

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"PLANIFICACION DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES RURAL
PARA LA PROVINCIA DE PICHINCHA"

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtencion del Título de:

INGENIERA EN ELECTRICIDAD

Especialización: ELECTRONICA

Presentada por:

MARJORIE JOHANNA VALDIVIESO INFANTE

Guayaquil-Ecuador

1989

AGRADECIMIENTO

A1 Ing. JAIME SANTORO

A1 Ing. PATRICIO GALARZA

A HARDTEC S.A

A1 Ing. ANIBAL REINOSO

A1 Ing. JOSE LUIS PLAZA


Ing. Carlos Villafuerte P.

PRESIDENTE


Ing. Jaime Santoro D.

DIRECTOR DE TESIS


Ing. Pedro Vargas G.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL


Ing. Pedro Carló P.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Declaración Expresa.

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

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



Marjorie Johanna Valdivieso Infante

RESUMEN

La Planificación de una red de telecomunicaciones implica el conocimiento y estudio de varios factores como son: tráfico telefónico, cálculo del número de abonados, cálculo del número de circuitos, elección de la ubicación de centrales, realización de perfiles topográficos, estudios de propagación y finalmente el diseño de un esquema de transmisión.

Es así que en el Capítulo I, se hace un estudio general sobre conceptos de tráfico telefónico, de las probabilidades de pérdidas de llamadas, de los diferentes tipos de tráficos reales que se van creando en una comunicación como son: tráfico ofrecido, tráfico cursado, tráfico perdido y tráfico de repetición; este último originado en el intento repetitivo de cada abonado por lograr comunicarse.

En el Capítulo II y III, se exponen los conceptos fundamentales para poder hacer una previsión racional y satisfactoria, tanto del número de abonados como de ubicaciones de central y de número de circuitos.

Finalmente, el capítulo IV es en sí la aplicación práctica de lo estudiado en capítulos anteriores sobre densidades telefónicas usando datos aplicados específicamente a las

condiciones socioeconómicas del Ecuador y sobre los cálculos de número de circuitos necesarios para cubrir esta demanda basado en datos estadísticos sobre tráfico telefónico para zonas rurales.

Se determina entonces a nivel de cabecera parroquial, las localidades que tendrán servicio telefónico mediante este estudio y realizando un análisis de los trayectos a comunicar se logra constituir el diseño de transmisión.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN -----	6
INDICE GENERAL -----	3
INDICE DE FIGURAS -----	11
INDICE DE TABLAS -----	15
INDICE DE MAPAS -----	17
INDICE DE PLANOS -----	18
INTRODUCCION -----	19
 CAPITULO I	
TRAFICO TELEFONICO -----	25
1.1 Introduccion -----	25
1.2 Conceptos Generales -----	25
1.3 Probabilidad de Pérdida -----	27
1.4 Tráfico Ofrecido, Cursado y Perdido -----	31
1.5 Demanda de Tráfico -----	33
1.6 Eficiencia de Tráfico -----	35
1.7 Otras Unidades de Tráfico -----	37
1.8 Congestion de Tiempo y Congestion de Llamada --	39
1.9 Modelos de Engset y Bernoulli -----	41
1.10 Sistemas de Accesibilidad Restringida -----	44
1.11 Sistemas de Espera -- -----	48
1.12 Tiempo de Duración Constante -----	51

CAPITULO II

DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE TELECO-

MUNICACIONES ----- 75

2.1 Nociones fundamentales en materia de
previsión ----- 83

2.2 Fundamentos en Materia de Previsión ----- 83

2.2.1 Distinción entre las previr-
siones del número de abonados y
las del tráfico en una zona
dada ----- 872.2.2 Distinción entre las previr-
siones a largo, a medio e
corto plazo ----- 942.3 Métodos de prevision del número de
abonados ----- 95

2.4 Métodos de extrapolación ----- 98

2.5 Procedimiento de la curva de ten-
dencia ----- 64

2.6 Método normativo ----- 68

2.7 Método causal ----- 73

CAPITULO III

ESTRUCTURA DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES ----- 81

3.1 Elección de la ubicación de una cen-
tral en una zona dada ----- 84

3.2	Estudio General del procedimiento de planificación en una zona de varias centrales -----	37
3.3	Número y ubicación de las centrales locales y límites de las zonas de centrales -----	38
3.4	Red de circuitos de enlace -----	40

CAPITULO IV

DIMENSIONAMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DEL PICHINCA -----	107
---	-----

4.1	Cálculo del número de abonados / del tráfico telefónico para las diferentes zonas rurales -----	107
4.2	Elección de las zonas que formarían parte de la red -----	151
4.3	Estructura de la red de telecomunica- ciones en base a las zonas elegidas -----	152
4.4	Modos de transmisión que enlazarían la red -----	198

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	204
BIBLIOGRAFIA -----	205

INTRODUCCION

Subrayar una vez más la importancia de las redes de telecomunicaciones en la economía moderna sería superfluo. La necesidad de intercambiar información, sentida siempre en todas las esferas de la vida humana, ha encontrado en las redes de las telecomunicaciones una solución tan satisfactoria, que es ya hasta inconcebible imaginar un mundo carente de este poderoso medio de multiplicar riquezas.

Las telecomunicaciones son un instrumento de gobierno, una ayuda indispensable a la economía y un medio de elevar el nivel de vida. No es de extrañar, pues, que tantos países se interesen por su desarrollo racional.

Para que sean racionales y satisfactorias, la explotación y la gestión de un servicio telefónico deben estar plenamente orientadas hacia el porvenir. Las decisiones fundamentales deben, pues, fundarse en previsiones establecidas a base de informaciones, de análisis y de evaluaciones. Para que las previsiones sean válidas, hay que disponer de informaciones precisas y completas y determinar las causas de las condiciones pasadas y presentes; es preciso también que la persona encargada de hacer las previsiones sea competente y de buen juicio. El

establecimiento de previsiones debe, pues, considerarse como una actividad importante y debe organizarse en consecuencia.

El tema de este trabajo, "Las Telecomunicaciones Rurales", constituye un problema que la mayoría de las administraciones telefónicas tienen que atender, ya que tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo existen zonas donde los servicios de telecomunicaciones son inexistentes o menos adecuados que en las zonas urbanas.

Con el fin de atender estos requerimientos, organizaciones internacionales que regulan el desarrollo de las comunicaciones como el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) y el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio) han establecido las especificaciones de una amplia gama de sistemas recomendados internacionalmente para dar soluciones al área rural, es decir, sistemas normalizados, incluidas configuraciones de equipo y objetivos de calidad.

Una característica de una red telefónica rural, es la necesidad de utilización de diversos medios de transmisión, dependiendo de las condiciones particulares de las localidades a servirse, en forma bastante diferente de la que es habitual en la estructura principal de una red telefónica nacional.

Para realizar estas funciones se dispone de tres tipos de soportes de transmisión:

- Líneas aéreas de hilo desnudo, las cuales tienden a desaparecer en su utilización debido a que presentan menor calidad de transmisión por ser más afectadas por las perturbaciones eléctricas y también por requerir un mantenimiento mucho más laborioso que los sistemas por cable.
- Líneas aéreas con conductores cubiertos (cable de acometida o cable entorchado no recomendado para distancias medias o grandes) y los cables de pares simétricos.
- Enlaces de radio. Para optimizar estos soportes de transmisión, se utilizan varias técnicas, a saber:
 - Equipos de portadores analógicos y digitales que se emplean para una utilización múltiple del soporte de transmisión, que consiste bien en una línea aérea de hilo desnudo, una ruta de cable o un trayecto radio eléctrico.
 - Concentradores de línea, centrales telefónicas de baja capacidad o equipos de línea compartida de dos o más abonados.
 - Sistemas de acceso múltiple analógicos o digitales.

Considerando estos dos conceptos básicos: soportes de transmisión y técnicas disponibles, se puede clasificar

los medios de transmisión empleados en Telecomunicaciones Rurales de la siguiente manera:

- Prolongación de frecuencia vocal
- Múltiplex analógicos con canales individuales
- Líneas con sistemas de portadoras punto a punto (línea y múltiplex)
- Líneas con sistemas de onda portadora con extracción de canales
- Concentradores de líneas o centrales telefónicas rurales de baja capacidad
- Sistemas de radio y múltiplex de pequeña capacidad
- Radio monocanal
- Radio monocanal compartido (hasta de 4 abonados de bajo tráfico)
- Sistemas de acceso múltiple.

CAPITULO I

TRAFICO TELEFONICO

1.1 INTRODUCCION

El conocimiento sobre las teorías de tráfico, y el resultado de usar todo o un alto porcentaje del tráfico que se ofrece al sistema, hacen de la imagen administrativa un éxito y una excelente fuente de ingreso para la Empresa de Telecomunicaciones.

1.2 CONCEPTOS GENERALES

Se define como intensidad de tráfico telefónico, al flujo de ocupaciones simultaneas en un grupo de órganos durante un periodo de tiempo dado.

La unidad de tráfico es el Erlang que significa la cantidad de horas de ocupación por hora en un grupo de órganos.

En la figura 1.1 se observa una ruta de 6 órganos a través de una hora con diversas ocupaciones de sus órganos.

El primer órgano tiene dos ocupaciones, una de 900 segundos y otra de 450 segundos con un total de 1.350 segundos en la hora, o sea 0.375 erlangs.

Efectuando el mismo análisis para los 6 órganos se

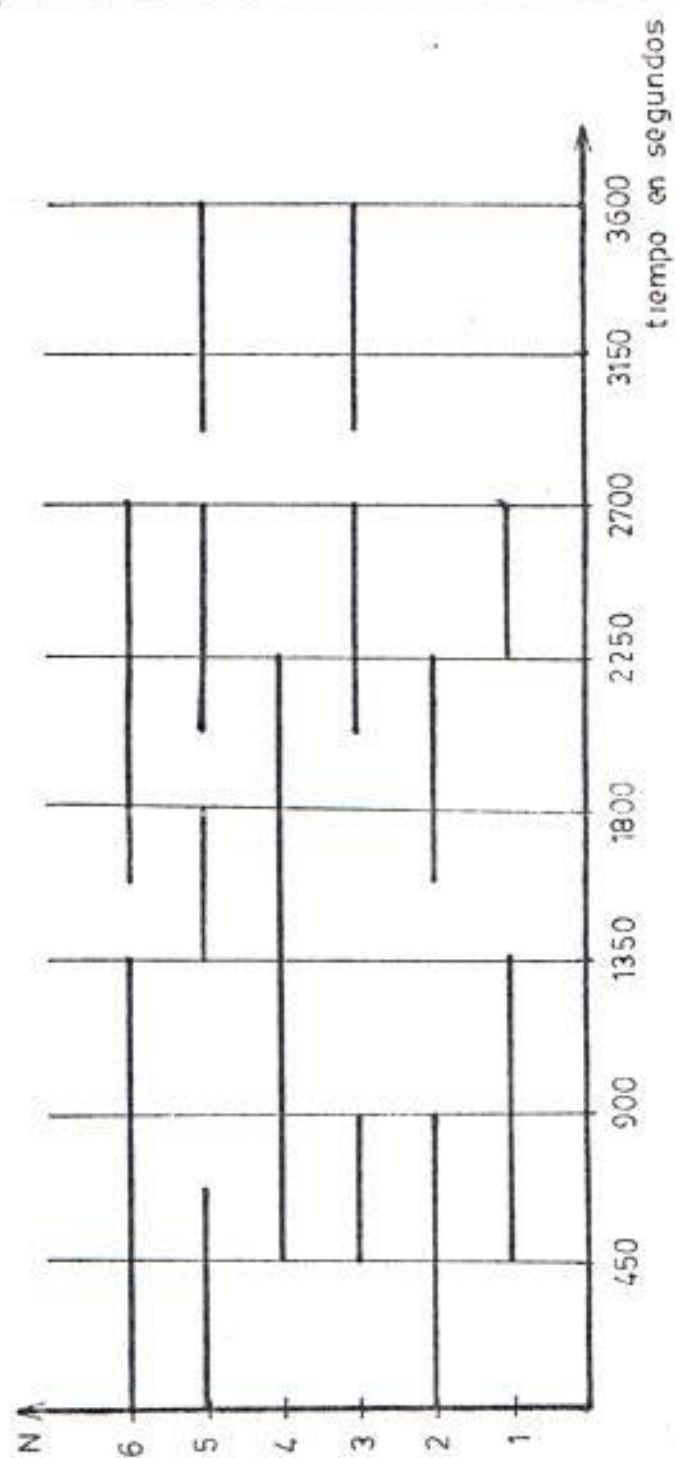


FIGURA 1.1
 RUTA DE 6 ORGANOS A TRAVES DE UNA HORA

tiene la tabla I.

Este tráfico da una idea de la ocupación del grupo durante el periodo de una hora de observación.

Si se quiere obtener el tráfico instantáneo en cualquier punto, basta contar las ocupaciones en ese punto. Este tráfico instantáneo por intervalo infinitesimal se puede integrar para todo el periodo de una hora para lograr así el tráfico total.

$$A = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) dt \quad (1.1)$$

Donde:

A = Tráfico Total

$n(t)$ = Número de ocupaciones en el tiempo t

T = Periodo de observación

Otra forma de calcular el tráfico de un grupo de órganos es sumar los tiempos de todas las ocupaciones habidas en el grupo.

$$A = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \quad (1.2)$$

Donde:

t_i = Tiempo de duración de la ocupación i

n = Número total de ocupaciones en el grupo

<u>Organo No.</u>	<u>Tiempo de ocupación durante la hora</u> (en segundos)
1	1.350
2	1.700
3	1.800
4	1.800
5	2.500
6	2.550
TOTAL	11.700 segundos/hora. o sea, 3.25 erlangs en los 6 organos

Tabla I
Ruta de 6 órganos a través de una hora

Si se obtiene el tiempo promedio de las ocupaciones, la fórmula para encontrar el tráfico se reduce a:

$$A = \frac{1}{T} (n \cdot tm) \quad (1.3)$$

Ejemplo:

En un grupo de 25 líneas se cursaron 150 llamadas en media hora, con un promedio de 3 minutos. Calcular el tráfico total y por línea.

Solución:

Número de ocupaciones	:	150
Número de órganos	:	25
Tiempo de ocupación promedio por órgano:	3/60	horas
T	:	1/2 horas

Usando la ecuación 1.3 tenemos:

$$\text{Tráfico Total} = A = \frac{1}{t} (150 \times 3/60) = 15 \text{ Erlangs.}$$

$$\text{Tráfico por línea} = A = \frac{15}{1} \times \frac{1}{25} = 0.6 \text{ Erlangs.}$$

1.3 PROBABILIDAD DE PERDIDA

Para hacer el dimensionamiento de los diferentes órganos encargados de las comunicaciones telefónicas es esencial conocer o estimar el tráfico que se ha de manejar para con base en él calcular las cantidades de órganos que debe tener cada tipo de equipo para su buen funcionamiento.

Una vez conocido o estimado el tráfico a ser cursado

por un grupo de órganos, hay que establecer una relación entre ese tráfico, la cantidad de órganos necesarios para cursarlo y la probabilidad de que una llamada se pierda en las condiciones habidas. Es necesario tomar en cuenta que el tráfico ofrecido a un equipo telefónico no es fijo, sino que tiene una media y una varianza, y es a su vez un experimento aleatorio que sigue la ley de aparición de llamadas de Poisson y la ley exponencial negativa para la duración de las mismas.

Existe, con las condiciones mencionadas una función que define la relación entre el tráfico, la cantidad de órganos y la probabilidad de pérdida.

Esta función fue desarrollada por A.K Erlang basado en tres premisas principales:

- 1.- Número infinito de fuentes de tráfico
- 2.- Aparición de llamadas según ley de Poisson
- 3.- Duración de llamadas según ley exponencial negativa

La fórmula se escribe así:

$$E(A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}} \quad (1.4)$$

Donde:

N = Número de órganos

A = Tráfico ofrecido

$E_N(A)$ = Probabilidad de pérdida con N y A
(Accesibilidad completa en sistema de pérdida).

Existen tablas donde se pueden encontrar los valores de E para diferentes A y N. Ver programa.

La fórmula de Erlang expuesta como anteriormente, es difícil para trabajar con valores altos para N y A debido a los exponentes y factoriales.

Para cálculos, sobre todo utilizando el computador, se desarrolla, a partir de la fórmula original, el método recursivo que es la ecuación expuesta a continuación.

$$E_N(A) = \frac{A \cdot E_{N-1}(A)}{N + A \cdot E_{N-1}(A)} \quad (1.3)$$

para $E_0(A) = 1$

Comenzando del valor N = 1 se realizan iteraciones hasta lograr en forma rápida (por computador) el valor de la probabilidad de pérdida cuando N sea igual al número de órganos.

CALCULO DEL NUMERO DE CIRCUITOS

```

10  rem "CALCULO DEL NUMERO DE CIRCUITOS"
20  INPUT "GRADO DE SERVICIO:";X
30  DS=X/100
40  INPUT "TRAFICO:";A
50  N=1:B=1
60  B=(A+9)/(N+A+9)
70  IF B>DS THEN N=N+1:GOTO 60
80  PRINT "NUMEROS DE CIRCUITOS:";PRINT USING "####";N
90  PRINT:GOTO 20
100 END

```

GRADO DE SERVICIO (PORCENTAJE)
 TRAFICO TELEFONICO (ERLANGS)

Conocida esta relación se puede calcular, a partir de un tráfico medido o estimado y de una probabilidad de pérdida establecida, la cantidad de órganos necesarios para cursar el tráfico en las condiciones requeridas.

Los cálculos deben realizarse con el tráfico de hora pico y permitiendo una probabilidad de pérdida que oscile del 3 % al 0.5 % dependiendo del tipo de órgano.

Realizar diseños sin pérdidas apreciables en el tráfico de hora pico resulta demasiado caro, y el aceptar pérdidas superiores a un 5 % produce congestiones serias y el servicio brindado al abonado es deficiente. La probabilidad de pérdida es llamada también "grado de servicio".

1.4 TRAFICO OFRECIDO, CURSADO Y PERDIDO

Los conceptos de tráficos ofrecido, cursado o perdido son básicos para el entendimiento de las teorías de tráfico telefónico.

Tráfico ofrecido a un sistema es el que quiere ser cursado por el mismo, y el que en efecto se cursaría si la probabilidad de pérdida fuese nula.

Es este tráfico ofrecido el que se introduce al usar

la fórmula de Erlang para los cálculos.

Debido a la probabilidad de pérdida no todo el tráfico ofrecido se puede cursar, sino que existe un tráfico perdido que es el producto del tráfico ofrecido por la pérdida.

$$A_p = A_{of} \times E_N(A_{of}) \quad (1.6)$$

Donde:

A_p = Tráfico perdido

A_{of} = Tráfico ofrecido

De esta forma, el tráfico ofrecido que no se pierde y tiene éxito se denomina "tráfico cursado".

$$A_c = A_{of} - A_p$$

$$A_c = A_{of} (1 - E) \quad (1.7)$$

Donde:

A_c = Tráfico cursado

Estos conceptos son importantes a la hora de interpretar mediciones de tráfico, pues el único tráfico con que se cuenta es el medido o cursado por el sistema, mientras que las tablas y fórmulas están confeccionadas para el tráfico ofrecido.

En sistemas con pérdidas inferiores a un 4 % el tráfico cursado y el ofrecido pueden considerarse iguales para toda interpretación práctica, pero para valores superiores de pérdida, los cálculos deben ser hechos.

1.5 DEMANDA DE TRAFICO

Se llaman demanda de tráfico al tráfico que los abonados de un sistema quieren generar según sus hábitos y necesidades. Es objetivo principal de una administración telefónica satisfacer esta demanda mediante un sistema apropiado y bien dimensionado que no permita congestiones considerables.

Cuando el sistema es impropio para cursar la demanda y existen congestiones considerables los abonados con frecuencia no logran su comunicación en el primer intento debido a la escasez de órganos necesarios.

Para lograr éxito en su comunicación los abonados realizan varios intentos repetitivos recargando el sistema, sobre todo los órganos de control común, con un intenso tráfico de repetición que viene a congestionar aún más el sistema, pudiéndolo llevar a un estado de bloqueo.

En este caso, el tráfico ofrecido a los selectores de línea de abonado se infla debido al tráfico de

repetición para alcanzar valores mayores a la demanda de tráfico normal requerida por los usuarios. Es por ello que en sistemas no congestionados el tráfico ofrecido se confunde con la demanda, pero al haber congestión se produce un tráfico de repetición que diferencia los dos parámetros.

El cálculo de este tráfico de repetición no se ha desarrollado matemáticamente pues se carece de los fundamentos probabilísticos que originan su comportamiento. Sin embargo, se han hecho bastantes ensayos empíricos que, basados en datos experimentales, brindan una aproximación aceptable.

Hay que tomar en cuenta que cuando un sistema se encuentra por encima de un 10 % de congestión, el comportamiento de los usuarios en relación al servicio telefónico es bastante diverso y difícil de predecir.

Una fórmula empírica que trabaja bien hasta congestiones de un 50 % es la siguiente:

$$\frac{A_r}{A_{of}} = E \left(e^{\frac{2E(1-E)}{1-E}} - 1 \right) \quad (1.8)$$

Donde:

A_r = Tráfico de repetición

El tráfico ofrecido, desde el punto de vista del

usuario es:

$$A_{\text{of}} = D + A_r \quad (1.9)$$

Donde:

D = Tráfico de demanda

A_r = Tráfico de repetición

Ejemplo:

En una medición de tráfico se obtuvo un valor de 8.35 erlangs para un grupo de 10 órganos. Calcular el tráfico ofrecido al grupo, el tráfico perdido, el tráfico de repetición y la demanda.

Utilizando las fórmulas:

$$A_p = A_{\text{of}} \times E ; y$$

$$A_{\text{of}} = A_c \times A_p$$

Se obtienen las iteraciones siguientes comenzando con

$$A_{\text{of}} = A_c$$

Iteración	A _{of}	E	A _p	%de Diferencia
1	8.35	0.1377	1.149	-
2	9.499	0.1914	1.818	13.766
3	10.168	0.2223	2.260	7.035
4	10.610	0.2423	2.571	4.347

5	10.921	0.2561	2.797	2.930
6	11.147	0.2660	2.965	2.070
7	11.315	0.2732	3.092	1.507
8	11.442	0.2786	3.188	1.119
9	11.538	0.2827	3.262	0.844

Luego:

$A = 11.54$ erlangs.
of

$A = 3.26$ erlangs.
p

$A / A_r = E (e^{2E(1-E)} - 1)$
of

$A / A_r = 0.283 (e^{0.566(1 - 0.283)} - 1) = 0.141$
of

$A = 1.63$ erlangs
r

$D = A - A_r = 9.91$ erlangs
of r

1.6 EFICIENCIA DE TRAFICO

Se llama eficiencia de tráfico a la carga unitaria de tráfico que soporta un grupo de órganos; o sea cuánto tráfico por órgano se cursa para determinado grado de servicio. Para un grado de servicio determinado, la eficiencia aumenta con el tamaño del grupo de órganos. Entre mayor el grupo más tráfico por órgano se puede cursar para una pérdida determinada.

