (gasto en operación y mantenimiento) es decir que:

$$C_p + C_o = S/. \quad 22.250.000,00$$

4.4 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO

Para el cálculo de la tasa interna de retorno (T.I.R.) hacemos uso de las siguientes fórmulas:

$$A(s) = [M(S) - IV.I (S)] \cdot a \quad 4.4$$

$$A(us) = M(S) \cdot a \quad 4.5$$

$$a = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^{n-1} - 1} \quad 4.6$$

Donde:

A(S) = costo en sucres

A(US) = costo en dólares

M(S) = monto en sucres

IV.I (S) = Ingresos por la venta de la línea

a = anualidad

i = interés i=20% (S)

i=12% (US)

n= tiempo de vida de los equipos, para nuestro caso será

de 15 años.

Luego la anualidad total (At) está dada por la fórmula:

$$A_T = A_{(S)} + A_{(US)} \times 96.5 + C_p + C_o \quad 4.7$$

Donde:

A_T = Anualidad Total

C_p = Gastos en personal

C_o = Gastos en operación y mantenimiento

Finalmente tenemos el cálculo de la tasa interna de retorno con la fórmula:

$$T.I.R = \frac{I \text{ llamada}}{A_T} - 1 \quad \times 100 \quad 4.8$$

Donde:

T.I.R = Tasa interna de retorno

I LLAMADA = Ingresos/llamada de forma anual

Cálculos

Haciendo uso de las fórmulas 4.4; 4.5; 4.7 y 4.8 se calculará la T.I.R. para sus 15 años de que está proyectada la red telefónica y se la tabula en la tabla 4.4.

Los cálculos son los siguientes:

$$a = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^{n-1} - 1}$$

$$a_{(S)} = \frac{0.2 (1+0.2)^{15}}{(1+0.2)^{14} - 1}$$

Luego $A_{(S)}$

$$A_{(S)} = M_{(S)} - I_{V.L.} (S) \cdot a$$

$$A_{(S)} = 168400000 - 7100000 \times 0.26 = S/. 4.36 \times 10^8$$

$$A_S = 4.36 \times 10^8$$

$$a_{(US)} = \frac{0.12 (1+0.12)^{15}}{(1+0.12)^{14} - 1} = 0.17$$

$$A_{(US)} = M_{(US)} \cdot a_{(US)}$$

$$A_{(US)} = 4.611.300 \times 0.17 = US/. 783.921$$

$$A_{(US)} = US\$ 783.921$$

$$A_T = A_{(S)} + A_{(US)} \times 96.5 + C_p + C_{op}$$

$$A_T = 4.36 \times 10^8 + 783.921 \times 96.5 + 0.15 \times 10^8 + 0.07 \times 10^8$$

$$A_T = (4.36 + 0.76 + 0.15 + 0.07) \times 10^8 = S/. 5.34 \times 10^8$$

$$A_T (S) = S/. 5.34 \times 10^8$$

Para el año "1" la tasa interna de etorno (T.I.R.) serán:

$$TIR = \frac{0.642 \times 10^8}{5.34 \times 10^8} - 1$$

4.5 FACTOR OPERACIONAL (F op).

AÑO	INGRESO TOTAL POR SERVICIO ANUAL (MILLONES DE SUCRES)	T.I.R
1	64.26	- 87.68
2	75.05	- 85.60
3	85.84	- 83.68
4	96.50	- 81.57
5	107.29	- 79.46
6	118.39	- 77.35
7	128.66	- 75.43
8	139.39	- 73.32
9	150.11	- 71.21
10	160.83	- 69.29
11	171.54	- 67.18
12	182.33	- 65.07
13	192.99	- 62.95
14	203.73	- 61.04
15	213.64	- 59.12

TABLA 4.4: TASA DE INTERES DE RETORNO (TIR)

Para el cálculo del factor operacional se aplica la siguiente fórmula:

$$F_{op} = \frac{I \text{ llamadas}}{C_p + C_o} - 1 \quad \times 100 \quad 4.9$$

En la tabla 4.5 se indica los resultados del cálculo del factor operacional para los 15 años a que está proyectada la red telefónica.