Como ilustración se pueden tomar valores para un

grado de servicio de 1 % a diversos tamaños de órganos.

Número de Órganos	Tráfico	Eficiencia
1	0.01	0.0101
5	1.36	0.272
10	4.46	0.446
20	12.00	0.600
50	37.90	0.758
75	60.70	0.810
100	84.10	0.841

Ver figura No 1.2.

Como se observa es importante tratar de mantener rutas grandes pues al ser más eficientes vienen a significar apreciables economías para un sistema telefónico. La parte significativa de la curva está de 1 a 75 órganos ya que la eficiencia se mantiene con muy poco crecimiento para rutas mayores. Además, es de esperar que para eficiencias mayores de 0.8 erlangs/órgano en un sistema real, existen otras restricciones en los equipos que imposibilitan alcanzar eficiencias mayores.

1.7 OTRAS UNIDADES DE TRAFICO TELEFONICO

Además de la unidad para uso general Erlang, existen para medir intensidad de tráfico otras que se

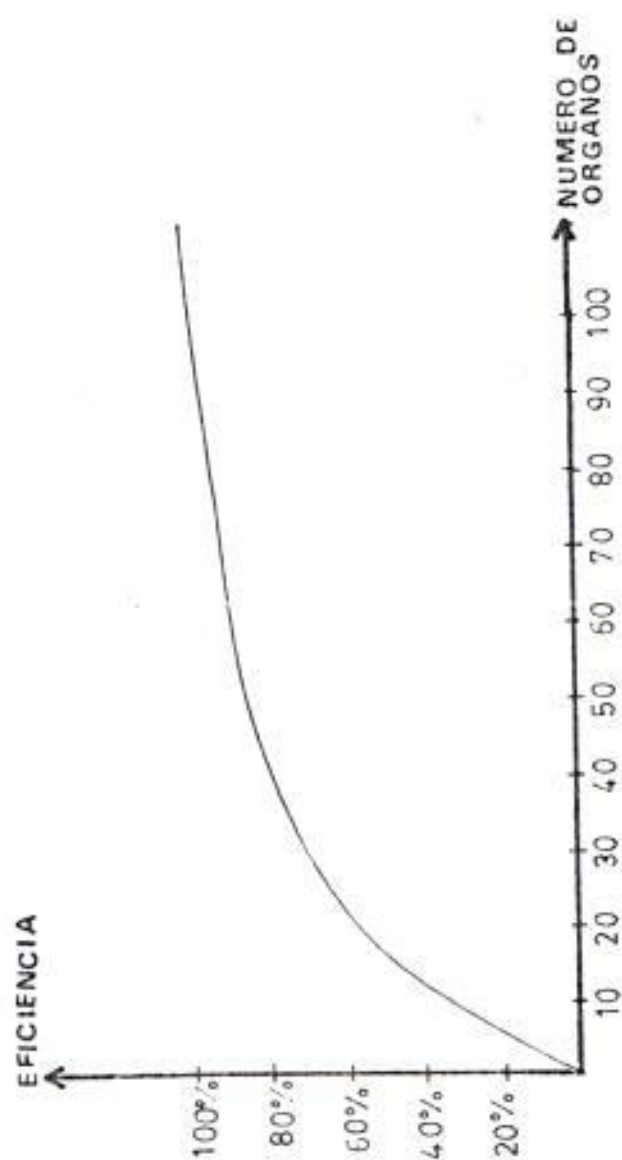


FIGURA 1.2
EFICIENCIA VS NUMERO DE ORGANOS

caracterizan por la medida de tráfico de conversación. Consisten en expresar el número medio de llamadas producidas en una hora suponiendo un determinado tiempo de ocupación por llamada.

La unidad CCS empleada en U.S.A. es el tráfico producido por una llamada que dure 100 segundos.

$$\text{CCS} = \frac{100}{3.600} = \frac{1}{36} \text{ erlangs}$$

Otra utilizada es la "comunicación minuto" CM que considera el tráfico de una llamada de 60 segundos.

$$\text{CM} = \frac{60}{3.600} = \frac{1}{60} \text{ erlangs}$$

1.8 CONGESTION DE TIEMPO Y CONGESTION DE LLAMADA

Cuando se ofrecen llamadas a un sistema puede darse el caso de un exceso de demanda frente al número de órganos encargados, teniendo que perderse o esperar algunas llamadas, según se trate de un sistema de pérdida o espera. Una condición de bloqueo o congestión se define como el estado en que se encuentra un sistema al que se ofrecen llamadas en la que es imposible establecer una nueva comunicación en el momento en que ocurre la demanda, debido a falta de órganos.

Se está en condición de bloqueo un sistema cuando todos sus órganos se encuentran cargados. Interesa

pues saber la frecuencia con la cual se da esta situación y se define como B_t , congestión en el tiempo, como la relación del tiempo de bloqueo con el tiempo total de observación.

$$B_t = \frac{t. \text{ de bloqueo}}{t. \text{ total}} \quad (1.10)$$

Sin, embargo para los abonados esta congestión no tiene importancia pues aunque todos los órganos se encuentren ocupados, mientras no se produzca una nueva solicitud de llamada no habrá ninguna rechazada. Lo que interesa al abonado es si realiza una solicitud y ésta es rechazada u obligada a esperar. Se define como B_c , congestión de llamada, como la relación de intentos fallidos y el número total de llamadas; esta razón es una estimación de la probabilidad de pérdida de llamada en un sistema de pérdida.

Un ejemplo para visualizar la diferencia entre las dos congestiones es si se tiene 3 órganos que pueden ser tomados por 5 fuentes de tráfico. Todo momento en que los 3 órganos estén tomados se tiene congestión de tiempo; sin embargo la congestión de llamada nunca puede ocurrir en este caso debido a que nunca sobra ninguna fuente libre para realizar un

intento que no puede ser atendido por alguno de los 5 órganos.

1.9 MODELOS DE ENGSET Y BERNOULLI

En el análisis de sistemas donde se tienen fuentes ofreciendo tráfico a un grupo de órganos, es importante la relación del número de fuentes M con el número de órganos N . Los sistemas estudiados hasta el momento pertenecen al modelo de Erlang donde: $M \gg N$ y M infinito

Para este caso la congestión en el tiempo

$$E(A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}}$$

es la probabilidad de que todos los órganos estén ocupados, que por ser M infinito existe una independencia de la aparición de una nueva llamada respecto al estado del sistema. Por esta razón la congestión de llamada coincide con la congestión en el tiempo en el caso del modelo de Erlang.

El modelo de Engset presenta la situación de M fuentes y N órganos de tal forma que $M > N$ pero M no es infinito. Siendo éste el caso, las probabilidades de que ocurra una nueva llamada depende del número de

fuentes libres que existan, ya que se tiene un tráfico ofrecido constante por fuente.

La congestión en el tiempo ocurre primero que la congestión de llamada que necesita de una nueva llamada dado el sistema en congestión en el tiempo o todos los órganos ocupados.

La congestión en el tiempo para un modelo de Engset es:

$$E_M, N(a) = \frac{\begin{bmatrix} M \\ N \end{bmatrix} a^N}{\sum_{i=0}^N \begin{bmatrix} M \\ i \end{bmatrix} a^i} \quad (1.11)$$

Donde:

$E_M, N(a)$ = Probabilidad de congestión en el tiempo.

$$a = \frac{A/M}{1 - (A/M)(1 - E)} \quad (1.12)$$

Como se observa al ser "E" y "a" funciones de ambas es necesario realizar iteraciones a partir de $E=0$, se encuentra un valor para "a" y se calcula "E" y con este valor se vuelve a calcular "a" y así hasta que la aproximación sea buena.

Para valores muy pequeños de E , $E < 0.04$ la fórmula se reduce a:

$$a = \frac{A/M}{1 - A/M} \quad (1.13)$$

$$\begin{bmatrix} M \\ N \end{bmatrix} = N \text{ combinaciones de } M$$

N = Número de órganos

M = Número de fuentes

La congestión de llamada del modelo de Engset es:

$$B_{M,N}(a) = \frac{\begin{bmatrix} M-1 \\ N \end{bmatrix} a^N}{\sum_{i=0}^N \begin{bmatrix} M-1 \\ i \end{bmatrix} a^i} \quad (1.14)$$

Donde:

$B_{M,N}(a)$ = Probabilidad de congestión de llamada

De ambas fórmulas se deriva que:

$$B_{M,N}(a) = E_{M-1,N}(a) \quad (1.15)$$

Lógicamente $B < E$

En el modelo de Bernoulli se presenta una situación en que el número de órganos es igual o mayor al

número de fuentes.

En este caso si $N > M$ no puede existir ninguna congestión ni de llamada ni en el tiempo debido a que siempre habrá órganos disponibles para cualquier llamada que originen las fuentes. Para $N = M$ la congestión de llamada sigue siendo nula pues no quedan fuentes libres para generar una llamada nueva al estar todos los órganos ocupados.

Sin embargo, en este caso si puede darse el caso de congestión en el tiempo y es igual a:

$$E = \left[\frac{a}{1 + a} \right]^M \quad (1.16)$$

Donde:

M = Número de fuentes

a = Mismo parámetro que en el caso de Engset.

1.10 SISTEMAS DE ACCESIBILIDAD RESTRINGIDA

Cuando se ofrece tráfico a un grupo de órganos, se define como accesibilidad completa a la característica de las fuentes de tráfico para poder tomar cualquier órgano libre del grupo. O sea que cualquier fuente tiene acceso a cualquier órgano libre. Si por el contrario cada fuente de tráfico tiene acceso a determinado número k de la totalidad de N órganos se dice que hay accesibilidad

restringida o incompleta.

La accesibilidad incompleta se utiliza cuando la capacidad de salidas de las fuentes es inferior al número de órganos. Como ejemplo se puede citar una ruta de 100 órganos y los selectores de grupo por diseño sólo pueden tener acceso a 20 salidas. No importa el número de fuentes, cada una estará en condiciones de salir por únicamente 20 de los 100 órganos disponibles. Si estos 20 están ocupados aunque queden órganos libres, se obtiene congestión.

El problema de la determinación de la probabilidad de pérdida a partir de los parámetros de accesibilidad, número de órganos y número de grupos es que se pueden definir múltiples configuraciones cada una con características diferentes en cuanto a la probabilidad de pérdida. Por esta razón no es posible hablar de probabilidad de pérdida de sistema gradado refiriéndose únicamente a los parámetros expuestos. Plantea el problema de que para determinar el número de órganos necesario, conocidos el tráfico, el número de grupos, accesibilidad y fijado el grado de servicio, es necesario para cada una de las configuraciones ir probando el número de órganos hasta satisfacer el grado de servicio propuesto.

Este problema se soluciona introduciendo la hipótesis de que la probabilidad de pérdida depende solamente del número de órganos y de la accesibilidad.

Para que esta hipótesis sea válida los métodos de cálculo de la probabilidad de pérdida deben referirse a una configuración de gradación óptima o de otras configuraciones similares a esta en cuanto a probabilidad de pérdida.

Un mal diseño en la gradación puede invalidar un buen dimensionamiento.

Para el cálculo de la probabilidad de pérdida se han desarrollado muchos métodos, algunos experimentales y otros mediante modelos teóricos. Un método muy empleado es el de "Palm Lotze" aplicable a sistemas con elección aleatoria de órganos e igual accesibilidad en todos los grupos.

El problema del cálculo de la probabilidad de pérdida en una interconexión gradada se puede definir como el de determinar la probabilidad de ocupación de un determinado grupo de órganos independientemente de la situación de los restantes y teniendo en cuenta la configuración especial de la interconexión.

La fórmula de Palm permite el cálculo de la probabilidad de ocupación parcial dentro de un

conjunto de órganos en accesibilidad completa. Dada esta circunstancia se puede utilizar la fórmula como primera aproximación para el cálculo de la probabilidad de pérdida en una interconexión gradada.

$$B = \frac{E(A)}{N} \cdot \frac{E(A)}{N-k} \quad (1.17)$$

Donde:

B = Probabilidad de ocupación de k números de órganos.

La fórmula de Palm da probabilidades de pérdidas mayores que las reales, debido que al considerar accesibilidad completa la carga por órgano es mayor que la real. Para tener en cuenta este efecto Lotze introduce una modificación a la aproximación de Palm que se resume como sigue:

Sea un conjunto de N órganos a los que se ofrece un tráfico A con accesibilidad completa k. Considérese un conjunto de N órganos con accesibilidad completa y un tráfico ofrecido A₀. Se postula que la probabilidad de pérdida en la interconexión gradada es igual a la probabilidad de que k de los N órganos estén ocupados en el conjunto de accesibilidad completa siempre y cuando el tráfico cursado de los dos sistemas de N órganos sea el mismo.

Los tráficos cursados por ambos sistemas son:

$$A_0 = (1 - \frac{E(A)}{N}) \cdot A \quad (1.18)$$

para accesibilidad completa

$$A (1 - B) \quad (1.19)$$

para accesibilidad restringida

Iguando los dos tráficos cursados:

$$A (1 - B) = A (1 - E (A))$$

donde A y B son incógnitas.

De acuerdo con el postulado de Lotze

$$B = \frac{E (A_0)}{N} \cdot \frac{E (A_0)}{N-k}$$

De esta forma se puede determinar B y A .

Debido a que B está en función indirecta de A , es necesario realizar cálculos iterativos con las dos fórmulas para lograr los valores deseados. Se comienza con $A = A$ para determinar el valor de B que luego se incluye en la primera fórmula para encontrar otro valor de A y volver a buscar B . Así hasta que los valores consecuentes difieran en menos de 1 %.

Las fórmulas de Palm Lotze se utilizan sobre todo en los cálculos por computador.

2.11 SISTEMAS DE ESPERA

Cuando un sistema se encuentra en estado de bloqueo debido a la ocupación de todos sus órganos y se le

ofrece una llamada, ésta puede perderse o esperar, según sea la filosofía empleada por el sistema.

En los sistemas de pérdida, la llamada que al llegar encuentra el sistema en estado de bloqueo, se pierde inmediatamente y el abonado está obligado a repetir su intento si desea realizar su conversación. Las probabilidades de pérdida hasta ahora estudiadas se refieren a este sistema de pérdida.

Sin embargo, existen sistemas donde la llamada que encuentra congestión en su aparición no se pierde sino que espera a ser atendida. En la realidad y por razones obvias, este tiempo de espera debe tener un límite razonable que después de cumplirse sin que la llamada sea atendida, se pierde el intento. Se tienen pues mezclas de sistemas de pérdida y espera según convenga en el diseño.

Al estudiar el sistema de espera se toman las siguientes suposiciones:

- a.- El proceso de aparición de llamadas sigue la Ley de Poisson.
- b.- El proceso de duración de llamadas sigue la Ley de exponencial negativa.

Las llamadas que no son atendidas inmediatamente debido a congestión hace fila para su tratamiento

según la disciplina de colas utilizada. Esta disciplina de colas es determinada por el sistema diseñado y puede ser:

a.- Primero en llegar, primero atendido.

Las llamadas van haciendo cola y el sistema las va procesando comenzando por la más antigua y en el orden que aparecieron.

b.- Sistema aleatorio. Las llamadas en la cola son escogidas al azar por el sistema para su procesamiento.

Para un sistema de espera con un número de órganos, Erlang desarrolló las siguientes ecuaciones:

Probabilidad de espera:

$$G_N(A) = \frac{N \cdot E_N(A)}{N - A + A \cdot E_N(A)} \quad (1.20)$$

$G_N(A)$ = Probabilidad de espera con N órganos y tráfico A.

Probabilidad de espera mayor que un tiempo t.

$$P(>t) = G_N(A) e^{-\frac{t}{t_m}(N-A)} \quad (1.21)$$

Tiempo promedio de espera para todas las llamadas

$$t_w = \frac{G(A)}{N - A} \times t_m \quad (1.22)$$

t_w = Tiempo promedio de espera

t_m = Tiempo promedio de duración de llamada

Todos estos parámetros se pueden encontrar en tablas para el sistema de espera Erlang.

Ejemplo:

En un sistema de espera de Erlang se tiene un tráfico ofrecido de 3 erlangs y un total de 6 órganos y con accesibilidad completa. Calcular la probabilidad de espera, y la probabilidad de que las llamadas se pierdan si el sistema bota las llamadas que esperan más de 15 segundos. Utilizar un tiempo promedio de 60 segundos para la duración de las llamadas.

$$N = 6$$

$$A = 3$$

$$E(A) = 0.052157 \quad (\text{en la tabla de Erlang})$$

$$N$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 1.20:

$$G(3) = 0.090143$$

$$6$$

O sea el 9.01 % de las llamadas tienen que esperar.

Utilizando el valor anterior se calcula a partir de la Ecuación 1.21 el porcentaje de llamadas que se

pierden después de esperar más de 15 segundos.

$$P (> 15 \text{ seg }) = 0.046832$$

El 4.68 % de las llamadas se pierden después de esperar 15 seg.

1.12 TIEMPO DE DURACION CONSTANTE

En los órganos de control común se tiene que las llamadas siguen la ley de Poisson, pero no efectúan su desaparición según la ley exponencial negativa sino que tienen tiempo de ocupación constantes dependiendo de su diseño. En otras palabras, el tiempo de ocupación no depende de los abonados sino que, independientemente de la duración de las llamadas, su trabajo requiere un tiempo determinado y constante.

Para el análisis de este sistema Cromelin desarrolló fórmulas para un solo órgano. Para varios órganos, las ecuaciones se complican tanto que se utilizan aproximaciones para desarrollar tablas y gráficos donde encuentran los valores correspondientes.

CAPITULO II

DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES

2.1 NOCIONES FUNDAMENTALES EN MATERIA DE PREVISION

Para que sean racionales y satisfactorias, la explotación y la gestión de un servicio telefónico deben estar plenamente orientadas hacia el porvenir.

Las decisiones fundamentales deben, pues, fundarse en previsiones establecidas a base de informaciones, de análisis y de evaluaciones. Para que las previsiones sean válidas, hay que disponer de informaciones precisas y completas y determinar las causas de las condiciones pasadas y presentes; es preciso también que la persona encargada de hacer las previsiones sea competente y de buen juicio. El establecimiento de previsiones debe, pues, considerarse como una actividad importante y debe organizarse en consecuencia.

2.2 FUNDAMENTOS EN MATERIA DE PREVISION

Pueden distinguirse diferentes nociones en materia de previsión.

2.2.1 Distinción entre las previsiones del número de abonados y las del tráfico en una zona determinada.

- a) Para la planificación de las líneas de abonado es necesario establecer previsiones sobre el número y emplazamiento de todos los probables abonados al teléfono en una zona dada.
- b) Para la planificación de la red de circuitos de enlace es preciso establecer previsiones sobre el volumen y la distribución del tráfico procedente de esos abonados.

2.2.2 Distinción entre las previsiones a largo, a medio y a corto plazo.

Las previsiones pueden referirse a un país, al conjunto de una zona de red local o a pequeños sectores de ésta. Pueden ser también a largo, a medio y a corto plazo.

Como toda planificación se funda, sobre todo, en previsiones a largo plazo, éstas tienen que ser de excelente calidad. La planificación a largo plazo se funda generalmente en previsiones a 10, 20 ó 30 años.

Un modo práctico de establecerlas consiste en seguir los pasos siguientes:

- a) Hacer una estimación del número de familias y del de actividades comer-

ciales de diferentes tipos.

- b) Hacer una estimación del número de estaciones principales y líneas de abonado (pudiendo obtenerse los factores de penetración).

A veces es necesario conocer los tipos, clases y grados de servicio. Esta información se utiliza para establecer los denominados mapas de densidad.

La planificación a corto plazo y a plazo medio consiste en determinar cómo han de construirse las instalaciones telefónicas, habida cuenta de los planes a largo plazo.

Las previsiones a corto plazo abarcan generalmente, año por año, un periodo de 3 a 5 años. Sirven esencialmente para determinar las necesidades cotidianas de orden técnico e incluyen generalmente los gastos ordinarios, la mano de obra y la utilización de instalaciones exteriores e interiores.

2.3 METODOS DE PREVISION DEL NUMERO DE ABONADOS

Como puede admitirse que la demanda de aparatos telefónicos no puede aumentar indefinidamente, la densidad telefónica (esto es, el número de aparatos

por 100 habitantes o por 100 alojamientos) puede tender a un nivel de saturación. A su vez, este nivel de saturación experimenta fluctuaciones; depende, entre otras cosas, de factores económicos (por ejemplo, el producto nacional bruto per cápita). Sus fluctuaciones no son necesariamente continuas, y en ciertas condiciones (por ejemplo, a consecuencia de una demanda suplementaria de un segundo aparato en el domicilio) pueden registrarse bruscos aumentos.

Entre los métodos de posible utilización, se examinarán los cuatro siguientes:

a) Extrapolación: Es un procedimiento de carácter general que puede ser útil no sólo para redes locales sino también para niveles superiores de la jerarquía de la red.

Puede emplearse si:

- la zona examinada cuenta con un número de abonados suficientemente grande;
- en el pasado, el desarrollo fue relativamente regular;
- puede prescindirse de las pequeñas fluctuaciones localizadas en el tiempo o en el espacio.

La principal ventaja de este método reside en su

simplicidad.

- b) Procedimiento de la curva de tendencia: Este se basa en la tendencia de la evolución de la situación económica general. Presenta la ventaja de no depender exclusivamente del crecimiento anterior de la densidad telefónica. Tiene, sin embargo, las desventajas siguientes:

- sólo puede utilizarse en zonas relativamente extensas;
- carece de precisión;
- no refleja las tendencias de desarrollo particulares.

- c) Método normativo: Se emplea para obtener los valores especiales de densidad de abonados, para redes locales, a partir de los valores medios nacionales. La principal desventaja de este método reside en la posibilidad de que se sumen el error de la previsión nacional y la desviación del valor correspondiente a la localidad examinada con respecto al valor normativo medio.

- d) Método causal: Este procedimiento tiene en cuenta la mayoría de los factores que pueden influir en la futura densidad de abonados al

servicio telefónico. Es, pues, el método más preciso, pero entraña una labor considerable. Puede aplicarse en la práctica con el auxilio de un computador. Permite obtener buenos resultados tanto en zonas pequeñas como en países de gran extensión.

2.4 METODOS DE EXTRAPOLACION

La extrapolación es uno de los métodos normales de previsión.

En la extrapolación directa, se conocen las variaciones en el tiempo de los datos examinados hasta el momento presente y se supone que las variaciones futuras seguirán la misma tendencia. En la extrapolación indirecta, los datos examinados son proporcionales a otra magnitud, cuya tendencia en el tiempo se conoce. Así pues, una extrapolación directa de esta última permite determinar, en virtud de la relación existente entre ambas magnitudes, el modo en que evolucionará en función del tiempo el valor examinado.

Según la naturaleza de la función de extrapolación, cabe distinguir varios tipos de extrapolaciones directas:

a) Extrapolación lineal

La previsión se efectúa prolongando en línea

recta, la curva trazada a partir de los valores conocidos. Este procedimiento se basa en las fluctuaciones en función del tiempo experimentadas en el pasado por la magnitud examinada.

Se verá sin embargo que hay diferentes formas de utilizar los puntos que representan la penetración del servicio telefónico en el pasado, pudiendo constatar que estas discrepancias pueden ser motivo de incertidumbre para la previsión. Suponiendo la aproximación de que los puntos se encuentren sobre una recta se puede adoptar un crecimiento lineal.

En algunos casos, no obstante, los puntos aleatorios relativos al pasado pueden ajustarse mediante una curva exponencial y para el futuro se extrapola por el método lineal. Se puede ver fácilmente que el correcto ajuste de los valores relativos al pasado mediante una curva expresada matemáticamente puede tener gran influencia en la fiabilidad de la previsión.

Las principales desventajas de este método radican en la dificultad de efectuar un ajuste correcto y de decidir si la prolongación de la curva correspondiente al futuro debe ser lineal

o si debe adoptarse una curva exponencial.

b) Extrapolación no lineal

La extrapolación no lineal se emplea cuando el desarrollo en el pasado no puede representarse por una línea recta, y es necesario por tanto una curva que se ajuste a tal evolución. En tal caso, se elige una parte de la curva que represente en forma suficientemente apropiada la evolución pasada, y se la prolonga hasta el instante objeto de la previsión.

No obstante, puede obtenerse una precisión mucho mayor cuando es posible emplear una función tanto para la representación de los valores pasados como para las previsiones. Este procedimiento permite obtener valores relativamente precisos para las previsiones a corto plazo y a plazo medio, pero no es verdaderamente apropiado para las previsiones a largo plazo.

c) Extrapolación del crecimiento

Es posible mejorar los procedimientos de previsión trabajando con los valores de los incrementos anuales en lugar de con los valores de la demanda. También en este caso el método más simple consiste en prolongar linealmente la

curva del pasado. Se representan gráficamente los incrementos anuales y se prolonga la curva hacia el futuro en línea recta.

Pueden emplearse asimismo métodos matemáticos de extrapolación basados en un crecimiento exponencial y un valor supuesto de saturación.

Dejando aparte algunas otras curvas teóricamente posibles [1] [2], la experiencia ha demostrado que la curva logística, la curva de la función potencial de la curva logística y la curva de Gompertz son las que dan mejores resultados; si la densidad telefónica es pequeña, estas curvas son similares a una curva exponencial.

Siendo

$q(t)$ la densidad telefónica (número de abonados por 100 habitantes) en el instante t ;

$q(s)$ la densidad de saturación constante (número de abonados por 100 habitantes);

t el año para el que se hace la previsión, y

k y t_0 dos constantes,

para la curva logística se tiene:

$$\frac{\Delta q(t)}{\Delta t} = k \cdot q(t) [q(s) - q(t)] \quad (2.1)$$

de donde se obtiene

$$q(t) = \frac{q(s)}{2} [1 + \tanh k(t - t_0)] \quad (2.2)$$

y para la curva de Gompertz:

$$\frac{\Delta q(t)}{\Delta t} = k \cdot q(t) [\ln q(s) - \ln q(t)] \quad (2.3)$$

de donde se obtiene

$$q(t) = q(s) \exp \{-\exp [-k(t - t_0)]\} \quad (2.4)$$

Como la experiencia demuestra que la saturación está determinada en gran parte por factores económicos que pueden expresarse, por ejemplo, en función del producto nacional bruto, (PNB) per cápita, o mejor aún, si se consideran varias tarifas telefónicas, en función del cociente entre el PNB per cápita y la tarifa media por aparato telefónico, la densidad de saturación puede a su vez representarse como la función de la variación en el tiempo de esos factores económicos. A partir de esta curva logística generalizada, o curva de Gompertz, pueden establecerse previsiones más precisas.

Con este método, el valor de saturación $q(s)$ no es constante, sino que tiende asintóticamente al valor $q(s)$. La observación del desarrollo de

los servicios corrobora esta hipótesis. Así pues, el cociente diferencial del desarrollo con respecto al tiempo es:

$$\frac{\Delta q(t)}{\Delta t} = k [q(s) - q(t)] q(t) \quad (2.5)$$

Para la solución de esta ecuación, supóngase también que $q(t)$ aumenta según una función representada por la curva logística. Ello puede expresarse del modo siguiente:

$$\frac{q(s) - q(t)}{q(s)_0} = 1 - \left[\frac{q(t)}{q(t)_{\max}} \right]^m = 1 - y^m \quad (2.6)$$

La comparación de estas dos ecuaciones nos permite escribir:

$$\frac{\Delta q(t)}{\Delta t} = k q(t) \cdot q(s)_0 \cdot \left[1 - \left[\frac{q(t)}{q(t)_{\max}} \right]^m \right] \quad (2.7)$$

Seguidamente, aplicando el cálculo diferencial y resolviendo la ecuación, se obtiene:

$$\frac{q(t)}{q(t)_{\max}} = \frac{1}{\left[1 + e^{\frac{-c(t-t_0)}{\sigma}} \right]^{1/m}} \quad (2.8)$$

La representación de esta relación puede verse

en la figura 2.1.

2.5 PROCEDIMIENTO DE LA CURVA DE TENDENCIA

Amplias investigaciones han demostrado la existencia de una clara correlación entre la densidad telefónica y el ingreso nacional per cápita. En la figura 2.2 se muestran los resultados de un estudio basado en datos procedentes de 58 países.

De acuerdo con los resultados efectuados, el factor de correlación entre el aumento del ingreso nacional y el de la densidad telefónica es 0.998.

En la figura 2.3 se ha representado una tendencia basada en análisis de estadísticas internacionales de los años 1960 y 1970. La investigación ha demostrado que la curva media de la relación entre el ingreso nacional per cápita y la densidad telefónica puede variar en función del tiempo. La alternativa registrada entre los años 1960 y 1970 no sólo guarda estrecha relación con la modificación de los precios, sino también con el creciente valor de saturación. (En el último de los años indicados, la densidad telefónica correspondiente a un mismo ingreso nacional per cápita es menor).

Estudios más complejos permiten estimar la relación entre la población, el ingreso nacional y la

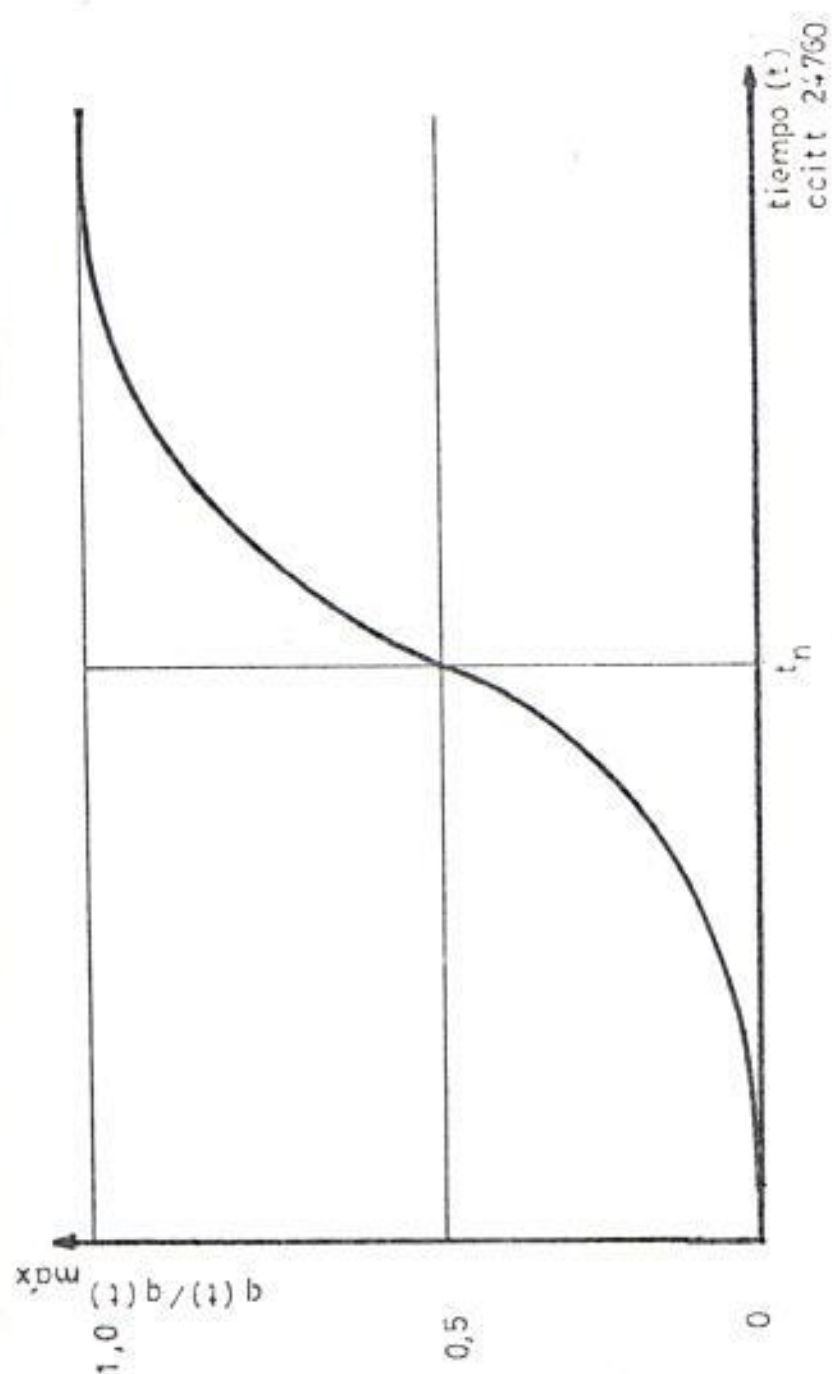


FIGURA 2.1
FUNCIÓN LOGÍSTICA

Densidad Telefónica

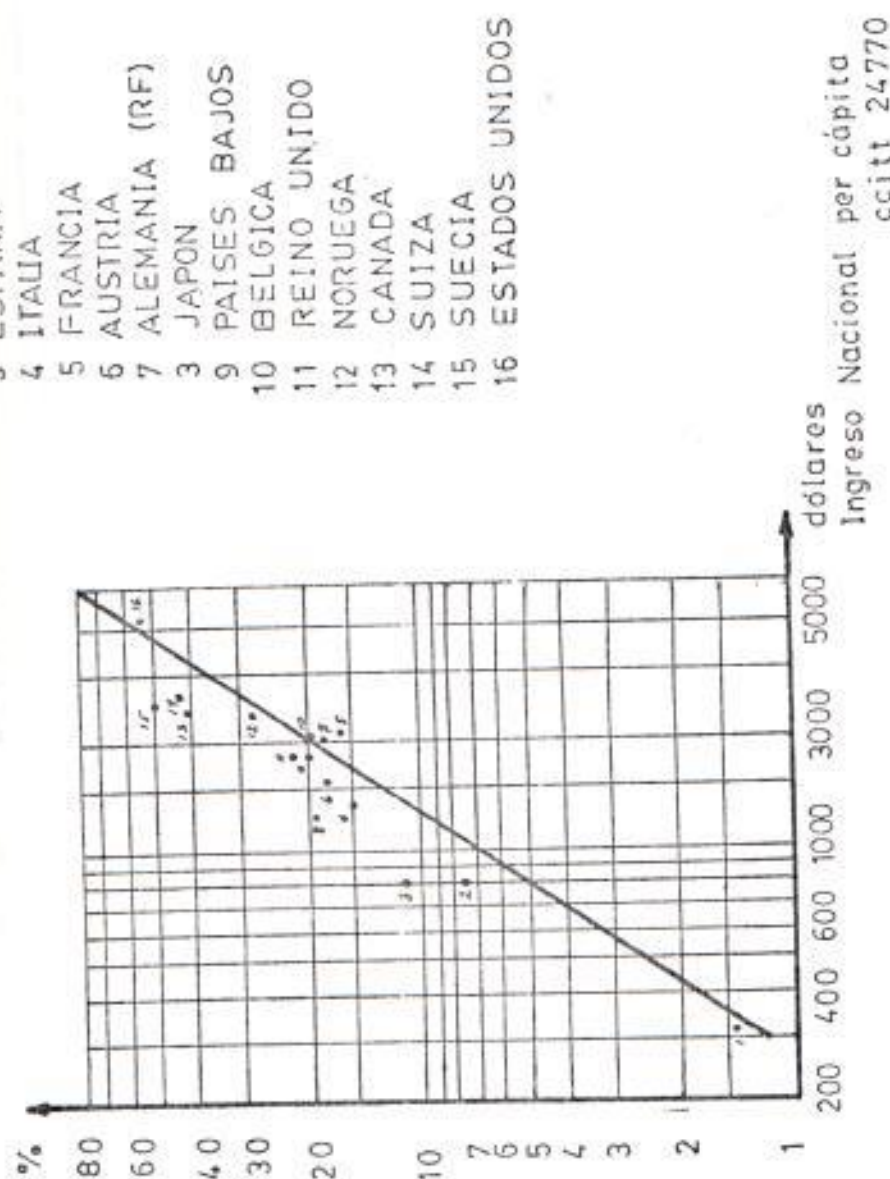


FIGURA 2.2
RELACION ENTRE EL INGRESO NACIONAL Y LA DENSIDAD TELEFONICA

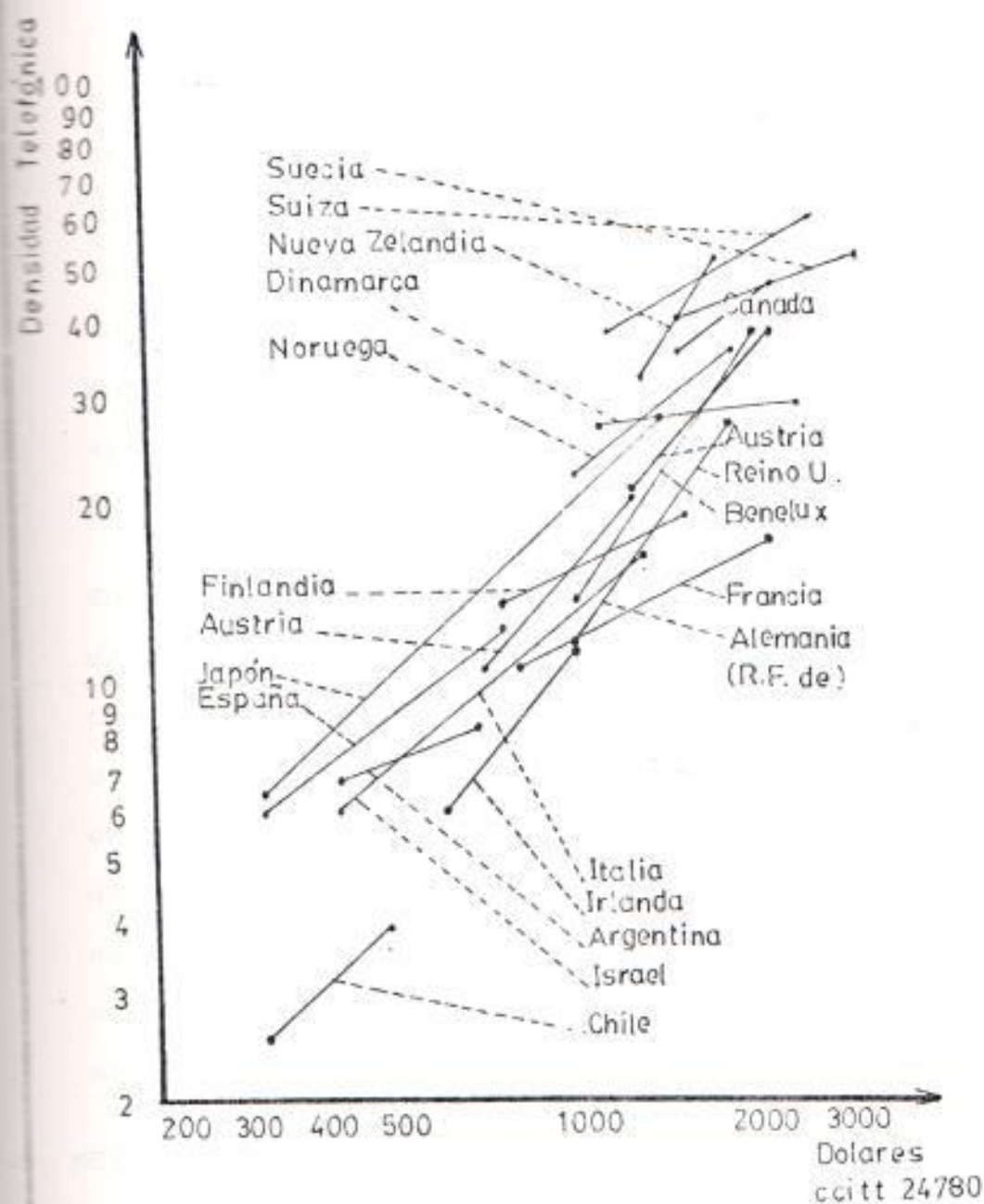


FIGURA 2.3
RELACION ENTRE EL INGRESO NACIONAL Y
LA DENSIDAD TELEFONICA

densidad telefónica del tiempo.

Para una confirmación aproximada de una previsión a largo plazo es mucho más sencillo utilizar el gráfico de la figura 2.4 relativo a la previsión de la demanda telefónica por países. Este gráfico se basa en el supuesto de que la relación entre las inversiones anuales en telecomunicaciones y el ingreso nacional per cápita permanece aproximadamente constante, excepto quizás en los países en desarrollo.

En la práctica, pues, si se conoce el progreso económico, en términos de uno de sus rasgos característicos, para zonas de menor extensión (como distritos o territorios), tal conocimiento puede emplearse para formular previsiones sobre el desarrollo de las telecomunicaciones. El análisis de estas relaciones durante los últimos 5 a 15 años permitirá en muchos casos llegar a una estimación más precisa que empleando el procedimiento anterior.

2.6 METODO NORMATIVO

Para aplicar el método normativo se clasifican todas las localidades según una regla determinada, en grupos apropiados, y se asigna a cada grupo un valor dado de densidad telefónica. En el diagrama de la figura 2.5 puede verse la estructura lógica de este

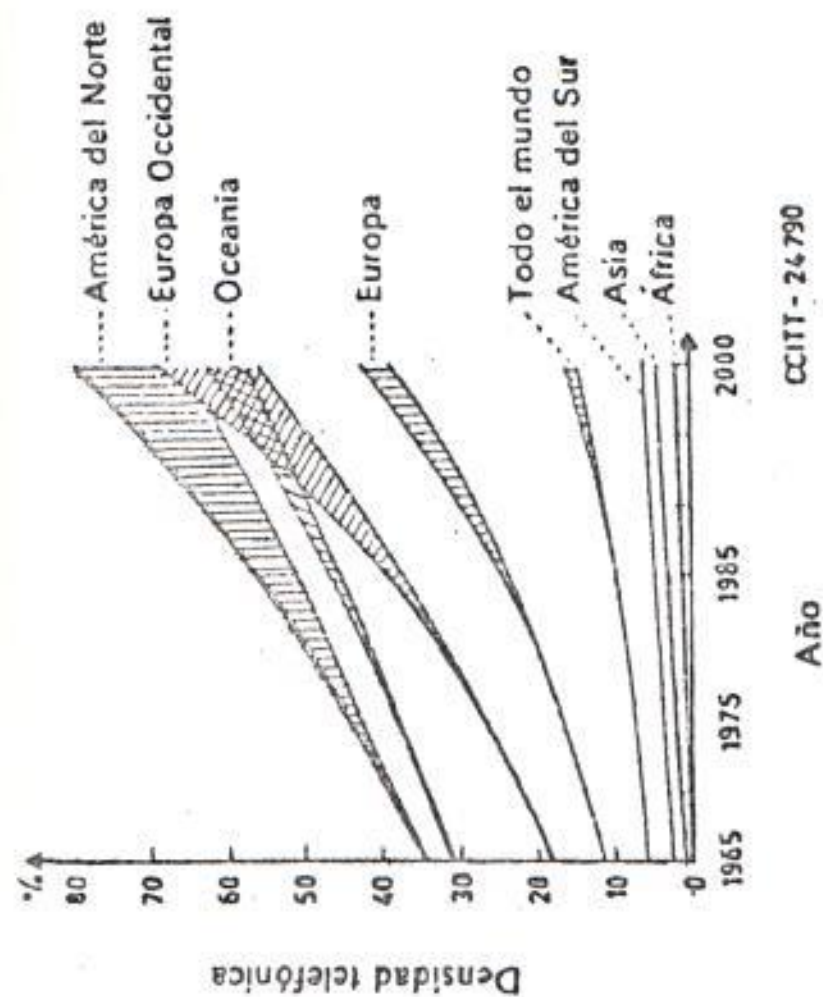


FIGURA 2.4
PREVISION DE LA DENSIDAD TELEFONICA

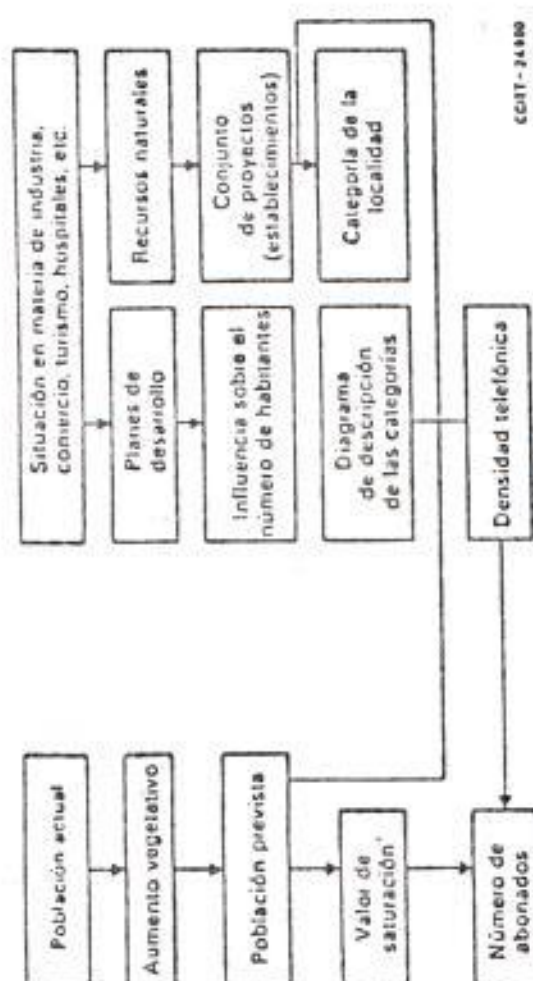


FIGURA 2.5
DIAGRAMA DEL PROCESO LOGICO DEL METODO NORMATIVO

procedimiento.