$C_p + C_o = 22.250.000$ sucres anuales

Año	I llamada en millones de sucres	F _{op} (%)
1	64.26	188.81
2	75.05	237.30
3	118.39	432.09
4	96.50	333.71
5	107.29	382.20
6	118.39	432.09
7	128.66	478.25
8	139.39	526.47
9	150.10	574.61
10	160.83	622.83
11	171.54	670.97
12	182.33	719.46
13	192.99	767.37
14	203.73	805.47
15	213.64	860.18

Tabla 4.5, Cálculo del factor operacional (Fop).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del estudio y diseño de la Red Telefónica para la Provincia de Galápagos para la comunicación entre Islas concluimos.

Dada la importancia geográfica y turística que tienen las Islas es necesario que se las dote de una infraestructura telefónica a los Isleños con una comunicación de Discado Directo y con una calidad semejante a la existente en las Ciudades principales del Continente.

El estudio se lo ha realizado con una proyección hacia el año 2.000 tomando en cuenta las condiciones socio-económicas existentes en las Islas y los lineamientos básicos y recomendaciones para el ordenamiento manejo económico controlado de la Provincia de Galápagos.

En el capítulo II se hace un estudio de la Demanda Telefónica y las alternativas de transmisión Inter-Islas, a través de enlaces de radio en VHF y UHF. Los enlaces radiales se establecen entre puntos elevados, tomando en cuenta las condiciones de propagación existentes, lográndose así enlaces libres de obstrucciones.

Dada la posición geográfica de la Isla Santa Cruz se la ha tomado como punto central de los radios enlaces para una distribución, tipo estrella y además desde el cerro Leo Mar (Puerto Ayora) existen perfecta línea de vista hacia las otras Islas.

El dimensionamiento de la red telefónica se hace en base a las características mencionadas.

En el diseño de la Red de Conmutación (figura 3.1), se justifica la instalación de Centrales locales Analógicas de tecnología

logía moderna para las localidades de Puerto Ayora y Puerto-Baquerizo por ser poblaciones de concentración urbana y por sus demandas telefónicas existentes. La capacidad inicial de las Centrales son de 300 abonados ampliables a 600. En las demás localidades: El Progreso, Bellavista, Tomás de Berlanga, Cerro Verde; no se justifica la instalación de Central, por la demanda telefónica calculada y además son pequeñas poblaciones dispersas en un gran área más bien se ha creído conveniente instalar cabinas telefónicas para servirles, de acuerdo a la política de telefonía Rural que tiene el IETEL, dichas cabinas estarán unidas al Centro de comunicación mediante línea física o por radio de acuerdo a las condiciones técnicas operativas existentes.

Las redes externas de Puerto Ayora y Puerto Baquerizo deben ser aéreas dadas las condiciones rocosas del terreno. El diseño de la red se la ha hecho en base a las normas y recomendaciones establecidas por el IETEL.

El diseño de los radios enlaces indicados en la figura 3.11- se lo ha hecho en base a las normas y recomendaciones dadas por el CCIR, en caso de no existir, se ha considerado características dadas por la firma FIJUTSU.

Los enlaces entre Islas comprenden: Un enlace principal y un enlace secundario. El enlace principal está diseñado en ultra frecuencia (UHF) entre Puerto Ayora y Puerto Baquerizo con repetidora en Cerro Leo Mar con capacidad para 60 canales.

El enlace secundario está diseñado en alta frecuencia (VHF)- y comprende tres subenlaces entre Puerto Ayora y las Islas - Baltra, Isabela y Santa María a través de derivaciones en Leo Mar, con capacidad para 24 canales en cada subenlace.

En todos los enlaces no existe ocultamiento de antena por efecto de la curvatura de la tierra; las torres necesarias -

son de 20 ó 25 metros para cada enlace.

Para evitar reflexiones en el agua en el enlace Puerto Baquerizo - Leo Mar, se debe colocar las antenas lo más alejado posible del Puerto.

Del estudio del costo indicado en el capítulo IV se deduce - que el sistema es operable más no rentable ya que los costos de equipo no van a ser recuperados, pero se debe integrar Galápagos al Continente a través de la telefonía para el fortalecimiento de la soberanía Nacional, y el progreso de dicha Provincia.

Este trabajo tiene validez práctica ya que representará un aporte concreto para los planes de desarrollo del IETEL y del país.

RECOMENDACIONES

Como tema de otra tesis se recomienda hacer un estudio de las comunicaciones Islas Continente, para que así las Galápagos tenga un sistema de comunicación tanto a nivel local como hacia el continente y el mundo.