La estimación de la población futura exige el reunir y analizar una cantidad considerable de datos. El paso fundamental del procedimiento es la clasificación de las localidades, que se basa en el número de alojamientos y la importancia industrial, comercial y administrativa. En esta fase el número de categorías que se adopta es arbitrario.

Las estadísticas internacionales que indican las densidades telefónicas para las diversas categorías de localidades se ajustan a la clasificación siguiente:

Categoría I : pequeña localidad rural (aldea agrícola)

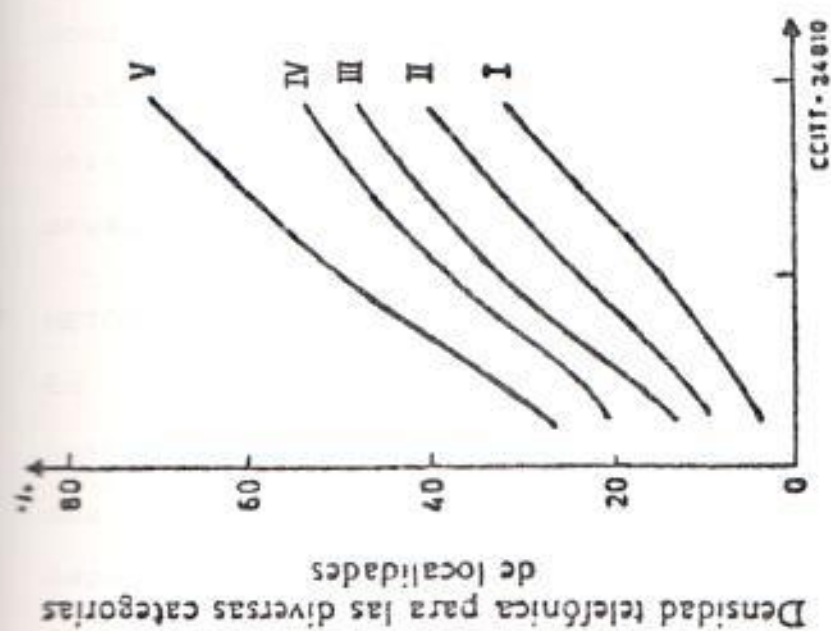
Categoría II : pequeña localidad industrial (aldea agrícola con importante instalación industrial)

Categoría III: Ciudad de provincias (población de mediana importancia)

Categoría IV : capital (ciudad)

Categoría V : centro administrativo (centro territorial)

En la figura 2.6 puede verse un diagrama basado en estadísticas internacionales, que indica la relación entre la densidad telefónica correspondiente a cada



Media nacional de abonados/100 habitantes

FIGURA 2.6
MÉTODO NORMATIVO

categoría y la densidad telefónica nacional media.

Para hallar los valores de la densidad telefónica para cada categoría de localidades, se estima en primer lugar el valor nacional medio para diferentes épocas y se leen seguidamente en el gráfico los valores apropiados de densidad telefónica.

Debe tenerse presente, no obstante, que la mayoría de estos diagramas se basan en estadísticas de países donde el desarrollo del servicio telefónico en las distintas localidades muestra cierta regularidad y uniformidad. Por ello, deben utilizarse con gran prudencia en los países que así no ocurra.

2.7 METODO CAUSAL

En las previsiones cuantitativas, los valores buscados pueden expresarse en función del tiempo, ya sea analíticamente o gráficamente. La relación de dependencia de la variable analizada con respecto a los demás factores se incorpora en una o dos constantes. Un modelo causal permite describir esas relaciones de modo más diferenciado, ya que no se basa en un parámetro único. Además, los modelos que son función del tiempo revelan la existencia de una relación determinista entre la variable objeto de la previsión y los factores determinísticos. Los modelos causales pueden ser lineales (apropiados para

la planificación a corto plazo) y expresan relaciones estocásticas, por lo que reflejan la realidad mucho mejor que los modelos clásicos.

El método causal lineal se basa en la regresión lineal y en los datos siguientes:

- el logaritmo del factor que caracteriza el crecimiento anual de la densidad telefónica durante el periodo anterior

$$\ln \frac{q(t)}{q(t-1)} = u \quad (2.9)$$

- el logaritmo de la tasa de crecimiento del ingreso nacional

$$\ln \frac{PNB(t)}{PNB(t-1)} = Y \quad (2.10)$$

- las modificaciones de las cuotas de instalación y de arriendo, P_a
- las modificaciones de la tarifa, P_e .

Sirviéndose de estos datos, se emplea la expresión siguiente para estimar el valor del crecimiento anual de la demanda telefónica:

$$Q = a_1 \cdot u + a_2 \cdot Y + a_3 \cdot P_a + a_4 \cdot P_e + a_5 \quad (2.11)$$

con los siguientes valores aproximados para las

constantes:

$$a_1 = 0.52; \quad a_2 = 0.15; \quad a_3 = 0.2; \quad a_4 = 0.1; \quad a_5 = 0.03$$

Cabe obtener una estimación más exacta clasificando los aparatos telefónicos en tres grupos:

- teléfonos de entidades comerciales, oficiales y comunales.....(B=Business)
- teléfonos particulares.....F(F=Flat)
- teléfonos públicos y para otro fines.....
.....M(M=Multipurpose)

Es posible obtener una primera aproximación para cada grupo empleando el método iterativo. Sea E la situación financiera de una familia o empresa.

Entonces, si

$E > E_s$, la familia o empresa puede solicitar la instalación de un teléfono, mientras que si $E \leq E_s$, no se solicitará tal instalación.

Si se determina el número de familias residentes en la zona examinada que para un año dado ($t=0$) disponen de unos ingresos superiores a E_s , se obtendrá un valor hipotético representativo del número de teléfonos particulares existentes.

El número total de familias es ahora N_{h0} , y en el futuro, N_h .

El ingreso nacional para el año $t = 0$ es v_0 y en el año para el que se efectúa la previsión habrá alcanzado el valor v_1 .

Simultáneamente, la población de la zona habrá aumentado de N_0 a N_1 .

Por consiguiente, el aumento del ingreso nacional per cápita responderá a la siguiente ecuación:

$$\Gamma = \frac{v_1 \cdot N_0}{v_0 \cdot N_1} \quad (2.12)$$

Sean δ_0 y δ_1 las porciones del ingreso nacional que las familias pueden gastar en el año correspondiente a $t = 0$ y en el año para el que se ha hecho la previsión, respectivamente. Utilizando tales valores, se obtiene la siguiente expresión del aumento de los ingresos por familia:

$$\frac{E(t)}{E(0)} = \Gamma \frac{\delta_1}{\delta_0} \cdot \frac{N_1 / N_h}{N_0 / N_{h0}} \quad (2.13)$$

Si las tarifas y los servicios permanecen invariables, $E(t) = E(0)$. En tal caso, en lo que se refiere al número de teléfonos particulares correspondientes al umbral E_s , puede escribirse:

$$\begin{aligned}
 N_s^{(F)}(t) &= N_s^{(F)}(0) \cdot \frac{E(t)}{E(0)} \\
 &= N_s^{(F)}(0) \cdot T \frac{\delta}{\epsilon} \frac{N_i}{N_{i0}} \frac{N_{h0}}{N_h} \quad (2.14)
 \end{aligned}$$

Si el valor de umbral para la instalación de teléfonos se modifica, el aumento previsible en el número de teléfonos particulares $N_s^{(F)}$ puede expresarse por:

$$\begin{aligned}
 \frac{N_s^{(F)}(t)}{N_s^{(F)}(0)} &= \frac{E(0)}{E(t)} \cdot T \frac{\delta}{\epsilon} \frac{N_i}{N_{i0}} \frac{N_{h0}}{N_h} \quad (2.15)
 \end{aligned}$$

Se advierte, pues, que es posible calcular el aumento del número de teléfonos particulares a partir del ingreso nacional, considerado como factor principal.

El crecimiento de la población viene dado por $N_i(t)/N_i(0)$ y este factor será decisivo en el desarrollo, al igual que en el caso de los servicios telefónicos en que la relación $E(0)/E(t)$ depende de la tarifa. Así pues,

$$\begin{aligned}
 \frac{N_i^{(B)}(t)}{N_i^{(B)}(0)} &= \frac{E(0)}{E(t)} \frac{N_i(t)}{N_i(0)} \quad (2.16)
 \end{aligned}$$

El crecimiento del número de teléfonos destinados a diversos fines y de teléfonos públicos $N^{(M)}$ es difícil de estimar, pero ello no es muy importante para los cálculos ya que $N^{(F)} > N^{(M)}$. Por consiguiente, si suponemos que

$$\frac{N^{(M)}(0)}{N^{(M)}(t)} = \frac{N^{(F)}(0)}{N^{(F)}(t)} \quad (2.17)$$

solo introduciremos un pequeño error en el resultado final, o sea

$$N(t) = N^{(F)}(t) + N^{(B)}(t) + N^{(M)}(t) \quad (2.18)$$

La distribución de los ingresos y su función de densidad $\phi(E)$ pueden verse en la figura 2.7. Esta relación puede expresarse por la ecuación:

$$q(t) = P(E = E_s) = \int_{E_s}^a \phi(E) dE \quad (2.19)$$

También puede dársele la forma siguiente más adecuada:

$$q(t) = 1 - P(E = E_s) = 1 - \int_0^{E_s} \phi(E) dE \quad (2.20)$$

o bien expresarse mediante la fórmula empírica

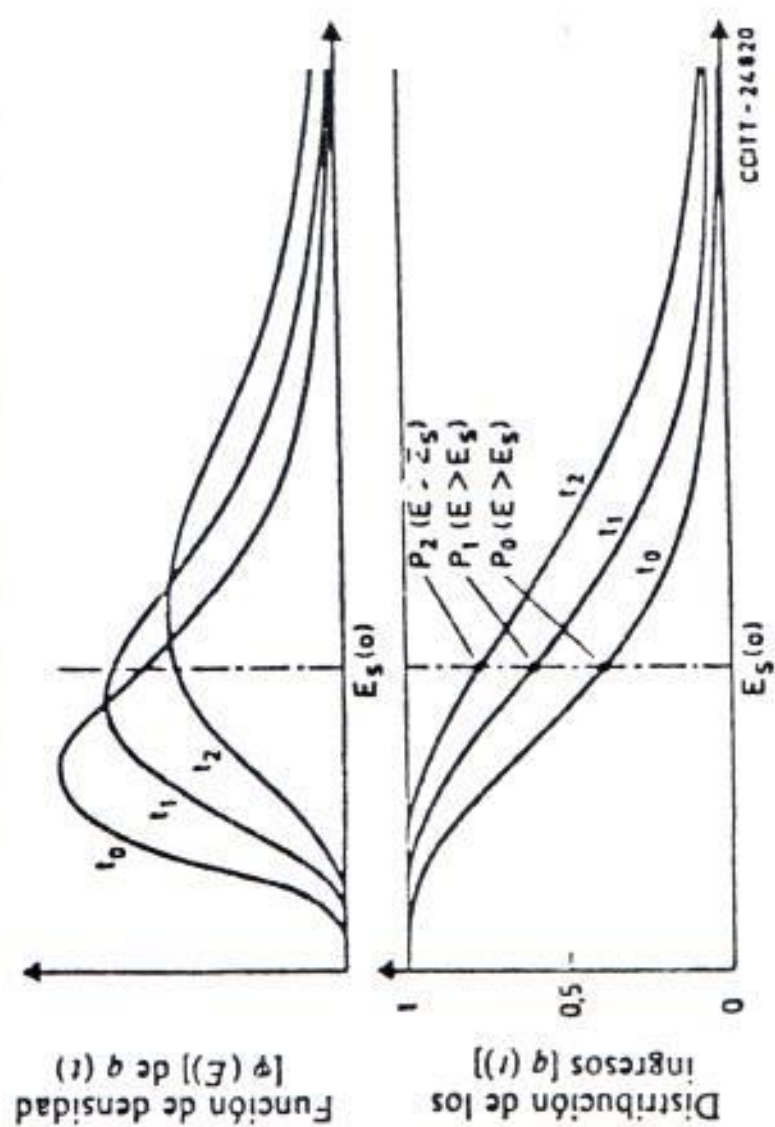


FIGURA 2.7
DISTRIBUCION DE LOS INGRESOS Y FUNCION DE DENSIDAD

(2.21)

$$P(E \leq E_s) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^{E_s} \frac{1}{E} \cdot \exp \left[-\frac{(\ln E/E)^2}{2 (\sigma)^2} \right] dE$$

en la cual E es la mediana, y σ la varianza de la distribución. Por consiguiente, esta curva es útil para determinar en cálculos más precisos el umbral y el efecto de una modificación de los ingresos. Tal cálculo reemplazará así a las relaciones lineales.

Cuando se emplea un computador, lo que ha de determinarse son los cocientes correspondientes a los diferentes valores de E que han de determinarse en la distribución logarítmica normal. En este caso pueden observarse en detalle las formas que adoptan σ y E en función del tiempo.

CAPITULO III

ESTRUCTURA DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES

3.1 ELECCION DE LA UBICACION DE UNA CENTRAL EN UNA ZONA DADA

En todo estudio, uno de los elementos básicos consiste en determinar la ubicación óptima para instalar una central en los límites de una zona dada con costos de instalación de líneas mínimos. Esta ubicación se determina tras un estudio detallado de los costos que entrañaría la instalación de las líneas de la red desde cierto número de ubicaciones posibles de la central.

A fin de limitar el número de soluciones posibles para las que hay que evaluar el costo, conviene poder determinar una ubicación teórica de la central cerca de la cual se hallará la ubicación óptima. La ubicación óptima de la central depende del plan real y del plan propuesto de rutas de cables de la zona de la central y, para determinarlo, se estudian las posibles ubicaciones de la central en estas rutas. Por consiguiente, hay que proceder simultáneamente a la elección de la ubicación de la central y al trazado de rutas de cables.

En las zonas donde la disposición de las líneas de la

red es sencilla, la ubicación óptima de la central se encontrará, naturalmente, cerca de uno o dos puntos de intersección de las rutas de cables existentes o en proyecto. En las zonas congestionadas, donde la disposición de las instalaciones es más complicada, es posible que existan varios puntos de intersección de esta naturaleza, cada uno de los cuales puede ser la ubicación teórica de la central. En ambos casos, es necesario proceder a un estudio detallado de los costos correspondientes para elegir la ubicación óptima.

Otro método, a menudo menos difícil consiste en considerar solamente las variaciones de los costos correspondientes al desplazamiento de la central de un punto elegido arbitrariamente a otros puntos situados en rutas de cables existentes o en proyecto.

Para la ubicación teórica de la central en una zona determinada los pasos a efectuar son los siguientes:

- 1) Establézcase un mapa a escala de la zona de la central estudiada. Divídase el mapa en cuadrados de dimensiones iguales.
- 2) Obténgase las previsiones a largo plazo relativas a las líneas de abonado que han de conectarse en la zona estudiada.
- 3) Distribúyase las previsiones entre los cuadrados

apropiados. Puede tenerse en cuenta el efecto de los circuitos de enlace y de los circuitos interurbanos indicando las concentraciones de líneas suplementarias en el punto en que estos circuitos penetran en la zona estudiada.

- 4) Inscríbase el total de las líneas correspondientes a cada columna y a cada fila. Véase figura 3.1
- 5) Trácese una línea vertical que divida las previsiones en dos partes iguales.
- 6) Trácese luego una línea horizontal análoga.
- 7) El punto de intersección de las dos líneas corresponderá a la ubicación teórica de la central. Este método no tiene en cuenta la existencia de cables ya tendidos.
- 8) Elijase una o más ubicaciones teóricas de la central. Es posible que la ubicación óptima de la central coincida - aunque no necesariamente - con la teórica. El ingeniero deberá pues elegir muy juiciosamente la ubicación definitiva de la central teniendo en cuenta el esquema de los cables existentes, obstáculos, nuevas autopistas, etc.

Cuando se emprende un estudio detallado para determinar la ubicación óptima de la central deben hacerse varias hipótesis teniendo en cuenta: las limita-

[illegible]

FIGURA 3.1
MAPA DE DENSIDADES

ciones impuestas por los sistemas de señalización, por los objetivos de calidad de transmisión y por los tipos de aparatos de abonado, el emplazamiento de futuros abonados y el trazado de los cables principales de cada ubicación teórica de la central.

Se procede por aproximaciones sucesivas para establecer la ubicación teórica o la óptima de la central por medio de una técnica detallada. Este estudio puede efectuarse de varias maneras, principalmente según el método siguiente:

- 1) Se establece un mapa a escala de la zona estudiada y se le divide en cuadrados de dimensiones iguales. Se indica en el mapa las rutas de cables existentes y probables. Se consideran las calles principales como posibles trayectos para cables futuros.
- 2) Se obtienen las previsiones a largo plazo relativas a los abonados de la zona estudiada.
- 3) Se distribuyen estas previsiones entre los cuadrados apropiados.
- 4) Se elige una ubicación teórica (T_1), teniendo en cuenta el punto o puntos teóricos obtenidos por el método descrito anteriormente, y se traza la red de cables susceptibles a dar servicio a todos los abonados de la zona estudiada.

- 5) Utilizando un instrumento de medición cartográfica o una regla graduada, se mide la longitud total (pares por kilómetros) de cada diámetro de los conductores necesarios para asegurar el servicio en cada cuadrado de la zona.
- 6) Se inscribe el resultado de las mediciones efectuadas por el procedimiento descrito en el apartado 5. Estos valores sólo deberán indicarse por separado para disociar los diámetros de los conductores.
- 7) Se obtiene el costo medio del par por km. para los conductores de diversos diámetros, teniendo en cuenta el costo medio de los postes, de los conductores y de las canalizaciones.
- 8) Se multiplica el costo medio (obtenido por el método descrito en el apartado 7) por el número de kilómetros de pares obtenido (por el método descrito en el apartado 5). El producto representará el coste medio del servicio a partir de la ubicación teórica T_1 .
- 9) Se modifica la ubicación teórica y se repiten las operaciones descritas en los apartados 4), 5), 6), 7) y 8). Se prosigue el procedimiento hasta que se encuentra una ubicación teórica para la que el coste de las instalaciones exteriores sea el mínimo. Para esta ubicación, las influencias que ejercen las líneas situadas en el interior de

la zona de la central, a lo largo de las diferentes rutas de cables, se compensan.

Puede también establecerse el costo medio de los circuitos interurbanos y de los circuitos de enlace y hacerlo figurar en el estudio para determinar el efecto que ejerce en la ubicación de la central.

2.2 ESTUDIO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACION EN UNA ZONA DE VARIAS CENTRALES.

El costo de la ampliación de una red local dada depende de los factores siguientes, cuya determinación corresponde al encargado de establecer los planes:

- número de centrales;
- ubicación de las centrales;
- límites de las zonas de central;
- plan de la red de circuitos de enlace.

Todos estos factores determinantes de los costos dependen unos de otros y, dada la gran complejidad de la relación que los liga al costo total, el plan más económico sólo puede establecerse mediante comparaciones de costos para las cuales hay que tener en cuenta factores limitativos tales como las condiciones extremas de señalización y de transmisión, las probabilidades de pérdida admitidas

para el curso del tráfico, las instalaciones existentes y diversos factores geográficos (montañas, lagos, ríos y configuración general de la aglomeración).

De acuerdo con este método, se hacen varias hipótesis sobre el número de centrales. Para cada número considerado, se efectúan los cálculos en dos etapas principales:

- a) determinación de la ubicación de las centrales y de los límites de zona de central;
- b) planificación de la red de circuitos de enlace.

La comparación de los costos totales correspondientes a los distintos números de centrales permite elegir la mejor solución.

3.3 NUMERO Y UBICACION DE LAS CENTRALES LOCALES Y LIMITES DE LAS ZONAS DE CENTRAL

Como ya se ha dicho, el mejor método para determinar el número de centrales locales es el de las comparaciones económicas. Con este fin, se establecen varias hipótesis en cuanto al número de centrales. Para cada número seleccionado, se determinan las ubicaciones de las centrales y los límites de las zonas correspondientes y se calculan los costos de las redes de líneas de abonado. A los costos obtenidos se les suman los terrenos, edificios y equipos de las centrales, así como los de los

circuitos de enlace. De este modo, se obtiene cierto número de soluciones preferibles, entre las cuales puede elegirse la mejor.

En estos cálculos hay que tener en cuenta la vida útil y los gastos de explotación y de mantenimiento de los distintos elementos de la red.

Cuando el número de centrales es reducido, puede calcularse la red de circuitos de enlace partiendo de la hipótesis simplificadora de que se trata de una red enteramente en malla (o de una red en estrella, si hay poco tráfico) y esperar a que se haya fijado el número de centrales para determinar exactamente la estructura de la red de circuitos de enlace. En cambio, en las grandes redes con numerosas centrales, el costo de la red de circuitos de enlace puede llegar a ser tan elevado, que puede ser necesario establecer un plan detallado para cada caso.

Las ubicaciones de las centrales y los límites de las zonas a que dan servicio se determinan por procedimientos iterativos. Se fija primero la ubicación de las centrales por aproximaciones sucesivas y se determinan los límites de las zonas correspondientes o viceversa. Estos límites sirven para fijar las nuevas ubicaciones de las centrales, las cuales proporcionan nuevos límites, o viceversa,

y así sucesivamente.

En este proceso puede tenerse en cuenta, en la forma siguiente, la influencia de los circuitos de enlace en la ubicación de las centrales y en los límites de las zonas de central, respectivamente.

- Ubicación de las centrales

Suponiendo que se conocen los límites, la determinación de la ubicación de una central se hace según se indicó en 3.1.