Como el sistema previsto no es en absoluto entable ya que los costos de los equipos no van a ser recuperados a través de los ingresos que por la prestación de los servicios, obtendrá el IETEL. Este hecho deberá ser compensado con proyectos que produzcan una rentabilidad razonable en el caso de no poder incrementar la tarifa telefónica con el fin de no perjudicar el desarrollo de las telecomunicaciones del País.

Se recomienda la construcción de camino de acceso hacia el Cerro Leo Mar para facilitar las instalaciones y mantenimiento de los equipos de transmisión en dicho lugar y se minimi-

ce la alteración del medio ambiente.

Que el sistema que se adquiriera sea en lo posible desatendido dado que no existe el personal técnico adecuado en las Islas, la distancia que hay hacia el Continente y las Islas así lo requieren.

Se recomienda al IETEL seguir adelante con el proyecto de comunicaciones en las Islas Galápagos.

APENDICE "A"

AZIMUT GEOGRAFICO

El Azimut Geográfico se utiliza para el alineamiento de las antenas.

Para calcular el Azimut Geográfico se hace uso de las coordenadas Geográficas de las estaciones del trayecto, que se incluyen en éste índice para el cálculo de la posición geodésica.

Por ejemplo, se hará el Azimut Geográfico para el trayecto: - Leo Mar - Puerto Baquerizo.

Trayecto Cerro Leo Mar - Puerto Baquerizo.

Las coordenadas geográficas de cada sitio son las siguientes

Lugar	Longitud	Latitud
Cerro Leo Mar	90 24' 50"	00 36' 23"
Puerto Baquerizo	<u>89 35' 36"</u>	<u>00 53' 26"</u>
Diferencia	$\Delta\lambda = 00 49' 14"$	$\Delta\phi = 00 17' 3"$

Las diferencias de longitud y latitud ($\Delta\phi$ y $\Delta\lambda$) se las expresan en segundos.

$$\Delta\lambda = 00 49' 14" = 2954''$$

$$\Delta\phi = 00 17' 3" = 1023''$$

Luego se calcula una latitud promedio ϕ_m dado por la siguiente fórmula:

$$\phi_m = \phi_{\text{menor}} + \frac{\Delta\phi \text{ seg}}{2}$$

$$\phi_m = 00^\circ 36' 23'' + \frac{1023}{2} = 0.7485^\circ$$

Con los valores calculados y utilizando la tabla A, se procede a calcular el AZIMUT, con las siguientes ecuaciones:

AZIMUT.

$$\begin{aligned} \text{Log } B_m/A_m &= 0.002949 \text{ (ver tabla A)} \\ \text{Log } \cos \emptyset_m &= -0.000037 \\ \text{Log } \Delta \lambda &= 3.4704105 \\ \text{Log } \Delta \emptyset &= 3.0098756 \\ \text{Log } \text{ctg } w &= \text{log } b_m/a_m + \text{log } \cos \emptyset_m + \text{log } \Delta \lambda - \text{log } \Delta \emptyset \\ \text{Log } \text{ctg } w &= 0.4634468 \\ w &= \text{art log}(\text{ctg. } 0.4634468) = 18^\circ 58' 58'' \end{aligned}$$

Donde:

w = es un valor constante =

El valor de la constante C viene dado por:

$$C = \frac{\Delta \lambda}{2} (\text{sen } \emptyset_m)$$

$$C = \frac{2954''}{2} \times (\text{sen } 0.7485^\circ) = 19''$$

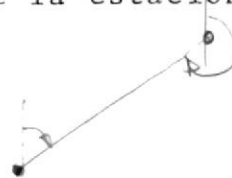
Para la obtención de los ángulos que determinan la posición exacta de las antenas se consideran dos casos; tomando en cuenta que nos encontramos en el hemisferio Sur.

Caso 1:

Cuándo la estación este, está al norte de la estación oeste, entonces el AZIMUT será:

$$\text{Azimut oeste} = 90^\circ - W + C$$

$$\text{Azimut este} = 270^\circ - W - C$$



Caso 2:

Cuándo la estación este está al sur de la estación oeste, el AZIMUT sera:

$$\text{AZIMUT oeste: } 90^\circ + W + C$$



$$\text{AZIMUT este} = 270^\circ + W - C$$

Para este ejemplo el AZIMUT corresponde al segundo caso.

$$\text{AZIMUT oeste} = 90^\circ + (18^\circ 58' 58'') + 19$$

El AZIMUT Geográfico se indica en la Figura A 1

$$\begin{aligned} \text{Azimut este} &= 270^\circ + (18^\circ 58' 58'') - 19 \\ &= 288^\circ 58' 39'' \end{aligned}$$

$$\text{Azimut oeste} \rightarrow 108^\circ 59' 17''$$

$$\text{Azimut este} \rightarrow 288^\circ 58' 39''$$

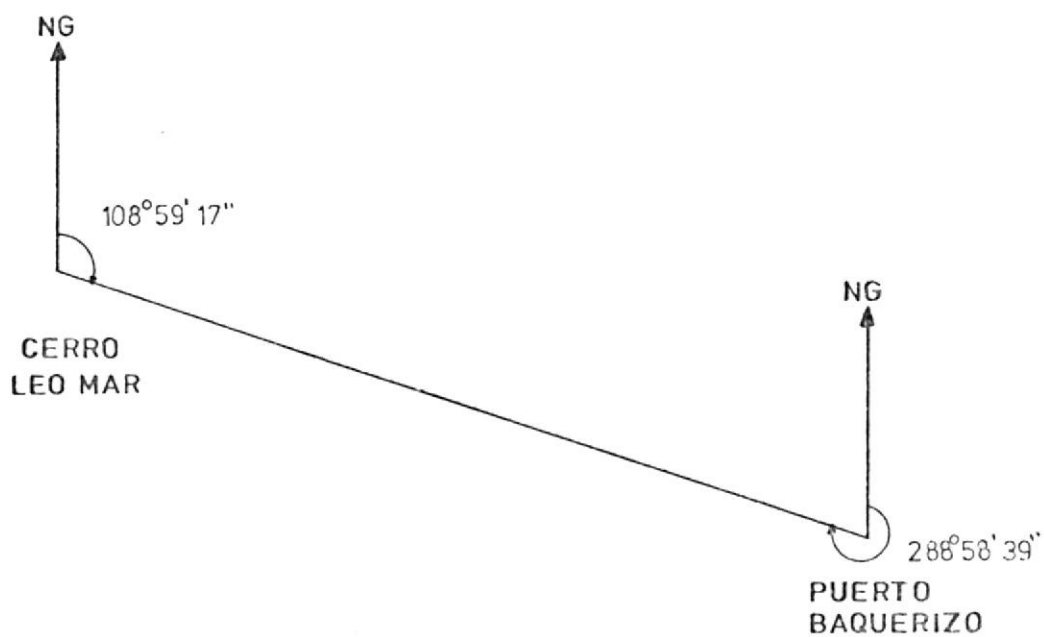


Figura. A.1.

**AZIMUT: OESTE Y ESTE DEL TRAYECTO CERRO LEO MAR
PUERTO BAQUERIZO**

T A B L A " A "

LATITUD	LOG A _m	LOG B _m /A _m	LATITUD	LOG A _m	LOG B _m /A _m
00	$\bar{2}.509727$.002949	37	$\bar{2}.509194$.002884
01	726	.002949	38	169	.001834
02	725	.002946	39	144	.001784
03	723	.002941	40	118	.001733
04	719	.002935	41	093	.001683
05	715	.002927	42	066	.001631
06	711	.002917	43	042	.001580
07	705	.002906	44	$\bar{2}.509016$.001529
08	698	.002893	45	$\bar{2}.508990$.001477
09	691	.002878	46	965	.001426
10	682	.002861	47	939	.001374
11	673	.002843	48	913	.001323
12	663	.002823	49	888	.001272
13	652	.002801	50	862	.001221
14	641	.002778	51	837	.001170
15	628	.002753	52	812	.001120
16	615	.002726	53	787	.001071
17	601	.002698	54	762	.001021
18	586	.002669	55	738	.000973
19	571	.002638	56	714	.000925
20	555	.002606	57	690	.000877
21	538	.002572	58	667	.000830
22	520	.002537	59	644	.000784
23	502	.002501	60	621	.000739
24	483	.002463	61	599	.000695
25	646	.002424	62	578	.000652
26	444	.002384	63	557	.000610
27	423	.002343	64	536	.000568
28	402	.002301	65	516	.000528
29	381	.002258	66	496	.000489
30	359	.002214	67	478	.000452
31	336	.002169	68	459	.000415