- Límites de las zonas

La determinación de los límites, suponiendo que se conoce la ubicación de las centrales, se hace de modo que los abonados correspondientes a un cuadrado determinado estén adscritos a una central para que la suma de los costos proporcionales de las líneas de abonado y de los circuitos de enlace hacia las demás centrales sea la mejor.

El resultado será que el límite entre una zona de central con gran densidad de abonados (central más importante) y una zona de central de poca densidad de abonados (central menos importante) se desplazará hacia la central menos importante.

3.4 RED DE CIRCUITOS DE ENLACE

Los circuitos que enlazan las centrales de una zona

de varias centrales pueden clasificarse en tres categorías. Ver figura 3.2.

- a) circuitos directos, por los que se cursa directamente la totalidad del tráfico de una central a otra;
- b) circuitos tándem, por los que la totalidad del tráfico entre dos centrales se cursa a través de una o dos centrales tándem;
- c) rutas alternativas; en este caso, el tráfico busca en primer lugar un circuito directo y, si todos los circuitos están ocupados, uno o más circuitos tándem que pasen por una o dos centrales tándem.

Cuando se utiliza el encaminamiento alternativo, el tráfico se ofrece a uno o más haces de circuitos de gran utilización que lleguen a la central de destino. El tráfico de desbordamiento de estos haces se concentra en una red con conmutación en tándem apropiada, de modo que llegue a la central de destino por una ruta de encaminamiento que constituye la ruta de última elección. Este principio del encaminamiento alternativo puede dar lugar a la realización de una red de circuitos de enlace menos costosa, pero puede también entrañar gastos adicionales imputables a los equipos de conmutación, más costosos (en el caso de pequeñas centrales, estos gastos pueden ser, final-

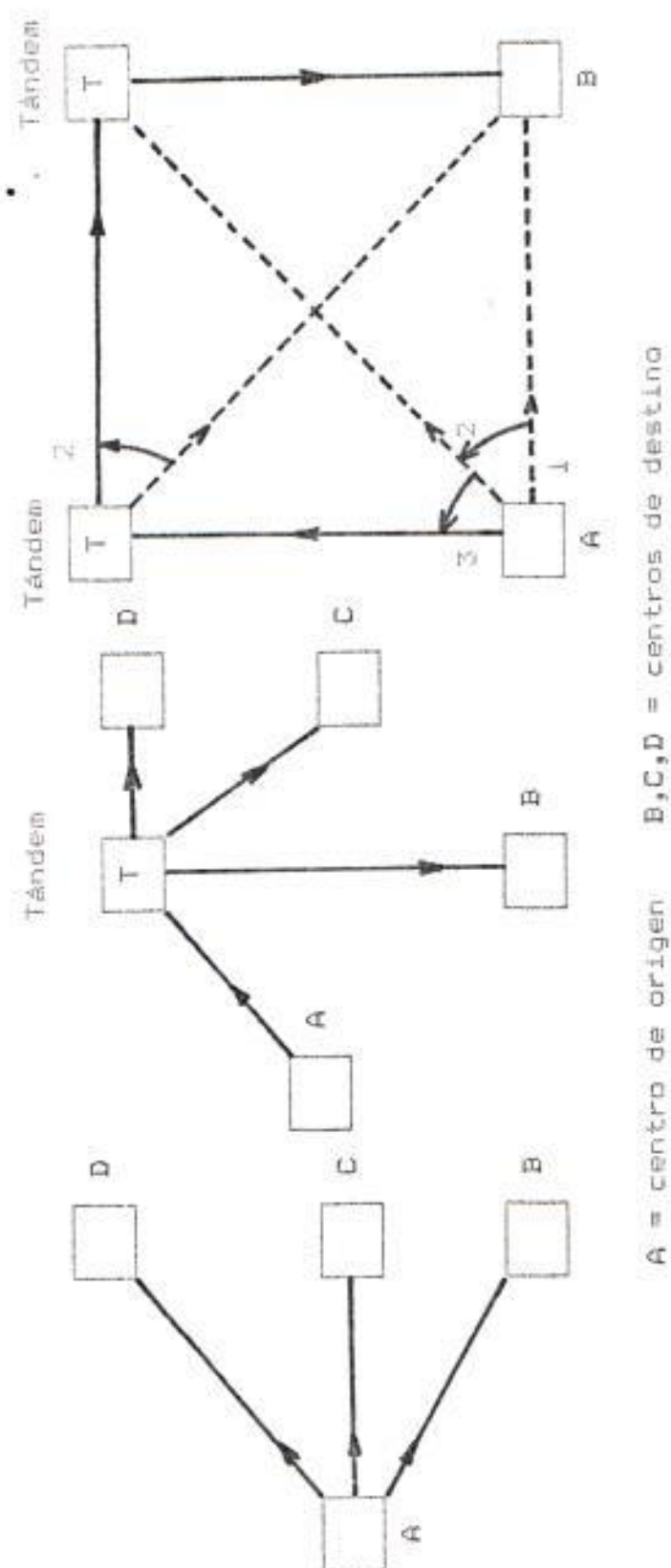


FIGURA 3.2
ENCAMINAMIENTO POR CIRCUITOS DIRECTOS, POR CIRCUITOS TÁNDEM O ENCAMINAMIENTO ALTERNATIVO EN UNA RED DE CIRCUITOS DE ENLACE

mente, más elevados que las economías realizadas sobre el costo de los circuitos de enlace). En fin, con una red con encaminamiento alternativo el curso del tráfico es mucho mayor, ya que puede absorber las sobrecargas de tráfico local, pero es más sensible a un aumento general del tráfico en conjunto.

Una red con encaminamiento alternativo viene definida por las tres series de datos siguientes:

Esquema de itinerarios de cables

El esquema de itinerarios de cables indica los trayectos admisibles en la red y puede definirse por una matriz que muestra las distancias entre nudos adyacentes de la red. La figura 3.3 muestra, a título de ejemplo, un esquema parcial de itinerarios de cables de una red local y la matriz correspondiente.

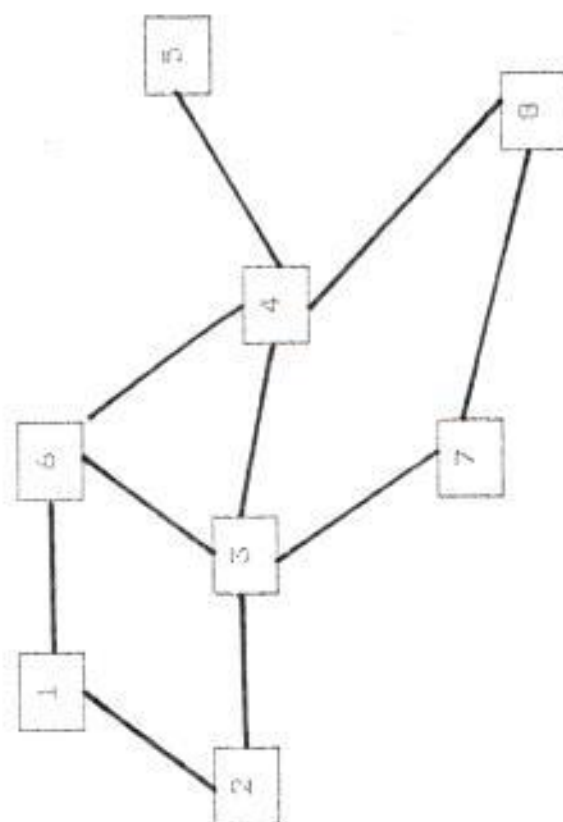
Esquema de circuitos de enlace

El esquema de circuitos de enlace comprende:

- a) el principio de encaminamiento, esto es, la indicación de las rutas de primera, segunda, tercera, etc, elección posibles entre las centrales. En la figuras 3.3 y 3.6 se dan ejemplos de principios de encaminamiento distintos.
- b) la ubicación de las centrales tándem;
- c) la superficie de las zonas tándem.

El esquema de itinerarios de cables y el de circuitos

a) Esquema de itinerarios de cables



b) Matriz de cables correspondiente

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	3.2						
2		-	3.0					
3			-	4.0		3.0		
4				-	3.8	4.6		4.0
5					-			
6						-		
7							-	5.5
8								-

FIGURA 3.3

ESQUEMA RELATIVO A UN EJEMPLO DE ITINERARIOS DE CABLES EN UNA RED LOCAL, Y MATRIZ CORRESPONDIENTE

de enlace definen la estructura de la red.

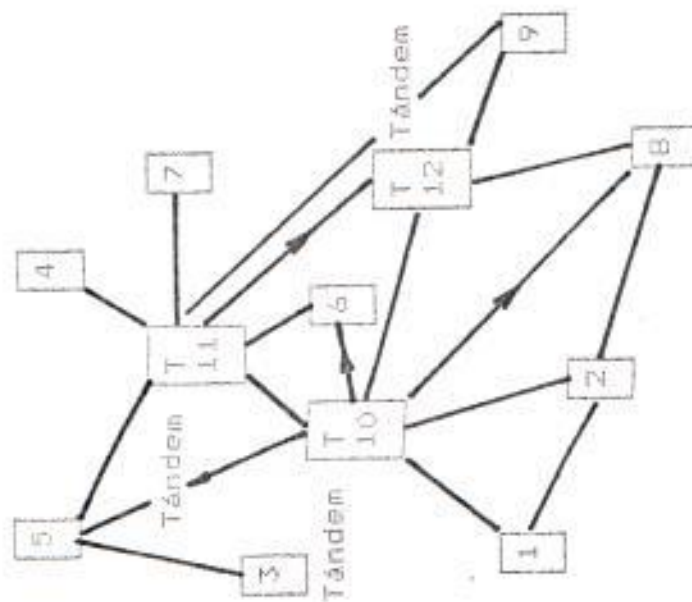
En la figura 3.4 se da un ejemplo de esquema de enlace para nueve centrales 1,2,...,9, con tres etapas tándem según el principio de encaminamiento definido por 3.6. En este caso,

- las centrales 1,2,3 pertenecen a la zona tándem 10;
- las centrales 4,5,6,7 pertenecen a la zona tándem 11;
- las centrales 8,9 pertenecen a la zona tándem 12.

Este esquema puede representarse por las dos matrices indicadas en la figura 3.4. Las etapas tándem pueden coincidir geográficamente con las centrales, pero no es indispensable.

Deben definirse los tipos de circuitos de enlace (no pupinizados, pupinizados, con amplificación, por portadoras, etc.), así como el número de circuitos de enlace en las rutas e itinerarios de cables, según el plan de transmisión.

El establecimiento de una red de circuitos de enlace implica la determinación de las series de datos anteriormente indicados de modo que el costo total sea lo más reducido posible y que las pérdidas de transmisión no excedan de los valores determinados.



—●— tráfico unidireccional
 t circuitos tándem
 h circuitos de gran utilización
 d circuitos directos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	d	t	t	t	t	t	t	t
2	d	-	t	t	t	t	t	h	t
3	t	t	-	t	h	t	t	t	t
4	t	t	t	-	t	t	h	t	t
5	t	t	h	t	-	t	t	t	t
6	t	t	t	t	t	-	t	t	t
7	t	t	t	h	t	t	-	t	t
8	t	h	t	t	t	t	t	-	t
9	t	t	t	t	t	t	t	t	-

10	d	d	d	t	h	h	t	h	t
11	t	t	t	d	d	d	d	t	h
12	t	t	t	t	t	t	t	d	d

FIGURA 3.4

EJEMPLO DE UN ESQUEMA DE CIRCUITOS DE ENLACE, Y MATRICES CORRESPONDIENTES

No es posible dar simultáneamente a todas las variables arriba indicadas su valor más favorable. Es preciso aplicar métodos iterativos y formular hipótesis diferentes sobre la estructura de la red para establecer el plan de la misma.

Por ejemplo, los itinerarios de cables representados en la figura 3.3 pueden prolongarse directamente entre las centrales 1 y 3 y suprimirse el itinerario de cable 7-8, etc.

Una red local puede estar dotada de 1, 2 ó 3 centrales tándem instaladas en ubicaciones diferentes, con superficies variables para las zonas tándem correspondientes.

Para cada hipótesis relativa a un esquema de los itinerarios de cables y de los circuitos de enlace, hay que determinar el número de circuitos de enlace en las rutas de gran utilización y en las rutas tándem, a fin de que el costo total sea lo más reducido posible.

Los datos necesarios para estos cálculos son:

- 1) el tráfico ofrecido entre las centrales;
- 2) el costo por un circuito de enlace suplementario; este costo puede expresarse por la fórmula:

$$B = c + b \cdot l \quad (3.1)$$

donde

c es el costo del equipo de conmutación por circuito;

b es el costo de un circuito de enlace suplementario por unidad de longitud (kilómetro o milla);

l es la longitud de los circuitos de enlace.

El costo por unidad de longitud, b, depende del tipo de circuito que hay que adoptar para respetar los límites de transmisión y de señalización;

3) el grado de servicio; este último dato puede definirse en función de la congestión media total o en función de la congestión media en el haz de circuitos de desbordamiento.

La elección del tipo de circuito que ha de utilizarse entre dos centrales: circuito tandem (T), circuito de gran utilización (H) o circuito directo (D), depende principalmente del tráfico ofrecido A entre las dos centrales y de la relación de costes ξ :

$$\xi = \frac{B}{\frac{B_1 + B_2}{2}} \quad (3.2)$$

entre los costos suplementarios de un circuito

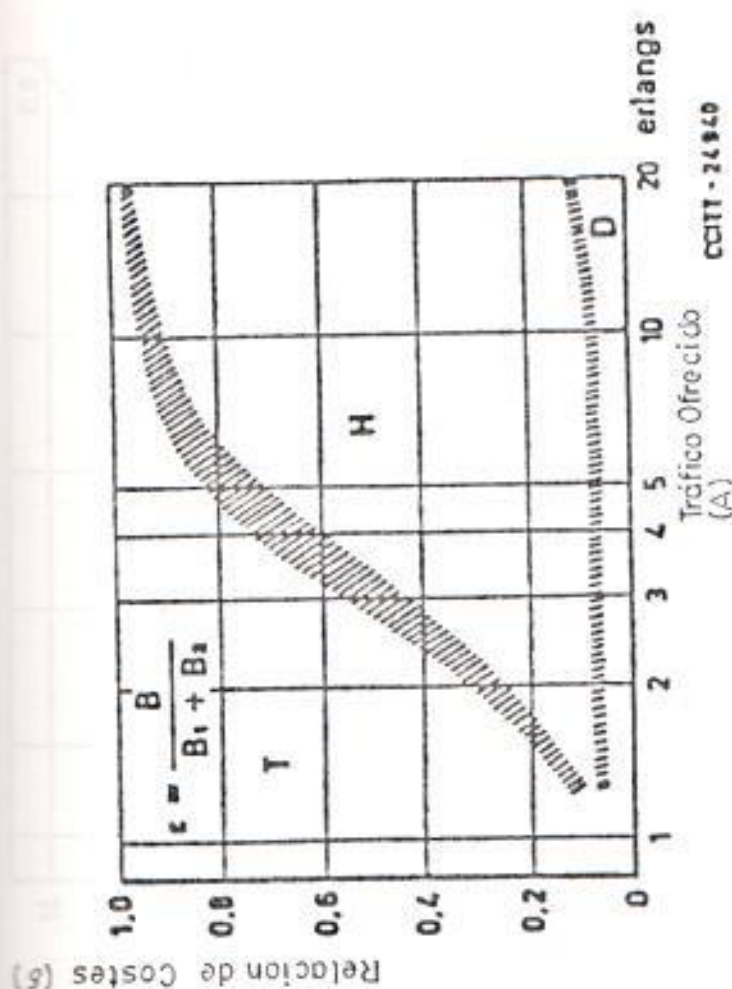
directo y de una conexión tandem. En la figura 3.5 se muestra, a título de ejemplo, los tipos de circuitos (T), (H) o (D) que han de utilizarse en función del tráfico ofrecido entre las centrales y de la relación costes δ , a condición de que el número de circuitos de la ruta de gran utilización sea por lo menos igual a cuatro.

El número de circuitos de enlace de gran utilización que han de preverse para las rutas en que se utilizan circuitos directos deberá calcularse de modo que los costos de los circuitos de enlace de gran utilización y tandem sea lo más reducida posible.

A modo de ejemplo, en la figura 3.6 se indica el costo $C(n)$ correspondiente a un tráfico ofrecido de 10 erlangs en función del número de circuitos de gran utilización, para diferentes valores de la relación de costes δ . De la figura se desprende que el número óptimo de circuitos de enlace de gran utilización aumenta cuando el valor de la relación de costes δ disminuye.

Para determinar el número de circuitos de enlace de gran utilización, se aplica muy a menudo la fórmula aproximada:

$$F(n, A) = A [E(n, A) - E(n+1, A)] = \delta \cdot \sigma \quad (3.3)$$



T, H, D = Esferas de utilización tándem, de circuitos de gran utilización y de circuitos directos en función del tráfico ofrecido entre centrales y de la relación de costes entre circuitos de gran utilización y circuitos tándem. Número mínimo de circuitos en las rutas de gran utilización = 4

FIGURA 3.5
DIAGRAMA T, H, D

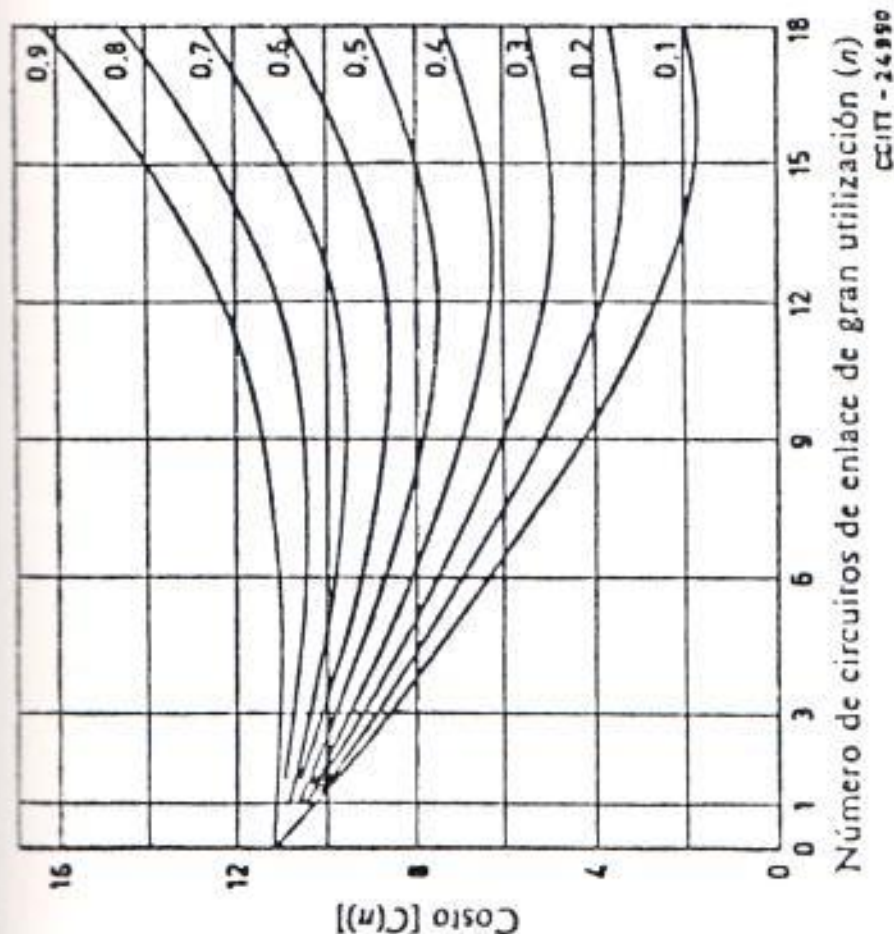


FIGURA 3.6
EJEMPLO DE VARIACION DEL COSTO $C(n)$ POR CURSAR UN TRAFICO DE 10 ERLANGS (POR RUTAS DE GRAN UTILIZACION Y POR RUTAS (TANDEM)), EN FUNCION DEL NUMERO n DE CIRCUITOS DE ENLACE DE GRAN UTILIZACION

donde:

- E es el grado de servicio;
- n es el número de circuitos de gran utilización;
- A es el tráfico ofrecido entre centrales;
- $F(n, A)$ es la función de mejora (correspondiente al aumento del tráfico cursado por los circuitos de enlace de gran utilización cuando el número de los mismos pasa de n a $n + 1$);
- σ es el rendimiento de los circuitos de enlace suplementarios (utilización marginal) (valor comprendido entre 0,6 y 0,8);
- δ es la relación de costes

Ahora bien, esta fórmula tiene el inconveniente de indicar un número demasiado elevado de circuitos de gran utilización cuando la relación de costes δ tiene un valor elevado o cuando el tráfico es poco importante.

Con la fórmula siguiente se obtiene una mejor aproximación,

$$F(n, A) = \delta [1 - 0,3 (1 - \delta^2)] \quad (3.4)$$

pues da resultados que concuerdan con los de los cálculos realizados con un computador.

Una vez determinado el número de circuitos de gran utilización, puede calcularse el tráfico ofrecido en

todas las rutas de la red.

Consideremos, por ejemplo, una red correspondiente al esquema de la figura 3.7, que comprende rutas pertenecientes a tres categorías de elección.

En este ejemplo

- i es la central de origen en la zona tándem t ;
- j es la central de destino en la zona tándem u ;
- $i-j$ es la ruta de primera elección;
- $i-t-j$ es la ruta de segunda elección;
- $i-t-u-j$ es la ruta de tercera elección;
- P_{ij} es el tráfico rehusado (tráfico de desbordamiento) por la ruta de gran utilización ij ;
- P_{tj} es el tráfico rehusado (tráfico de desbordamiento) por la ruta de gran utilización tj ;

$$\text{tráfico por la ruta } it: A_{it} = \sum_j P_{ij}$$

representa la suma del tráfico rehusado proveniente de i y destinado a todas las demás centrales;

$$\text{tráfico por la ruta } tj: A_{tj} = \sum_{i \in t} P_{ij}$$

representa la suma del tráfico rehusado proveniente de todas las centrales pertenecientes a la zona tándem t y destinado a la central j de la zona tándem

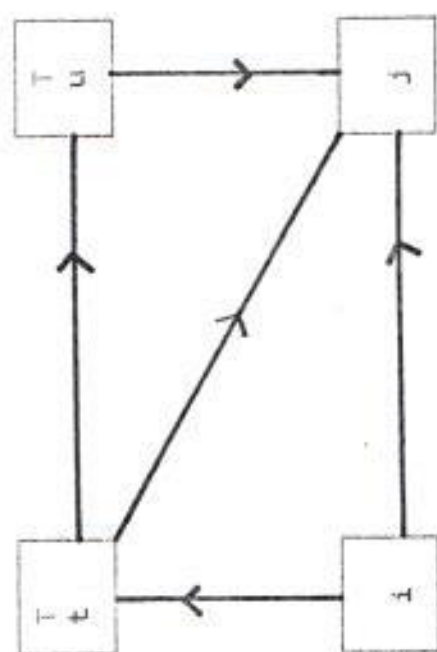


FIGURA 3.7
CURSO DEL TRAFICO EN UNA RED CON TRES POSIBILIDADES DE ENCAMINAMIENTO

u;

tráfico por la ruta tu: $A_{tu} = \sum_{j \in u} P_{tj}$

representa la suma del tráfico rehusado proveniente de todas las centrales situadas en la zona tandem u;

tráfico por la ruta uj: $A_{uj} = \sum_{i \in u} P_{tj} + \sum_{i \in u} P_{ij}$

y representa la suma del tráfico rehusado proveniente de todas las centrales situadas en la zona tandem u y destinado a la central j de la misma zona, más el tráfico rehusado proveniente de centrales tandem distintas de u y destinado a la misma central j.