LATITUD	LOG A _m	LOG B _m /A _m	LATITUD	LOG A _M	LOG B _m /A
32	2.509313	.002949	67	2.509194	.002884
33	290	.002077	70	425	.000346
34	267	.002029	71	409	.000313
35	243	.001981	72	393	.000282
36	218	.001933			

APENDICE "B"

INDICE DE REFRACCION DE LA ATMOSFERA

La propagación de las ondas de radio depende del índice de refracción, el cuál es función de la presión atmosférica, temperatura, presión parcial del vapor de agua.

El índice de refracción de la atmósfera terrestre, está dado por la siguiente expresión general.

$$(n - 1) \cdot 10^6 = \frac{77.6}{T} p + \frac{4810 e}{T} = N$$

Donde:

- n = Índice de refracción de la atmósfera
- P = Presión atmosférica en milibar
- e = Presión de vapor en milibar
- T = temperatura absoluta en grados Kelvin
- N = Índice de refracción modificado

En general los valores de N son ligeramente superior a la unidad por esta razón se ha aceptado la expresión del valor de refracción "N" definido por:

$$N = (n-1) \cdot 10^6 \quad (B.1)$$

El valor de refracción N puede encontrarse entre 300 y 400 unidades al nivel del mar, dependiendo de la posición geográfica.

En la propagación troposférica el parámetro más importante no es solamente el índice de refracción N, sino su variación con la altura es decir, la gradiente de N con respecto a la altura H o sea dn/dh . Como el índice de refracción varia en forma considerable según la estación del año y/o según la formación geográfica, el CCIR ha sugerido (recomendación H 369) el concepto de una atmosfera standard, definida por expresión.

$$N(H) = 1 + 289 \cdot 10^{-6} e^{-0.136 h} \quad h \text{ (Km)}$$

$$N(H)_{h=0} = 1 + 289 \cdot 10^{-6} = 1.00289$$

Utilizando la expresión B1 tenemos:

$$N = (N - 1) \cdot 10^6 = 298 \text{ unidades}$$

O sea

$$N = 289 \cdot e^{-0.136 h}$$

Entonces dN/dh será:

$$\frac{dN}{dh} = -0.136 \times 289 = -39 \quad N - \text{unids. (Km)}$$

ó

$$\frac{dN}{dh} = \frac{dN}{dh} \cdot 10^{-6} = -39 \cdot 10^{-6} \quad 1/\text{Km}$$

Con la cuál se indica que para una atmósfera standard - por ejemplo: el gradiente del índice de refracción sobre la tierra será $dn/dh = -39$ unidades.

APENDICE "C"

DEDUCCION DE LA ECUACION PARA EL CALCULO DE LA ELEVACION DE LA CURVATURA DE LA TIERRA

En el cálculo de propagación en un radio-enlace es conveniente determinar el cambio de la curvatura de la tierra a lo largo del trayecto. El radio verdadero de la tierra es afectado por el factor K . (factor de curvatura de la tierra).

Deduciremos la fórmula para calcular la elevación de la tierra en la mitad del trayecto A-B como se indica en la figura C 1.

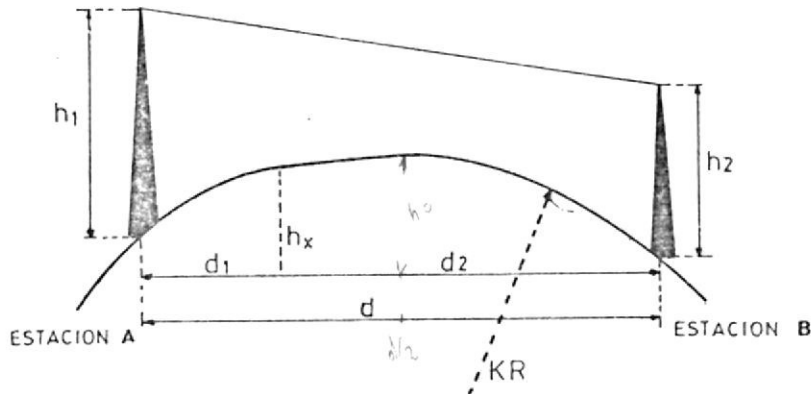


Figura C1

Donde:

ho = Elevación de la tierra en la mitad del trayecto A-B

hx = Elevación de un punto cualquiera del trayecto A-B

d1 = Distancia a hx desde A

d = Distancia del trayecto A-B

d2 = Distancia a hx desde B

Ro = Radio de la tierra (Ro = 6.37×10^6 ms)

De la figura C1 se encuentra ho

$$R_o^2 = a^2 + (d/2)^2 \quad (C1)$$

$$a = R_o - h_o$$

Reemplazando "a" en la ecuación (C1) tenemos:

$$\begin{aligned} R_o^2 &= (R_o - h_o)^2 + (d/2)^2 \\ &= R_o^2 - 2 R_o h_o + h_o^2 + (d/2)^2 \end{aligned}$$

$$\text{Haciendo } h_o^2 \rightarrow 0$$

$$2 R_o h_o = (d/2)^2$$

$$h_o = \frac{(d/2)^2}{2R_o}$$

$$h_o = \frac{d^2}{8R_o}$$

Como el radio de la tierra debe ser corregido por el factor K, es decir:

$$R_c \text{ (radio corregido)} = K \times R_o$$

Finalmente nos queda que ho será:

$$h_o = \frac{(d/2)^2}{2 K R_o} \quad (C2)$$

Donde ho es la elevación en la mitad del trayecto

Haciendo un análisis similar la elevación de la tierra en un punto cualquiera del trayecto A-B será:

$$h_x = \frac{d1 \times d2}{2K R_o} \quad (C3)$$

Reemplazando el valor de K, obtenemos la altura de la curvatura de la tierra, para $K = 4/3$ y $K = 2/3$:

Para $K = 4/3$

$$hx = \frac{d1d2}{17} \quad (C4)$$

Para $K = 2/3$

$$hx = \frac{d1d2}{8.5} \quad (C5)$$

APENDICE "D"

FORMACION DE LAS ZONAS DE FRESNEL Y OBTENCION DE LA ECUACION DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL

En el caso de propagación por línea de vista, puede existir una obstrucción como se indica en la figura D 1. Entonces es necesario considerar el concepto de zona Fresnel para poder estimar la eficacia de la línea de propagación.

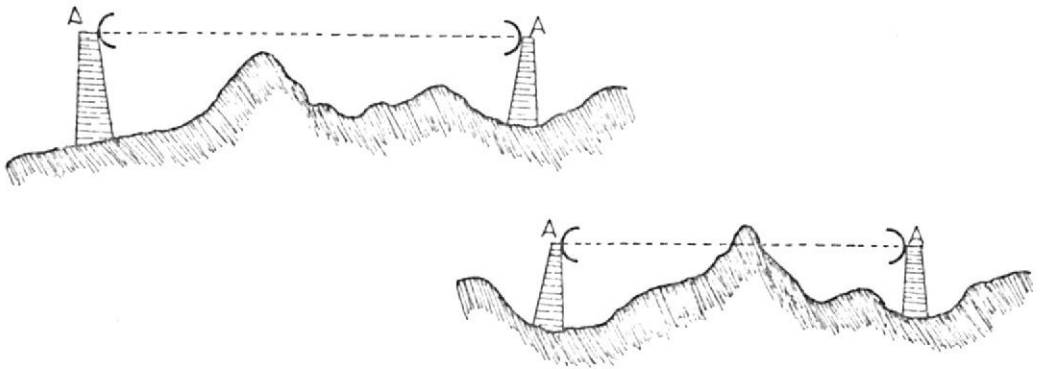


Figura. D1

Aunque el ángulo original de irradiación desde la antena es relativamente pequeño en este sistema, puede que, a una larga distancia el frente de onda tendrá cierta expansión, como se indica en la figura D 2. La antena receptora capta la energía contenida en la llamada línea de vista y la contenida en el frente de onda.