En la figura 3.8 el tráfico rehusado proveniente de una ruta de gran utilización de n circuitos está representado por las superficies sombreadas situadas por encima del eje n-n. Es evidente que la naturaleza de este tráfico que va a cursarse por una ruta tandem difiere de la del tráfico ofrecido a una ruta de gran utilización y no puede definirse únicamente por su valor medio. Hay que tener en cuenta también la varianza del tráfico.

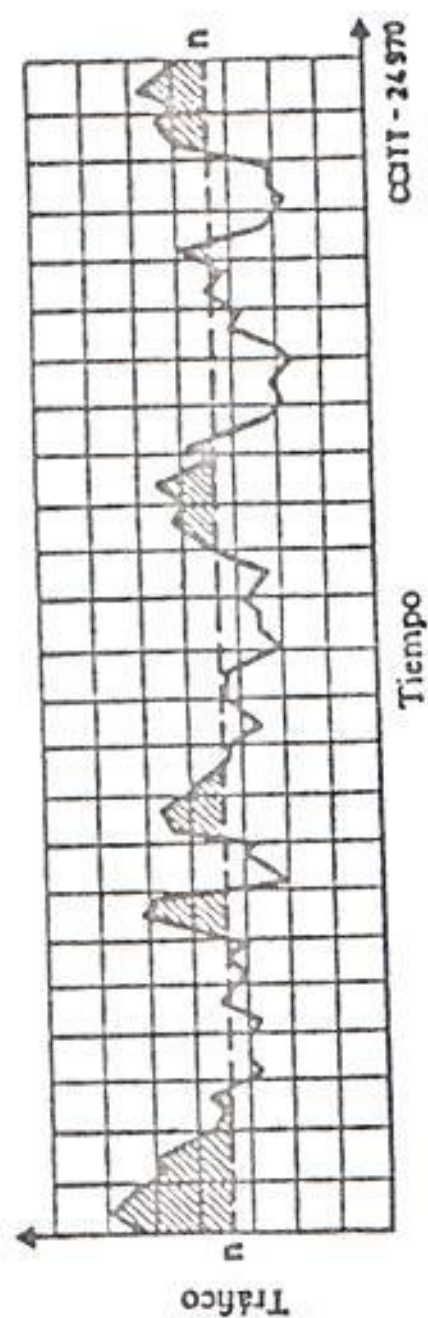


FIGURA 3.6
TRAFICO REHUSADO PROVENIENTE DE UNA RUTA DE GRAN UTILIZACION

CAPITULO IV

DIMENSIONAMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DEL PICHINCHA.

4.1 CALCULO DEL NUMERO DE ABONADOS Y DEL TRAFICO TELEFONICO PARA LAS DIFERENTES ZONAS RURALES.

Se estudió en el Capitulo II la existencia de una clara correlación entre la demanda telefónica y el producto interno bruto per cápita a precios constantes (P.I.B.P). Ver Tabla II.

La Ecuación que expresa la relación mencionada es la siguiente:

$$\log D = A + B \log P \quad (4.1)$$

Se han determinado dos ecuaciones:

$$\text{Log } D = -1.5493 + 1.6079 \text{ Log } P \quad (4.2)$$

con coeficiente de correlación $R = 0.95299$

$$\text{Log } D = -2.2366 + 2.1929 \text{ Log } P \quad (4.3)$$

con coeficiente de correlación $R = 0.9810$

Donde:

P: en miles de sucres

D: No. de líneas/100 habitantes

La ecuación 4.2 toma en cuenta los datos que corresponden a los valores históricos desde 1943 hasta 1984

AÑO	POBLACION (MILES)	LINEAS PRINCIPALES	P.I.B. 1975=100	DENSIDAD TELEFONICA (D)	P.I.B.P. 1975=100
1960	4412.9		40590		9.20
1961	4551.5		42670		9.37
1962	4695.8		44769		9.53
1963	4845.8		45712	0.86	9.43
1964	5001.4	41444	49098	0.91	9.82
1965	5162.4	45350	50706	0.93	9.82
1966	5329.7	48042	51945	0.99	9.75
1967	5503.1	52582	55512	1.08	10.09
1968	5681.8	59410	57749	1.20	10.16
1969	5864.6	68435	59096	1.37	10.08
1970	6050.6	80240	62912	1.48	10.40
1971	6239.5	89520	66852	1.75	10.71
1972	6432.2	109177	76493	1.87	11.89
1973	6628.8	120542	95867	1.97	14.46
1974	6829.5	130754	102046	2.08	14.94
1975	7034.5	142181	107740	2.27	15.32
1976	7242.9	159889	117679	2.44	16.25
1977	7454.9	176492	125369	2.48	16.82
1978	7670.8	185115	133632	2.60	17.42
1979	7893.3	192215	140718	2.75	17.83
1980	8123.4	217120	147622	2.80	18.17
1981	8361.3	227340	153443	2.89	18.35
1982	8606.1	241704	155265	3.02	18.04
1983	8857.4	259910	150529	2.99	16.99
1984	9114.9	264898	156630	3.03	17.18
		276586			

Tabla II
DATOS A NIVEL NACIONAL

sobre la población, líneas principales y el PIB per cápita a precios constantes de 1975.

La ecuación 4.3 a diferencia de la 4.2, toma en cuenta datos del P.I.B.P ajustados a una curva mediante el método de mínimos cuadrados desde 1963 hasta 1990. Ver Tabla III.

Esta ecuación incluye las instalaciones de líneas principales previstas en el Plan de Desarrollo 1985-1988.

En la proyección del PIB per cápita hasta el año 2010 se ha considerado dos hipótesis de crecimiento a precios constantes a saber:

a) Hipótesis de relativo optimismo

Toma en cuenta la evolución histórica del P.I.B.P 75 desde el año 1950 hasta 1984. Utilizando un programa de computador para proyección por extrapolación se determinó que el coeficiente de correlación es mayor para una curva exponencial. De acuerdo a los resultados de la proyección, para el año 2010 se tendrá un P.I.B.P 75 de un valor aproximado a los 38.000 sucres. Del anterior resultado se desprende que la tasa promedio de crecimiento anual del P.I.B.P es de alrededor del 3 %.

AÑO	POBLACION (MILES)	LINEAS PRINC.	P.I.B. 1975=100	DENSIDAD TELEF. (D)	P.I.B.P 1975=100 (P)
1960	4412.9		41084.10		9.31
1961	4551.5		43557.86		9.57
1962	4695.8		46253.63		9.85
1963	4845.8	41444	49087.95	0.86	10.13
1964	5001.4	45350	52114.59	0.91	10.42
1965	5162.4	48042	55340.93	0.93	10.72
1966	5329.7	52582	58786.59	0.99	11.03
1967	5503.1	59410	62405.15	1.08	11.34
1968	5681.8	68435	66306.61	1.20	11.67
1969	5864.6	80240	70375.20	1.37	12.00
1970	6050.6	89520	74724.91	1.48	12.35
1971	6239.5	109177	79241.65	1.75	12.70
1972	6432.2	120542	84004.53	1.87	13.06
1973	6628.8	130754	89091.07	1.97	13.44
1974	6829.5	142181	94383.69	2.08	13.82
1975	7034.5	159889	100030.59	2.27	14.22
1976	7242.9	176492	105963.63	2.44	14.63
1977	7454.5	185115	112190.23	2.48	15.05
1978	7670.8	199215	118743.98	2.60	15.48
1979	7893.3	217120	125661.34	2.75	15.92
1980	8125.4	227340	133061.29	2.80	16.38
1981	8361.3	241704	140887.91	2.89	16.85
1982	8606.1	259910	149143.71	3.02	17.33
1983	8857.4	264898	157927.44	2.99	17.83
1984	9114.9	276586	167167.27	3.03	18.34
1985	9378.0		176869.08		18.86
1986	9647.1	320000	187153.74	3.32	19.40
1987	9922.5	370000	198053.10	3.73	19.96
1988	10203.7	430000	209481.96	4.21	20.53
1989	10490.2	490000	221553.02	4.67	21.12
1990	10781.6	540000	234284.17	5.01	21.73

INCLUYE DATOS DEL PLAN 85-88
VALORES AJUSTADOS DEL P.I.B.P.

TABLA III
DATOS A NIVEL NACIONAL

b) Hipótesis de relativo pesimismo.

Esta hipótesis considera los datos históricos de la década de 1973 a 1982, donde el P.I.B.P 75 creció de una forma regular. Empleando el mismo método de la hipótesis anterior y considerando un crecimiento lineal, se ha determinado que para el año 2010 el P.I.B. 75 crecerá aproximadamente a 31.500 sucres, dando como resultado una tasa anual de crecimiento del 1.8 %.

En la Tabla IV se puede apreciar los resultados para el año 2010, considerando las dos hipótesis mencionadas anteriormente para el crecimiento del P.I.B.P 75 y tomando en cuenta las ecuaciones que se han establecido para el Ecuador.

El resultado B ha sido descartado por considerar dos situaciones de pesimismo. Las otras posibilidades A, D y C determinan el rango, en donde debe estar la densidad telefónica en el año 2010. El rango es de 10 a 16.8 líneas principales por cada 100 habitantes.

Tomando en cuenta lo realizado anteriormente a nivel nacional y haciendo uso de la ecuación establecida para la lista de espera en función de la densidad telefónica, se plantea un método para determinar la densidad telefónica, el número de líneas principales, líneas de central, incremento anual, la demanda

HIPOTESIS	EQUACION 4.1		EQUACION 4.2	
	P.I.B.P.75	DENSIDAD TELEFONICA	P.I.B.P.75	DENSIDAD TELEFONICA
Relativo Optimismo	38.000 Resultado A	10	38.000 Resultado C	16.8
Relativo Pesimismo	31.500 Resultado B	7	31.500 Resultado D	11

TABLA IV
PARA EL AÑO 2010

insatisfecha y la demanda total a nivel nacional para cada uno de los años del periodo 1985-2010.

a.- Para el periodo 1985-1990, se establecieron los valores de densidad telefónica conforme a la programación del Plan de Desarrollo 1985-1988 y a la meta establecida para el año 1990, que es la de contar con una densidad telefónica de aproximadamente 5, es decir, 540.000 líneas principales. Ver tabla III.

b.- Desde el año 1990 hasta el año 2010 considerando el resultado de los métodos mencionados anteriormente, se ha llegado a la conclusión que esos resultados, se aproximan a los deducidos mediante la ecuación del tipo:

(4.4)

$$\log D_N = \log D_1 + (N - 1990) \log (1 + A)$$

Donde:

D_N = Densidad Telefónica del año N.

D_1 = Densidad Telefónica en el año 1990 = 5.01

N = Año

$$A = 10^{\frac{X}{Z - 1990}} - 1$$

X = $\log D_2 - \log D_1$

Z = año 2010

D_2 = Densidad Telefónica del año 2010 = 13

La ecuación anterior también se puede escribir así:

$$D_N = D_1 (1 + A)^{N - 1990} \quad (4.5)$$

reemplazando los valores de D_1 y A se tiene:

$$D_N = 5.01 (1 + 0.0488)^{N - 1990} \quad (4.6)$$

c.- Considerando los datos de densidad telefónica y los datos de población que constan en el Documento SPD-8620/1 "Proyección de la Población Ecuatoriana 1982-2010" se calculan los datos de líneas principales que estarían en funcionamiento cada año.

d.- Las líneas de central para el período 1985-1990 son líneas de central instaladas una vez que se ejecute el Plan de Desarrollo 85-88. Para el período 1990-2010 se considera que las líneas de central son un 10 % mayor que las líneas principales.

e.- Tomando en cuenta el resultado del estudio realizado por el Ing. Dagoberto Pérez Experto de UIT, para cuantificar la evolución de la lista de espera de líneas principales en servicio por cada 100 habitantes, se calculó la demanda

total.

La ecuación que representa la evolución de la lista de espera (LE) en función de la densidad (D) es la siguiente:

$$\text{Log (LE)} = 2.1287 - 0.9739 \text{ Log (D)} \quad (4.7)$$

$$\text{LE} = \frac{\text{Lista de espera}}{\text{Líneas en servicio}} \times 100 \quad (4.8)$$

$$D = \text{Líneas principales} / 100 \text{ habitantes}$$

$$\text{La demanda total} = \text{Líneas principales} + \text{lista de espera.}$$

En la Tabla V se puede apreciar el resultado de la demanda.

Analizando los datos históricos de líneas principales y población a nivel provincial, se ha podido determinar en general que una provincia con mayor número de habitantes que otra tiene un número mayor de líneas principales.

La relación entre las variables, líneas principales y población es muy buena y se puede expresar mediante una ecuación de la forma:

$$\text{Log LP} = a + b \text{ Log P} \quad (4.9)$$

Donde:

LP = Líneas principales

P = Población

AÑO	POBLACION	DENSIDAD TELEFONICA	LINEAS PRINCIPALES	LINEAS DE CENTRAL	LISTA DE ESPERA LIN.PRINCIPALES	DEMANDA TOTAL
1985	9378000	3.04	285091	313600	131142	416233
1986	9647100	3.32	320284	352312	134519	454803
1987	9922500	3.73	370109	407120	136740	507849
1988	10203700	4.21	429576	472534	141760	571336
1989	10490200	4.67	489892	538881	146968	636860
1990	10781600	5.01	540000	594000	151200	691200
1991	11078000	5.25	581593	639755	157031	738626
1992	11381000	5.51	627093	689802	163044	790137
1993	11683300	5.78	675534	743142	162140	837724
1994	11999700	6.06	727182	799900	167252	894434
1995	12314200	6.36	783183	861501	172300	955483
1996	12632100	6.67	842561	926817	176938	1010499
1997	12953400	6.99	905485	996034	181097	1086582
1998	13279400	7.34	974708	1072179	185195	1159903
1999	13608000	7.69	1046455	1151101	189362	1234617
2000	13939400	8.07	1124910	1237401	202484	1327394
2001	14274000	8.46	1207580	1328338	205289	1412869
2002	14616000	8.88	1297901	1427691	207664	1505565
2003	14952700	9.31	1392096	1531306	208814	1600910
2004	15296600	9.77	1494478	1643926	224172	1718650
2005	15648400	10.24	1602396	1762636	224335	1826731
2006	15992700	10.74	1717616	1889378	223290	1940906
2007	16312600	11.27	1838430	2022273	238996	2077426
2008	16671400	11.82	1970859	2167615	236467	2207026
2009	17021500	12.39	2108964	2319860	253076	2362040
2010	17379000	13	2259270	2485197	248520	2507790

TABLA V
DEMANDA TELEFONICA A NIVEL NACIONAL 1985-2010

A continuación se explicará el método utilizado para pronosticar la demanda telefónica a nivel provincial para el año 2010 en base a los conceptos mencionados anteriormente.

Con los datos de líneas principales de los años 1980 y 1985, calculados en base a la información presentada en los documentos "Actualización del Sistema de Telecomunicaciones" que anualmente elabora la Subdirección de Planificación de la Gerencia General, con los datos de líneas para el año 1990 que son los que tendrían las respectivas provincias con la ejecución del Plan de Desarrollo 1985-1988 y con los datos de población que constan en el Documento SDP-86-020/1 "Proyección de la Población Ecuatoriana 1982-2010", se encontró la ecuación que expresa la relación logarítmica lineal para las dos variables, líneas principales y población. En la Tabla VI se presentan los datos para Pichincha.

Las ecuaciones son las siguientes:

$$1980: \text{Log LP} = - 6,5644 + 1,8188 \text{ Log P} \quad (4.10)$$

$$r = 0.91$$

$$1985: \text{Log LP} = - 5,7974 + 1,6945 \text{ Log P} \quad (4.11)$$

$$r = 0.96$$

$$1990: \text{Log LP} = - 4,6686 + 1,5535 \text{ Log P} \quad (4.12)$$

$$r = 0.97$$

PROVINCIA	1 9 8 0		1 9 8 5		1 9 9 0	
	POBLACION	LINEAS P.	POBLACION	LINEAS P.	POBLACION	LINEAS P.
PICHINCHA	1'342.700	90.005	1'645.000	110.031	1'984.700	195.215

TABLA VI
POBLACION Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL NACIONAL (1980, 1985, 1990)

Si dibujáramos estas rectas se podría apreciar que estas se van desplazando y que sus pendientes disminuyen a medida que transcurre el tiempo. Esto se debe a que las provincias con menor número de habitantes y menor desarrollo telefónico tienden a igualarse con las provincias más pobladas y telefónicamente más desarrolladas. Precisamente en el Plan de Desarrollo 1985-1988 se han contemplado diversos programas como el de telecomunicaciones rurales que impulsa el desarrollo telefónico en provincias cuya población y líneas principales han sido por lo general bajas.

Es lógico pensar que las rectas calculadas para los años futuros sigan la tendencia descrita hasta llegar a una recta de la forma siguiente:

$$\text{Log LP} = -0.348 + 1 \text{ Log P} \quad (4.13)$$

Esto significa que en el futuro lejano las provincias del país tendrán una densidad telefónica uniforme independiente de la población.

En el año en el cual se presentaría tal situación sería en el año 2050 con una densidad telefónica de 45.

Determinadas las ecuaciones de las rectas para los

años 1990 y 2050, se pueden encontrar las ecuaciones para los años 2000, 2010, 2020, 2030, 2040, dividiendo los parámetros a y b de la ecuación en partes iguales. Mediante este procedimiento se determinaron los resultados de la tabla VII.

Las líneas principales de cada provincia para el año 2010 se podrán calcular mediante la ecuación:

$$\text{Log LP} = - 3,2284 + 1,3690 \text{ Log P} \quad (4.14)$$

Este método da resultados más confiables si es aplicado en forma independiente tanto para la población concentrada como para la población dispersa.

Considerando sólo la población concentrada de cada una de las provincias y aplicando el método anterior se obtuvo la siguiente ecuación para el año 2010:

$$\text{Log LP} = - 1,5858 + 1,1227 \text{ Log P} \quad (4.15)$$

Con esta ecuación se calcula para la provincia del Pichincha las líneas principales en servicio para el año 2010. Ver Tabla VIII. Los valores se ajustan de tal forma que la densidad telefónica a nivel nacional sea 13.

El método de la relación entre las líneas principales

TABLA VII
PARAMETROS DE LA ECUACION 4.9

PARAMETRO DE DE LA ECUACION	1990	2000	2010	2030	2040	2050
a	-4.6686	-3.9485	-3.2284	-2.5083	-1.0631	-0.348
b	1.5535	1.4613	1.3690	1.2768	1.0923	1

PROVINCIA	POBLACION	LINEAS PRINCIPALES	DENSIDAD TELEFONICA	VALORES AJUSTADOS LINEAS	DENSIDAD
PICHINCHA	3'201.274	527.570	16.48	595.337	18.60

TABLA VIII
POBLACION CONCENTRADA: LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA A NIVEL PROVINCIAL
(2010)

y la población dispersa considera los siguientes supuestos:

- La densidad telefónica de líneas principales en servicio para la población dispersa nacional para el año 1990 es de 0.3
- Para el año 2050, la densidad telefónica para la población dispersa es aproximadamente igual a una cuarta parte de la que se obtendrá para la población concentrada.

La penetración telefónica aumentará en forma regular en los próximos 60 años.

La ecuación que relaciona las variables líneas principales y la población dispersa es de la forma:

$$\text{Log LP} = a + b \text{ Log P}$$

Donde:

LP = Líneas principales

P = Población

Para una densidad de 0.3 en el año 1990

$$a = -2,5229 \quad \text{y} \quad b = 1$$

Para una densidad de 12 en el año 2050

$$a = -0,9186 \quad \text{y} \quad b = 1$$

Determinados los parámetros de las ecuaciones para los años 1990 y 2050, se puede determinar la ecuación para el año 2010.

b siempre es igual a 1

a variará así:

ANO	VALOR DE a
1990	- 2,5229
1995	- 2,3192
2000	- 2,1319
2005	- 1,9598
2010	- 1,8015
2050	- 0,9186

Entonces la ecuación para el año 2010 es:

$$\text{Log LP} = - 1,8015 + \text{Log P} \quad (4.16)$$

Aplicando la ecuación para la Provincia de Pichincha se obtienen los resultados de la Tabla IX.

Los valores resultantes fueron multiplicados por el factor f, de tal forma que la densidad total a nivel nacional sea de 13.

$$f = \frac{2'259.270}{1'926.350 + 75.748} \quad (4.17)$$

1'926.350 = Número de líneas principales para la población concentrada.

75.748 = Número de líneas principales para la

PROVINCIA	POBLACION	LINEAS PRINCIPALES	DENSIDAD TELEFONICA	VALORES AJUSTADOS LINEAS	DENSIDAD
PICHINCHA	591.655	9.423	1.59	10.545	1.78

TABLA IX
POBLACION DISPERSA: LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA A NIVEL PROVINCIAL
(2010)

AÑO	POBL. CONCENTRADA		POBL. DISPERSA		TOTAL DE PROVINCIA		TOTAL LINEAS DE CENTRAL
	POBLAC	LINEAS PRINC	POBLAC	LINEAS PRINC	POBLAC	LINEAS PRINC	
1985	1285365	110031	359653		1645018	110031	121034
1986	1341832		368443		1710275		
1987	1397236		377564		1774800		
1988	1457864		387079		1744943		
1989	1517356		396879		1914235		
1990	1577771	195215	406972	1221	1984743	196436	216090
1991	1643305	207385	415825	1372	2059130	208757	229633
1992	1709877	220232	424993	1530	2134870	221762	243938
1993	1777381	233726	434433	1690	2211814	235420	258962
1994	1845703	247909	444101	1610	2299804	249419	274361
1995	1914730	262127	453974	2134	2368704	264261	290687
2000	2305220	349241	500864	3656	2806084	352897	388187
2005	2738934	459045	547601	6297	3286535	465342	511876
2010	3201274	593836	591655	10591	3792929	604427	644870

TABLA X
DEMANDA TELEFONICA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA (1985-2010)

población dispersa.