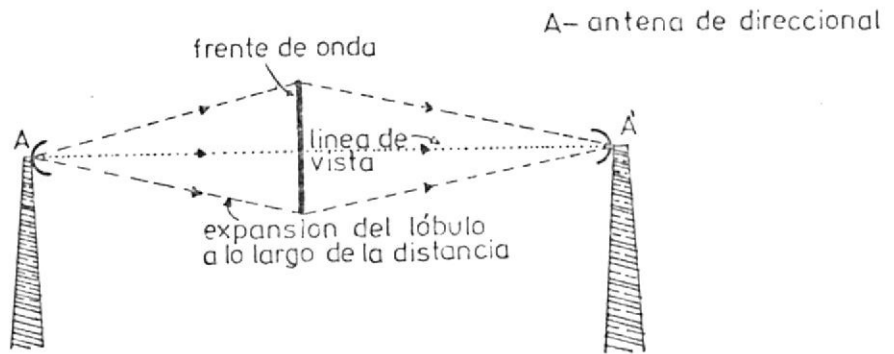


Figura D2

Difracción de Fresnel

Consideramos un frente de onda AA' como se indica en la figura D 3.

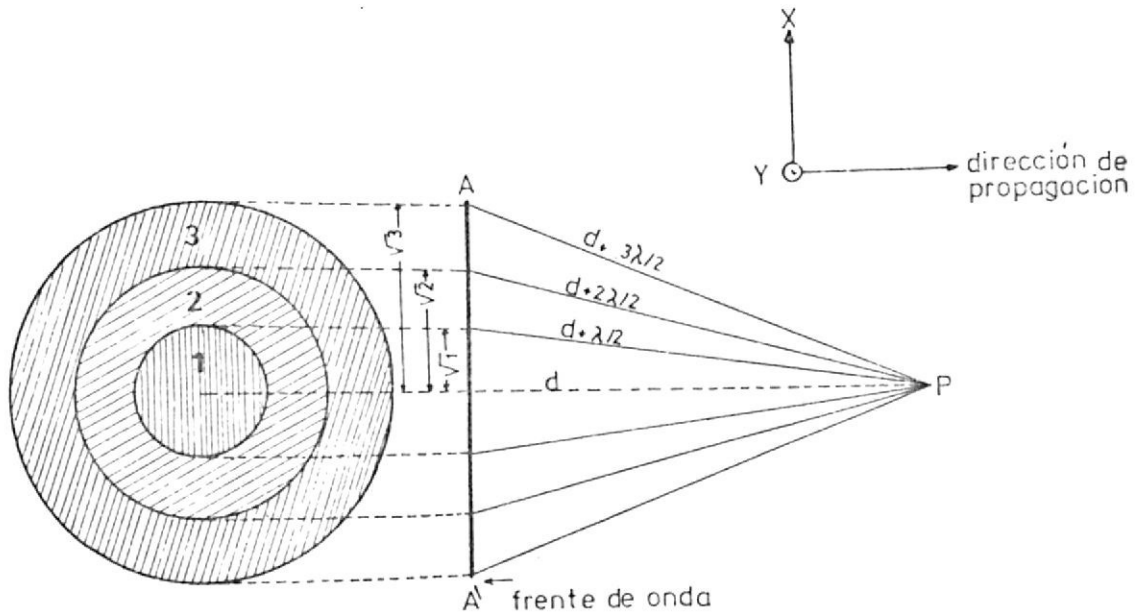


Figura D3

En base al principio de Huygens, se puede considerar la existencia de una irradiación secundaria desde cada punto de este frente de onda y las irradiaciones desde todos los puntos al campo en el punto P (recepción)

Se divide al frente de onda en pequeñas zonas, manteniendo la distancia perpendicular (d) entre el frente y el punto P. Las demás distancias siguientes serán $(d + m \lambda/2)$ donde $m = 1, 2, \dots$, la señal en el Punto P., será la suma de las señales desde las diferentes zonas con su respectivo atraso consecutivo de fase de 180° (ver figura D3).

En general la primera zona es la que contribuye con la mayor parte de la energía en el punto P., mientras que las contribuciones de las zonas siguientes tienden a cancelarse en su totalidad por la diferencia de fase mencionada.

Esta primera zona es la llamada primera zona de Fresnel, de existir obstrucción en dicha zona podría dar un resultado erróneo en los estudios de propagación.

Cálculo del radio de la primera zona de Fresnel.

Utilizando los datos de la figura D3, se tiene para la primera zona:

$$d^2 + r_{f_1}^2 = (d + \lambda/2)^2$$

$$r_{f_1} = \sqrt{(d + \lambda/2)^2 - d^2}$$

Donde:

r_{f_1} = radio de la primera zona de Fresnel

En general el radio para la zona m será:

$$r_{f_m} = \sqrt{\left(d + \frac{m}{2}\right)^2 - d^2} \quad (D2)$$

Cuándo d es muy grande y la señal está en el rango VHF o mayor

$$r_{f_m} = \sqrt{m d \lambda} \quad (D3)$$

Para $m=1$, obtenemos la primera zona de Fresnel.