2'259.270 es el número de líneas principales para que a nivel nacional se tenga en el año 2010 una densidad de 13.

Analizando los datos de líneas principales y población concentrada a nivel cantonal, se ha podido determinar que un cantón con mayor número de habitantes que otro tiene un número mayor de líneas principales.

La correlación entre variables líneas principales y población concentrada es buena y se puede expresar mediante una ecuación de la forma:

$$\text{Log LP} = a + b \text{ Log P}$$

Donde:

LP = Líneas Principales

P = Población concentrada

Tomando en cuenta los datos sobre el número de líneas principales, población concentrada y densidad telefónica para el año 1990 que tendrían cada uno de los cantones y cabeceras cantonales; una vez ejecutado en Plan de Desarrollo 1983-1988 (ver datos para Pichincha en la Tabla XI), se estableció cuatro ecuaciones de la forma: $\text{Log LP} = a + b \text{ Log P}$ considerando las condiciones siguientes:

CANTON	CABECERAS CANTONALES				
	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD	POBLACION	LINEAS PRINCIP.
Q U I T O	1'366.937	178.671	13.070	1'281.849	167.679
C A Y A M B E	23.730	745	3.140	19.145	745
M E J I A (MACHACHI)	19.417	1.639	8.440	8.805	1.043
PEDRO MONCAYO (TABACUNDO)	6.038	224	3.710	2.146	224
RUMIRAHUI (SANGOLQUI)	32.797	5.962	18.180	22.635	2.236
S A N T O D O M I N G O	128.850	7.452	5.780	127.028	7.452

TABLA XI
POBLACION CONCENTRADA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA A NIVEL CANTONAL
(1990)

- Ecuación (4.18) (alternativa 1)

Se consideran los datos de todos los cantones.

- Ecuación (4.19) (alternativa 2)

Se consideran los cantones cuyas cabeceras cantonales en 1990 tienen una densidad telefónica $>$ que 5 (este valor corresponde a la densidad telefónica nacional en 1990) pero sin incluir los cantones cuyas cabeceras cantonales son capitales provinciales.

- Ecuación (4.20) (alternativa 3)

Se consideran los cantones cuyas cabeceras cantonales tienen en 1990 una densidad $>$ que 5.

- Ecuación (4.21) (alternativa 4)

Se consideran los cantones cuyas cabeceras cantonales son capitales provinciales.

Los resultados fueron:

Alternativas:

- 1.- $\text{Log LP} = -2.1030 + 1.1537 \text{ Log P}$ $r=0.90$ (4.18)
- 2.- $\text{Log LP} = -1.4742 + 1.0456 \text{ Log P}$ $r=0.95$ (4.19)
- 3.- $\text{Log LP} = -1.7025 + 1.1060 \text{ Log P}$ $r=0.98$ (4.20)
- 4.- $\text{Log LP} = -1.7761 + 1.1287 \text{ Log P}$ $r=0.99$ (4.21)

Con estas ecuaciones y siguiendo el mismo método empleado a nivel provincial, se determinaron las siguientes ecuaciones para el año 2010.

Alternativas:

$$1.- \text{ Log LP} = -1.5180 + 1.1025 \text{ Log P}$$

$$2.- \text{ Log LP} = -1.0988 + 1.0304 \text{ Log P}$$

$$3.- \text{ Log LP} = -1.2510 + 1.0707 \text{ Log P}$$

$$4.- \text{ Log LP} = -1.3001 + 1.0858 \text{ Log P}$$

Para cada uno de los cantones del Pichincha se determina utilizando las diferentes alternativas, los valores de líneas principales y densidad telefónica para el año 2010; estos resultados se presentan en la Tabla XII.

Para relacionar la alternativa más apropiada para cada uno de los cantones, se ha dividido los cantones en 4 categorías dependiendo del valor de la densidad telefónica en el año 1990, así:

Categoría 1: corresponde a los cantones cuyas cabeceras cantonales en 1990 tienen una densidad telefónica $0 < D < 2$.

Categoría 2: corresponde a los cantones cuyas cabeceras cantonales en 1990 tienen una densidad telefónica $2 < D < 5$.

Categoría 3: corresponde a los cantones cuyas cabeceras cantonales en 1990 tienen una densidad telefónica $D > 5$.

Categoría 4: corresponde a los cantones cuyas cabe-

ceras cantonales son capitales provinciales.

De esta forma se presentan en la Tabla XII, en la columna de resultados parciales, los valores de líneas principales y densidad telefónica para el año 2010.

Los resultados parciales fueron ajustados de tal forma que el valor a nivel provincial coincida con los valores determinados a nivel provincial.

El resultado final se presenta en la última columna de la tabla antes mencionada.

Tomando en cuenta los resultados del estudio a nivel provincial para la población dispersa en cuanto al número de líneas principales, éstas se las ha distribuido de tal forma que todos los cantones en el año 2010 tengan una densidad igual y con un valor aproximado de 1,78. Los resultados se indican en la Tabla XIII.

A continuación la relación entre líneas principales y población concentrada a nivel parroquial:

Con los datos sobre población concentrada, líneas principales y densidad telefónica para el año 1990 de cada una de las cabeceras cantonales; una vez ejecutado el Plan de Desarrollo 1985-1988, se estableció

CANTON	POBLACION	LINEAS PRINCIPALES	DENSIDAD TELEFONICA
Q U I T O	376.848	6.717	1.78
C A Y A H U B E	33.369	595	1.78
M E J I A (MACHACHI)	37.324	665	1.78
PEDRO MONCAYO (TABACUNDO)	11.102	198	1.78
RUMIRAHUI (SANGOLQUI)	19.003	339	1.78
S A N T O D O M I N G O	114.008	2.032	1.78
T O T A L	591.654	10.545	1.78

TABLA XIII
POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA A NIVEL CANTONAL
(2010)

tres ecuaciones de la forma $\text{Log LP} = a + b \text{ Log P}$.

- Ecuación (4.22) (alternativa 2)

Se consideran los datos de todas las cabeceras cantonales.

- Ecuación (4.23) (alternativa 3)

Se consideran los datos de las cabeceras cantonales que en 1990 tienen una densidad telefónica > 5 .

- Ecuación (4.24) (alternativa 4)

Considera los datos de las cabeceras cantonales que corresponden a capitales provinciales.

- Ecuación (4.25) (alternativa 1)

Esta ecuación se la ha determinado en base al estudio de demanda realizado para el Proyecto de Telecomunicaciones Rurales.

Las ecuaciones son las siguientes:

Alternativas:

$$1.- \text{Log LP} = -1.5229 + \text{Log P} \quad (4.25)$$

$$2.- \text{Log LP} = -0.8879 + 0.8955 \text{ Log P} \quad r=0.86 \quad (4.22)$$

$$3.- \text{Log LP} = -1.1278 + 1.0028 \text{ Log P} \quad r=0.98 \quad (4.23)$$

$$4.- \text{Log LP} = -1.4467 + 1.0751 \text{ Log P} \quad r=0.0994 \quad (4.24)$$

Con estas ecuaciones y siguiendo el mismo método a nivel provincial, se determinaron las siguientes

ecuaciones para el año 2010:

Alternativas:

- 1.- $\text{Log LP} = -1.1313 + \text{Log P}$
- 2.- $\text{Log LP} = -0.7079 + 0.9303 \text{ Log P}$
- 3.- $\text{Log LP} = -0.8679 + 1.0019 \text{ Log P}$
- 4.- $\text{Log LP} = -1.0805 + 1.0501 \text{ Log P}$

Para cada una de las cabeceras cantonales y parroquiales del Pichincha, se determinó utilizando la alternativa más apropiada, los valores de líneas principales y densidad telefónica para el año 2010.

Para asignar la alternativa más apropiada para cada una de las cabeceras cantonales y parroquiales, éstas se las ha dividido en cuatro tipos dependiendo del valor de densidad telefónica en el año 1990, así:

Tipo 1: en 1990 tiene una densidad telefónica de $0 < D < 2$.

Tipo 2: en 1990 tiene una densidad telefónica de $2 < D < 5$.

Tipo 3: en 1990 tiene una densidad telefónica $D > 5$.

Tipo 4: corresponde a las cabeceras cantonales que son capitales provinciales.

Los valores parciales fueron ajustados de tal forma, que el valor total de cada cantón coincida con el valor determinado en el estudio de la demanda a nivel cantonal.

En la determinación año por año de la demanda telefónica a nivel parroquial y cantonal se aplican los principios básicos utilizados en el estudio a nivel nacional, éstos en forma resumida son:

- Para el periodo 1985-1990, se establecen los valores de densidad telefónica conforme a la programación del Plan de Desarrollo 1985-1988.
- Desde el año 1990 hasta el año 2010 la densidad telefónica variará de acuerdo a una ecuación del tipo:

$$DN = D_1 (1 + A)^{N - 1990} \quad (4.29)$$

D_1 = densidad telefónica de cada cabecera cantonal o parroquial para el año 1990.

$$A = \frac{x}{z - 1990} - 1 \quad (4.30)$$

10

$$x = \frac{\log D_2 - \log D_1}{2} \quad (4.31)$$

z = año 2010

D_2 = densidad telefónica de cada cabecera cantonal o parroquial para el año 2010.

Con los datos de la población concentrada de cada una de las cabeceras cantonales y parroquiales que constan en el Documento SPD-86-27/1 "Proyección de la

Población Ecuatoriana Concentrada y Dispersa a Nivel Parroquial 1985-2010" y aplicando los principios básicos mencionados, se calculan las líneas principales para cada una de las cabeceras cantonales y parroquiales durante el período 1985-2010. Ver Tabla XIV.

Otros aspectos que fueron considerados:

Las cabeceras cantonales y parroquiales que no fueron contempladas ni en el Plan de Desarrollo ni en el Plan de Reubicación de Centrales, dispondrán de por lo menos en el año 1990 de una línea principal. En estos casos la línea principal puede ser un monocal, un enlace HF, línea física, etc.

Para la población dispersa de cada una de las cabeceras cantonales y parroquiales, la densidad telefónica durante el período de 1990-2010, variará de acuerdo a una ecuación del tipo:

$$D_N = D_1 (1 + A)^{N - 1990} \quad (4.32)$$

$$D_1 = 0.3$$

$$A = \frac{x}{z - 1990} - 1 \quad (4.33)$$

$$x = \frac{\log D_2 - \log D_1}{2 - 1} \quad (4.34)$$

$$z = \text{año 2010}$$

LOCALIDAD	TIPO PARAMETRO	PLAN DE DESARROLLO										PROYECCION					RESULTADO PARCIAL	RESULTADO FINAL
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2005	2010	2015		
QUITO	4	POBLACION	1.047.651	1.093.278	1.137.705	1.186.416	1.233.865	1.281.849	1.334.425	1.387.605	1.441.304	1.495.428	1.549.417	1.601.268	1.653.030	1.704.753		
	DENSIDAD	9,83	10,38			13,03	13,03	13,35	13,62	13,90	14,19	14,48	14,73	15,02	15,30			
	L.PRINCI.	102985	113428			167679		178146	188992	200341	212201	224356	238173	252755	267655			
ALAMAGASI	3	POBLACION	1.332	1.367	1.404	1.443	1.482	1.523	1.559	1.597	1.636	1.675	1.716	1.754	1.796			
	DENSIDAD	1,35	1,32			7,35	7,35	7,63	7,92	8,23	8,54	8,86	9,19	9,52	9,87			
	L.PRINCI.	18	18			112		119	126	135	143	152	161	170	179			
AMBUARA	3	POBLACION	18.731	19.232	19.752	20.292	20.849	21.424	21.935	22.465	23.010	23.568	24.139	24.712	25.290			
	DENSIDAD	0,64	0,62			2,78	2,78	3,03	3,31	3,60	3,93	4,28	4,65	5,02	5,40			
	L.PRINCI.	119	119			596		665	744	828	926	1033	1140	1250	1362			
ATACALPA	3	POBLACION	1.054	1.082	1.112	1.142	1.173	1.206	1.234	1.264	1.295	1.326	1.359	1.390	1.413			
	DENSIDAD	0,09	0,09			5,00	5,00	5,13	5,26	5,40	5,54	5,68	5,82	5,96	6,10			
	L.PRINCI.	1	1			60		83	86	90	93	97	100	103	106			
CALACALI	1	POBLACION	2.391	2.455	2.522	2.591	2.662	2.735	2.801	2.868	2.938	3.009	3.082	3.156	3.230			
	DENSIDAD	0,04	0,04			5,48	5,48	5,60	5,72	5,84	5,96	6,09	6,21	6,34	6,46			
	L.PRINCI.	1	1			159		157	164	172	179	186	193	200	207			
CALDERON	3	POBLACION	20.536	21.084	21.654	22.246	22.858	23.488	24.049	24.629	25.227	25.839	26.465	27.102	27.750			
	DENSIDAD	0,17	0,17			4,26	4,26	4,34	4,42	4,50	4,58	4,66	4,74	4,82	4,90			
	L.PRINCI.	34	103			1000		1092	1195	1304	1426	1559	1692	1825	1958			

TABLA XIV
 POBLACION CONCENTRADA, DENSIDAD TELEFONICA Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL PARROQUIAL
 (1 de 14)

LOCALIDAD	TIPO PARAMETRO	PLAN DE DESARROLLO										PROYECCION		RESULTADO PARCIAL	RESULTADO FINAL
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2005	2010
COMOCTO	POBLACION	22.611	23.215	23.843	24.495	25.169	25.862	26.479	27.118	27.776	28.450	29.140	32.825	36.739	40.693
	DENSIDAD	3,49	3,45				8,65	8,90	9,17	9,45	9,73	10,02	11,61	13,46	15,63
	L.PRINCI.	790	800				2236	2357	2467	2625	2768	2920	3811	4945	6246
CUMBAYA	POBLACION	14.612	15.781	17.044	18.047	21.470	31.547	14.612	15.781	17.044	18.407	19.380	21.470	31.547	46.352
	DENSIDAD	16,65	16,77	16,90	17,02	17,15	18,47	16,65	16,77	16,90	17,02	17,15	17,30	18,47	19,11
	L.PRINCI.	2403	2647	2880	3133	3409	5827	2433	2647	2880	3133	3409	3822	5827	7680
CHAVEIRANSA	POBLACION	299	307	315	324	333	342	1.559	1.597	1.636	1.675	1.716	1.933	2.164	2.531
	DENSIDAD	0,33	0,33				1,00	7,63	7,92	8,23	8,54	8,86	10,69	12,88	15,71
	L.PRINCI.	1	1				3	119	126	135	143	152	207	279	401
CHICA	POBLACION	785	806	827	850	873	897	1.559	1.597	1.636	1.675	1.716	1.933	2.164	2.531
	DENSIDAD	0,13	0,12				2,00	7,63	7,92	8,23	8,54	8,86	10,69	12,88	15,71
	L.PRINCI.	1	1				18	119	126	135	143	152	207	279	401
EL GUINCHIE	POBLACION	2.460	2.525	1.404	1.443	1.482	2.813	1.559	1.597	1.636	1.675	1.716	1.933	2.164	2.531
	DENSIDAD	1,67	1,86				5,30	7,63	7,92	8,23	8,54	8,86	10,69	12,88	15,71
	L.PRINCI.	41	47				149	119	126	135	143	152	207	279	401
GUALA	POBLACION	283	291	299	307	315	324	332	340	348	356	365	411	460	510
	DENSIDAD						1,00	1,11	1,24	1,38	1,53	1,70	2,90	4,94	8,4
	L.PRINCI.						3	4	4	5	5	6	12	23	41

TABLA XIV
 POBLACION CONCENTRADA, DENSIDAD TELEFONICA Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL PARROQUIAL
 (2 de 14)

LOCALIDAD	TIPO PARAMETRO	PLAN DE DESARROLLO										PROYECCION		RESULTADO PARCIAL	RESULTADO FINAL
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2005	2010
BANGSOPOLD	1 POBLACION DENSIDAD L.PRINCI.	851 0,12 1	873 0,11 1	897 1 1	921 1 1	947 1 1	973 2,00 19	995 2,15 21	1,020 2,31 24	1,045 2,48 26	1,070 2,66 28	1,096 2,86 31	32,525 4,08 50	1,122 5,83 81	1,151 7,73 117
GUAYLLABAMA	3 POBLACION DENSIDAD L.PRINCI.	3,297 2,88 95	3,385 2,81 95	3,476 2,81 95	3,571 2,81 95	3,669 2,81 95	3,771 4,93 186	3,861 5,22 202	3,954 5,53 219	4,050 5,86 237	4,148 6,21 253	4,248 6,57 279	4,786 8,76 419	5,356 11,67 625	5,933 17,75 819
LA MERCED	3 POBLACION DENSIDAD L.PRINCI.	3,902 1,34 60	4,006 1,50 60	4,114 1,50 60	4,227 1,50 60	4,343 1,50 60	4,462 5,60 250	4,569 5,90 270	4,679 6,20 290	4,793 6,53 313	4,909 6,87 337	5,028 7,23 364	5,664 9,33 538	6,339 12,04 753	7,021 13,55 1091
LLANO CHICO	2 POBLACION DENSIDAD L.PRINCI.	945 1,18 32	970 1,18 32	996 1,18 32	1,024 1,18 32	1,052 1,18 32	1,081 3,00 32	1,107 3,23 36	1,133 3,48 39	1,161 3,74 43	1,189 4,03 48	1,218 4,34 52	1,372 6,28 86	1,533 9,08 139	1,701 11,64 198
LLOA	1 POBLACION DENSIDAD L.PRINCI.	515 0,18 1	500 0,17 1	596 1 1	612 1 1	629 1 1	646 2,00 13	662 2,15 14	678 2,31 16	694 2,48 17	711 2,66 19	728 2,86 21	1,172 6,28 86	918 5,82 53	1,017 7,77 75
MINDO	1 POBLACION DENSIDAD L.PRINCI.	483 1,18 11	496 1,18 11	510 1,18 11	524 1,18 11	538 1,18 11	553 2,00 11	566 2,15 12	580 2,31 13	594 2,48 15	608 2,66 16	623 2,86 18	702 4,07 29	785 5,81 46	871 7,75 64

TABLA IV
 POBLACION CONCENTRADA, DENSIDAD TELEFONICA Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL PARROQUIAL
 (3 de 14)

LOCALIDAD	TIPO PARAMETRO	PLAN DE DESARROLLO										PROYECCION		RESULTADO PARCIAL	RESULTADO FINAL
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2005	2010
MANEGAL	1	753	713	794	816	838	861	882	903	925	947	970	1,093	1,223	1,355
	DENSIDAD L.PRINCI.	0,11	0,11				2,00	2,15	2,31	2,48	2,66	2,86	4,08	5,83	8,33
MANEGALITO	1	877	900	3,476	3,571	3,669	1,003	1,027	1,051	1,077	1,103	1,130	1,273	1,428	1,578
	DENSIDAD L.PRINCI.	1	1				3,00	3,16	3,32	3,50	3,68	3,86	5,01	6,47	8,33
MAYON	2	2,485	2,551	2,620	2,692	2,766	2,842	2,910	2,980	3,052	3,126	3,202	3,607	4,037	4,472
	DENSIDAD L.PRINCI.	0,14	0,14				3,00	3,22	3,45	3,71	3,98	4,27	6,08	8,65	12,33
MUNO	1	695	713	733	753	773	795	814	833	854	874	895	1,009	1,129	1,250
	DENSIDAD L.PRINCI.	1	1				2,00	2,15	2,31	2,48	2,66	2,86	4,07	5,81	8,33
PACTO	1	656	674	692	711	730	750	768	787	806	826	846	953	1,006	1,101
	DENSIDAD L.PRINCI.	0,10	0,10				2,00	2,15	2,31	2,48	2,66	2,86	4,08	5,82	8,33
P.MALDONADO	2	1,047	1,075	1,104	1,135	1,166	1,198	1,226	1,256	1,287	1,318	1,350	1,520	1,702	1,885
	DENSIDAD L.PRINCI.	1	1				6,35	8,54	8,73	8,93	9,13	9,33	10,43	11,67	13,33
							100	105	110	115	120	126	159	199	248

TABLA XIV
 POBLACION CONCENTRADA, DENSIDAD TELEFONICA Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL PARROQUIAL
 (4 de 14)

LOCALIDAD	TIPO PARAMETRO	PLAN DE DESARROLLO								PROYECCION						RESULTADO	
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2005	PARCIAL	FINAL	
TABACUNDO	3																
	POBLACION	2,041	2,062	2,083	2,103	2,125	2,146	2,168	2,189	2,211	2,234	2,255	2,275	2,295	2,352	2,752	
	DENSIDAD	2,45	2,38				10,44	10,66	10,89	11,13	11,37	11,62	12,93	14,39	13,75	16,01	
	L.PRINCI.	50	47				224	231	238	246	254	262	301	340	325	373	
LA ESPERANZA	1																
	POBLACION	802	808	814	821	828	833	840	844	849	853	858	873	879	870	871	
	DENSIDAD	0,12	0,12				2,00	2,15	2,31	2,49	2,68	2,88	4,14	5,95	7,36	8,5	
	L.PRINCI.	1	1				17	18	19	21	23	25	36	52	64	7	
MALCHINEU	1																
	POBLACION	1,911	1,926	1,941	1,958	1,974	1,991	2,001	2,012	2,023	2,034	2,045	2,081	2,093	2,073	2,07	
	DENSIDAD	0,05	0,05				3,00	3,16	3,33	3,51	3,70	3,90	5,08	6,50	7,38	8,5	
	L.PRINCI.	1	1				60	63	67	71	75	80	106	138	153	17	
TUCACHI	1																
	POBLACION	574	579	583	588	593	598	601	604	608	611	614	625	629	623	62	
	DENSIDAD	0,17	0,17				2,00	2,15	2,31	2,49	2,68	2,88	4,15	5,97	7,38	8,5	
	L.PRINCI.	1	1				12	13	14	15	16	18	26	38	46	5	
TUTIGACHI	1																
	POBLACION	449	452	456	459	463	467	470	472	475	477	480	488	491	487	49	
	DENSIDAD	0,22	0,22				1,00	1,11	1,24	1,38	1,54	1,71	2,93	5,03	7,40	8,6	
	L.PRINCI.	1	1				5	5	6	7	7	8	14	25	36	9	
CANTON P. MONCAYO																	
	POBLACION	5,777	5,827	5,878	5,929	5,984	6,038	6,080	6,121	6,163	6,209	6,253	6,352	6,455	6,415	6,41	
	DENSIDAD	0,93	0,88				5,25	5,43	5,62	5,84	6,04	6,29	7,36	9,17	9,73	11,3	
	L.PRINCI.	54	51				317	330	344	360	375	393	483	593	624	72	

TEBLA XIV

POBLACION CONCENTRADA, DENSIDAD TELEFONICA Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL PARASCUAL
(13 de 14)

LOCALIDAD	TIPO PARAMETRO	PLAN DE DESARROLLO								PROYECCION					RESULTADO PARCIAL	RESULTADO FINAL
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2005	2010	2010
S.D DE LOS COLORADOS	3	90.519	97.225	104.059	111.528	119.127	127.028	135.644	144.601	153.889	163.506	173.792	227.428	291.162	363.786	363.786
	DENSIDAD L.PRINCI.	0,87	0,81				5,87	6,15	6,45	6,76	7,06	7,43	9,40	11,90	13,89	15,07
ALLURIGUIN	2	1.559	1.540	1.683	1.728	1.774	1.822	1.864	1.908	1.953	1.999	2.046	2.192	2.307	2.387	2.387
	DENSIDAD L.PRINCI.	0,06	0,06				5,49	5,72	5,95	6,20	6,46	6,73	8,25	10,11	11,42	12,39
CANTON S.D COLORADOS		92.118	98.965	105.742	113.256	120.901	128.850	137.509	146.509	155.842	165.505	175.838	229.620	293.469	365.119	365.119
	DENSIDAD L.PRINCI.	0,86	0,80				5,85	6,14	6,44	6,75	7,07	7,42	9,39	11,69	13,87	15,05
		791	791				7.532	8.449	9.441	10.524	11.705	13.051	21.559	34.881	50.788	55.121

TABLA XIV
POBLACION CONCENTRADA, DENSIDAD TELEFONICA Y LINEAS PRINCIPALES A NIVEL PARROQUIAL
(14 de 14)

$D = 1.79$ = densidad telefónica de cada cabecera cantonal o parroquial para el año 2010.