En la figura D4 se indica la primera zona de Fresnel como un elipsoide de revolución.

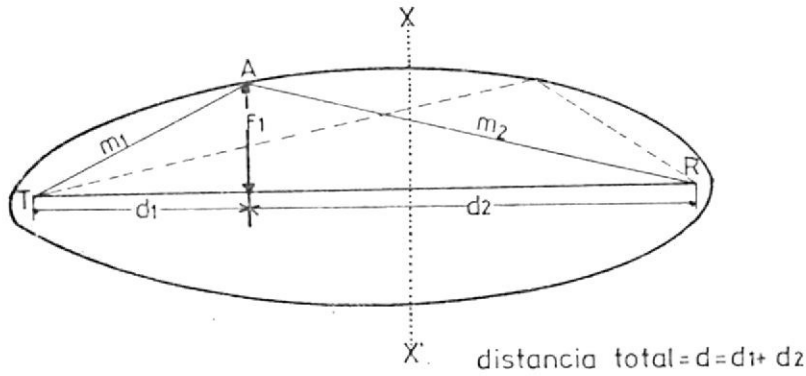


Figura. D4

Donde:

T = antena de transmisión

R = antena receptor

$d = d_1 + d_2 =$ distancia total

De la Figura D4 obtenemos :

$$TR + \frac{\lambda}{2} = TA + AR + TB + BR \quad (D4)$$

$$TA + AR - TR = \frac{\lambda}{2} \quad (D5)$$

Hay una diferencia de camino de $\frac{\lambda}{2}$ entre la recta TR y la línea a través del borde extremo de la primera zona; siendo el corte XX', el círculo indicado en D3.

Reemplazando en la ecuación D5 m_1, m_2, d_1 y d_2 por TA; AR, - TB y BR respectivamente, tenemos:

$$(m_1 + m_2) - (d_1 + d_2) = \frac{\lambda}{2}$$

pero $m_1 = \sqrt{d_1^2 + r_{f1}^2}$

$$m_1 = d_1 \sqrt{1 + \left(\frac{r_{f1}}{d_1}\right)^2}$$

Utilizando la expresión binomial y considerando los dos primeros términos ($d_1 \gg r_{f1}$), tenemos.

$$m_1 = d_1 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{r_{f1}}{d_1}\right)^2 \right]$$

Entonces:

$$\frac{r_{f1}^2}{2} \times \frac{1}{d_1} + \frac{r_{f1}^2}{2} \times \frac{1}{d_2} = \frac{\lambda}{2}$$

Despejando:

$$\frac{r_{f1}^2}{2} \left[\left(\frac{1}{2d_1}\right) + \left(\frac{1}{2d_2}\right) \right] = \frac{\lambda}{2}$$

Luego:

$$r_{f1}^2 = \frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}$$

$$r_{f1} = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (D6)$$

De la expresión (D6) se observa que el radio de la primera zona de Fresnel depende:

- a) La frecuencia
- b) Distancia entre transmisión y receptor
- c) La distancia d_1 y/o d_2 del punto donde se está considerando la magnitud del radio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- I.E.T.E.L.
- 2.- I.N.G.A.L.A.
- 3.- I.N.O.C.A.R.
- 4.- POLITECNICA DE QUITO
- 5.- SIEMENS
- 6.- PLANNING AND ENGINEERING OF RADIO RELAY LINKS
BROAHAGE/HORMUTH (8ava. EDICION), LONDRES -
1.977.
- 7.- VOLUMEN IX CCIR, RECOMENDACIONES E INFORMACIONES
DE LA XIV ASAMBLEA PLENARIA, K YOTO, -
1.978.
- 8.- GAS (GRUPO ASESOR ESPECIALIZADO) VII, TOMO
CORRESPONDIENTE A LA SECCION TRANSMISION.
- 9.- ERICSSON REVISTA, TELEFONIA DIGITAL.
- 10.- ERICSSON REVISTA, MATERIALES PARA LOS POZOS Y
EMPALMES PARA LA RED AEREA, SUECIA 1.983.