Con los datos de población dispersa que constan en el Documento SDR-86-27/1 y aplicando los conceptos mencionados anteriormente, se puede calcular fácilmente el número de líneas principales para cada cabecera cantonal y parroquial del país. Ver Tabla XV.

4.2 ELECCION DE LAS ZONAS QUE FORMARAN PARTE DE LA RED

Las poblaciones que formaran parte de la red se indican en la tabla XVI.

4.3 ESTRUCTURA DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES RURAL

Las Telecomunicaciones Rurales, constituyen un tema relativamente nuevo y un problema que la mayoría de las administraciones telefónicas tienen que atender, ya que tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo existen zonas donde los servicios de telecomunicaciones son inexistentes o menos adecuados que en las zonas rurales.

Con el fin de atender estos requerimientos, organismos internacionales que regulan el desarrollo de las comunicaciones como el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) y el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio)

CANTON O U I T O	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
QUITO	48.876	875	1,79
ALANGASI	13.014	233	1,79
AMAGUARA	28.469	510	1,79
ATAHUALPA	2.358	42	1,79
CALACALI	2.814	50	1,79
CALDERON	33.088	592	1,79
CONDOTO	21.333	382	1,79
CUMBAYA	8.718	156	1,79
CHAVEZPAMBA	1.609	29	1,79
CHECA	4.576	82	1,79
EL GUINCHE	7.333	131	1,79

TABLA XV
POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL
PARROQUIAL
(1 de 9)

CANTON Q U I T O	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
GUALEA	4.023	72	1,79
GUANGUPOLO	1.789	10	1,79
GUAYLLABAMBA	5.716	102	1,79
LA MERCED	5.468	102	1,79
LLANO CHICO	5.210	93	1,79
LLOA	1.866	33	1,79
MINDO	2.100	38	1,79
NANEGAL	4.443	25	1,79
NANEGALITO	3.260	58	1,79
NAYON	4.975	89	1,79
NONO	2.184	39	1,79

TABLA XV

POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL
PARROQUIAL
(2 de 9)

CANTON Q U I T O	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
PACTO	6.342	114	1,79
P.V.MALDONADO	29.560	529	1,79
PERUCHO	963	17	1,79
PIFO	5.566	100	1,79
PINTAG	14.606	262	1,79
POMASQUI	6.475	116	1,79
PUELLARO	8.577	154	1,79
FUEBGO	6.090	109	1,79
SAN ANTONIO	3.520	63	1,79
S.J DE MINAS	12.338	221	1,79
S.M DE LOS BANCOS	29.183	522	1,79

TABLA XV
POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL
PARROQUIAL
(3 de 9)

CANTON O U I T O	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
TABABELA	6.342	114	1,79
TUMBACO	29.560	529	1,79
YARUQUI	963	17	1,79
ZAMBIZA	5.566	100	1,79
T O T A L (CANTON QUITO)	376.848	6.746	1,79

TABLA XV

POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL PARROQUIAL
(4 de 9)

CANTON C A Y A M B E	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
CAYAMBE	9.697	174	1,79
ASCAZUBI	1.433	26	1,79
CANGAHUA	11.480	206	1,79
OLMEDO	6.674	120	1,79
OTON	2.056	37	1,79
S.R. CUZUBAMBA	2.029	36	1,79
T O T A L (CANTON CAYAMBE)	33.369	599	1,79

TABLA XV

POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL PARROQUIAL
(5 de 9)

CANTON M E J I A	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
MACHACHI	14.161	254	1,79
ALBAG	4.542	81	1,79
ALDASI	4.972	89	1,79
CORNEJO ASTORGA	1.279	23	1,79
CUTUGLAGUA	1.972	28	1,79
CHAUPI	2.834	51	1,79
TAMBILLO	5.448	98	1,79
UYUMBICHO	2.517	45	1,79
T O T A L (CANTON MEJIA)	37.324	669	1,79

POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL PARROQUIAL
(6 de 9)

TABLA XV

CANTON P. M O N C A Y O	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
TABACUNDO	3.943	71	1,79
LA ESPERANZA	1.508	27	1,79
MALCHINGUI	1.360	24	1,79
TOCACHI	1.320	24	1,79
TUPIGACHI	2.971	53	1,79
T O T A L (P.MONCAYO)	11.102	199	1,79

TABLA XV

POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL PARROQUIAL (7 de 9)

CANTON R U M I N A H U I	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
SANGOLQUI	13.743	246	1,79
COTACCHOA	1.894	34	1,79
RUMIPAMBA	600	11	1,79
S.P. DE TABOADA	2.765	50	1,79
SAN RAFAEL	0	0	1,79
T O T A L (RUMINAHUI)	19.003	341	1,79

TABLA XV

POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL PARROQUIAL
(8 de 9)

CANTON S. D. COLORADOS	POBLACION	LINEAS PRINCIP.	DENSIDAD
S.D DE LOS COLORADOS	98.619	1.765	1,79
ALLURIQUIN	15.390	276	1,79
T O T A L (S.D COLORADOS)	114.008	2.041	1,79

TABLA XV
 POBLACION DISPERSA, LINEAS PRINCIPALES Y DENSIDAD TELEFONICA (2010) A NIVEL PARROQUIAL
 (9 de 9)

CANTON	CABECERAS PARROQUIALES				
QUITO	PINTAS	LLCA	PUENSO	LLANO CHICO	POMASQUI
	Sn. PEDRO DE TABOADA	PIFO	YASUQUI	LLANO GRANDE	NANEGALITO
	ALANBASI	TUNGACO	MAYON	QUINCHE	GUALEA
	CONCOTO	CUMBAYA	IMBIZA	CALDERON	
	LA MERCED	TABASELA	CHECA	BUAYLLABAMBA	
CAYAMBE	ASCAZURI OTON	STA. ROSA DE CUSUMBAMBA OLNEBO		ISERO AYORA	
MEJIA (NACHACHI)	ALDAS	ALBASI		CUTUGLAGUA	CHAUPI
	MANUEL CORNEJO ASTORGA				
PEDRO MONCAYO (TABACUNDO)	LA ESPERANZA	TOCACHI		MALCHINGUI	TUPICACHI
RUMIRAJI (SANGOLQUI)	SAN RAFAEL	COTOCCHOA			
SANTO DOMINGO	ALLURIQUIN				

TAB. A XVI
ZONAS QUE FORMARAN PARTE DE LA RED

han establecido las especificaciones de una amplia gama de sistemas recomendados internacionalmente para dar soluciones al área rural, es decir sistemas normalizados, incluidas configuraciones de equipo y objetivos de calidad.

Una característica de una red telefónica rural, es la necesidad de utilización de diversos medios de transmisión, dependiendo de las condiciones particulares de las localidades a servirse, en forma bastante diferente de la que es habitual en la estructura principal de una red telefónica nacional.

Para realizar estas funciones se dispone de tres tipos de soportes de transmisión:

- Líneas aéreas de hilo desnudo, las cuales tienden a desaparecer en su utilización debido a que presentan menor calidad de transmisión por ser más afectadas por las perturbaciones eléctricas y también por requerir un mantenimiento mucho más laborioso que los sistemas de cable.
- Líneas aéreas con conductores cubiertos (cable de acometida o cable entorchado no recomendado para distancias medias o grandes) y los cables de pares simétricos.
- Enlaces de radio

Para optimizar estos soportes de transmisión, se utilizan varias técnicas, a saber:

- Equipos de portadores analógicos y digitales que se emplean para una utilización múltiple del soporte de transmisión, que consiste bien en una línea aérea de hilo desnudo, una ruta de cable o un trayecto radio eléctrico.
- Concentradores de línea, centrales telefónicas de baja capacidad o equipos de línea compartida de dos o más abonados.
- Sistemas de acceso múltiple analógicos o digitales.

Considerando estos dos conceptos básicos: soportes de transmisión y técnicas disponibles, se puede clasificar los medios de transmisión empleados en Telecomunicaciones Rurales de la siguiente manera:

- Prolongación en frecuencia vocal
- Multiplex analógicos con canales individuales
- Líneas con sistemas de portadoras punto a punto (línea y Multiplex)
- Líneas con sistemas de onda portadora con extracción de canales
- Concentradores de línea o centrales telefónicas rurales de baja capacidad
- Sistemas de radio y multiplex de pequeña capacidad

- Radio monocanal
- Radio monocanal compartido (hasta 4 abonados de bajo tráfico)
- Sistemas de acceso múltiple

Se puede considerar a la red rural una extensión de la red telefónica nacional, en cuya estructura general debe integrarse; sin embargo se deben agregar algunas definiciones propias a la naturaleza de la aplicación rural, ya que ésta implica el uso más amplio de medios de transmisión de forma bastante diferente de la que es habitual en la estructura principal de una red telefónica nacional.

De una manera general, puede decirse que una red rural está constituida por todas las instalaciones de transmisión y conmutación que se han de utilizar para suministrar servicio a una zona de tipo rural, por lo que, en ciertos casos ello puede implicar que dentro de la red rural se requieran centrales telefónicas del nivel de un centro primario en tal caso la red rural comprendería el centro primario y todos los circuitos asociados al mismo.

En una estructura de red rural pueden identificarse varias funciones distintas mencionadas a continuación:

- Punto de Convergencia.- Por cuyo nombre se

entiende a un punto real de la zona rural en el que concurren todos los enlaces correspondientes a los abonados de una misma zona, no formando parte de la estructura jerárquica de la red nacional. Pueden existir varios puntos de convergencia hacia una misma central, o por el contrario ninguno, cuando los enlaces de abonado convergen directamente en la central local.

- **Función de Transferencia.-** Esta función se encuentra identificada con el enlace entre la central local y el punto de convergencia, la cual es típica de las redes rurales y su función consiste en encaminar dos o más canales telefónicos a lo largo de la ruta que une a estos dos puntos. Se realiza una red de abonados asociando un sistema de transferencia a un sistema de distribución. La función de transferencia puede efectuarse sin concentración o con concentración, según que el número de canales telefónicos realmente transmitidos sea igual o inferior al de los que deben transferirse, respectivamente.

- **Distribución de Líneas de Abonado.-** Esta función identifica el establecimiento de los distintos enlaces entre un grupo de abonados y el punto de

convergencia asociado a los mismos. La distribución puede efectuarse con concentración o sin concentración, según que los canales estén asignados a los distintos abonados de una manera fija o se asigne en función de la demanda.

- **Enlace entre centrales.**- Esta función consiste en el establecimiento de circuitos entre centrales telefónicas. Al tratarse de una red rural, el enlace se refiere típicamente a la conexión entre centrales locales y un centro primario. Los sistemas utilizados para este enlace son prácticamente los mismos que los utilizados para la transferencia.

En base a esta estructura básica de red rural, se requiere de la utilización de diferentes configuraciones topológicas para poder realizar la distribución de abonados, las mismas que deben ser escogidas considerando las condiciones geográficas, la ubicación, la distancia, el terreno, la disponibilidad de infraestructura, etc.

Cada configuración topológica básica representa en cierto modo, un modelo de red. Hallar una estructura apropiada para esos modelos básicos de red que se adapte a las condiciones locales dadas representa, en realidad, un elemento fundamental de la planificación

de la transmisión de la red.

Se pueden distinguir diversas configuraciones topológicas para distribución de abonados, es decir a la parte que incluye las funciones de transferencia y distribución, que son las más típicas de aplicaciones rurales, las cuales son: estrella, árbol, línea y la combinación entre ellas.

En principio puede asociarse indistintamente cada uno de ellos a la función de transferencia o a la de distribución. Pero estos modelos, si bien se incluyen para que la información sea completa, no tienen todos el mismo valor práctico a causa de las dificultades de aplicación, siendo la red en estrella, en la que cada abonado se conecta a un punto de convergencia con enlaces individuales la más conveniente por su sencillez, confiabilidad y facilidad de ampliación. Los otros tipos de configuraciones se utilizan para dar servicio a distribuciones particulares de abonados.

Los requerimientos de calidad de servicio de las redes rurales son tan exigentes como los de las redes urbanas, ya que necesariamente deben integrarse a las redes nacionales de telecomunicaciones, a la vez que deben prestar servicio telefónico satisfactorio.

A pesar del menor número de circuitos requeridos, la

configuración de una red rural puede ser más compleja que en la zona urbana, debido a que los abonados a servirse se encuentran dispersos, por lo que en la planificación del sistema se debe considerar de acuerdo a las condiciones específicas de cada enlace y a las características de la localidad a ser atendida, el tipo de equipo y el medio de transmisión más apropiado con el fin de garantizar la calidad de la comunicación.

Es muy importante considerar normas de calidad así como los objetivos definidos con la ayuda de dichas normas, dictadas por el CCITT y por el CCIR, en base a las cuales se debe llevar adelante el estudio.

Con el fin de garantizar el buen funcionamiento de un sistema, una vez que se tiene planificado las rutas que lo conforman es muy importante proceder a la realización de los perfiles con la ayuda de mapas topográficos de la zona y al estudio de las zonas de Fresnel en base a lo cual se puede determinar la existencia de obstrucciones en los trayectos que pueden degradar la señal y desmejorar el servicio prestado. En caso de que se presente esta situación, es necesario realizar una comprobación experimental del enlace y determinar si el nivel de señal es adecuado o considerar alternativas para mejorar,

pudiendo ser éstas el aumento de potencia de los transmisores, mayor altura de torres, mayor ganancia de antenas, etc.

En la elección de los equipos de telecomunicaciones a ser utilizados en la implementación de un sistema de radio enlace rural, es muy importante la fiabilidad que éstos puedan tener, así como también la condición de que no se necesite un mantenimiento periódico posterior; debiéndose señalar que aún cuando pueda aumentar el costo del equipo, una mayor fiabilidad de éstos va a producir una reducción de gastos de mantenimiento y evitar las molestias que causan las interrupciones de servicio. Para el caso de enlaces multicanal es muy importante la utilización de configuración en redundancia, con el fin de garantizar un servicio ininterrumpido de comunicaciones en caso de falla de cualquiera de los equipos.

Aunque actualmente se tiende a optar como solución para prestar servicio de comunicaciones la implementación de sistemas totalmente digitales, tanto para transmisión como para conmutación debido a que la producción de este tipo de equipos está destinado a aumentar por las bondades que presenta con la correspondiente disminución de producción de equipo analógico, la elección de la tecnología a

adoptarse para la realización de una red de transmisión rural involucra el análisis de factores que hacen que la decisión sea difícil de tomar.

Es así como, la reducida densidad de abonados en Área rural y la incertidumbre de la futura demanda requerida, pueden causar una utilización no óptima de una red digital. Otro aspecto importante de considerar es el tipo de equipo de conmutación al que se va a conectar la red ya que en caso de que éste sea analógico, se requiere la utilización de equipos conversores analógico - digital, cuyo costo encarece notablemente el costo de la red de transmisión, siendo muchas veces más costoso que el propio equipo de radio.

A cambio, con una red digital se logra comunicaciones de mejor calidad, una mayor inmunidad contra el ruido lo que posibilita la utilización de numerosas repetidoras sin disminución de la calidad de la señal. Además la característica de umbral del sistema digital, permite el uso de niveles de recepción mucho más bajos, comparados con los sistemas FM-FDM, que lo hace mucho más resistente a los fenómenos por desvanecimiento y al mismo tiempo permite el empleo de equipos de mucha menor potencia.

En lo que se refiere a las redes analógicas, éstas

presentan la facilidad de que se puede partir de un equipamiento inicial mínimo, el mismo que puede ser ampliado conforme a las necesidades de servicio, lo que implica un menor costo inicial.

En general, como criterio básico se debe tender a la introducción de técnicas digitales tanto en las redes de interconexión urbanas como rurales, así como también en los equipos de conmutación, aunque éste sea un proceso lento, para lo cual es necesario contar con personal de explotación y mantenimiento que cuente con una formación técnica necesaria de tal manera que se garantice el funcionamiento óptimo del sistema y la inmediata solución de los problemas que se presenten.

Los equipos de telecomunicaciones destinados a prestar servicio en las áreas rurales, deben ser diseñados teniendo en cuenta estrictas exigencias en cuanto a condiciones climáticas y ambientales se refiere, así como con los más avanzados criterios de explotación, debiendo satisfacer los siguientes requerimientos básicos:

- Bajo consumo de energía

Un equipo diseñado sin prestar atención a los requerimientos de consumo energético, puede exigir probablemente un gran sistema generador de energía en

localidades que carecen de línea de energía eléctrica, por lo que va a constituir un factor decisivo en el costo de infraestructura de los locales y repetidoras y por lo tanto en la economía de todo el sistema. Es deseable la implementación de equipos que tengan bajo consumo de energía que permitan la utilización de fuentes alternas de energía económica, tales como energía solar o termoeléctricas, en sitios en que no se dispone de energía comercial.

- Equipos fáciles de transportar e instalar

Los equipos de comunicaciones destinados a prestar servicio en áreas rurales deben ser de elevada flexibilidad y modularidad puesto que muchas veces el lugar de destino de éstos no dispone de caminos de acceso, requiriéndose la utilización de helicópteros, mulas, etc, para su transportación; además, la modularidad de los equipos permite considerable ahorro de espacio en estaciones donde éste es limitado y una rápida instalación.

- Características mecánicas y eléctricas requeridas

Los equipos deberán mantener sus características mecánicas y eléctricas especificadas después de haber sido sometidos a vibración. Ningún componente fijo deberá soltarse, ni ningún componente móvil

desplazarse o desajustarse durante la vibración.

- Equipos de fácil operación y mantenimiento

Los equipos deben ser fáciles de operar y deben incluir autodiagnóstico y supervisión remota, mediante el cual informen a los centros de mantenimiento el tipo de falla que ha sufrido el equipo. Además que presenten la facilidad de la substitución de los módulos averiados respondiendo al concepto de módulos enchufables.

Además, los equipos deberán disponer de puntos de prueba que permita realizar la medición de parámetros y funciones significativas cuando el equipo se encuentra en funcionamiento. En general la tecnología de fabricación de los equipos deberá ser de vanguardia, que disponga de controles mediante microprocesadoras así como también que cumplan con las especificaciones del CCITT y CCIR.

A continuación se describirá los sistemas de transmisión que son más utilizados para prestar servicio de comunicaciones en las áreas rurales:

SISTEMAS DE RADIO Y MULTIPLEX DE BAJA CAPACIDAD

En áreas rurales la capacidad de tráfico requerido es relativamente baja por tratarse de zonas poco pobladas, y se consideran buenas alternativas para prestar un buen servicio de sistemas con capacidad de

12 a 60 canales, aunque a veces hay que considerar también capacidades de sólo 6 canales y otras de hasta 120 canales.

Estos sistemas se pueden disponer formando un elevado número de versiones, los cuales se agrupan en gamas de frecuencias de 146 a 174 MHz en casos de que baste una capacidad reducida y en bandas de 360-470 MHz y 790-960MHz para sistemas de mayor capacidad.

Su configuración básica puede dividirse en los siguientes bloques principales: equipo radioeléctrico, equipo multiplex, antenas, fuentes de alimentación de energía y equipamiento auxiliar.

Los procesos que se sigue para la transmisión de la señal son los siguientes:

- a.- Eleboración de la Banda Base para su adecuación al radio transmisor, para lo cual se emplea normalmente modulación analógica y multiplex por división de frecuencia (FDM).
- b.- Modulación en frecuencia de la portadora radio por la señal Banda Base.
- c.- Amplificación de la señal RF y envío a la antena.

En recepción el proceso que sigue la señal es el siguiente:

- a.- Envío de la señal RF procedente de la antena, al receptor radio.
- b.- Conversión de la señal RF a frecuencia intermedia.
- c.- Demodulación, extrayendo la señal Banda Base modulante.

Estos sistemas son más exigentes en los aspectos de diseño de enlaces, cálculos de propagación, perfiles, determinación de frecuencias y otras características técnicas.

En estos sistemas el número máximo de saltos se encuentra limitado, especialmente para garantizar una buena calidad de transmisión, con el objeto de reducir el ruido térmico y la interferencia causada por antenas de poca directividad. Por otra parte, estos sistemas ofrecen una gran ventaja: la derivación e inserción de canales en los equipos multiplex se efectúan de una manera simple.

SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE ANALOGICO

Son sistemas de distribución radioeléctrico del tipo punto a multipunto, en el que un número determinado de canales radioeléctricos atribuidos a una zona, se asigna a un número mayor de abonados, pudiendo éstos acceder en forma indiferente a cualquiera de los

canales de radio. Son especialmente adecuados en zonas donde la densidad de abonados no es demasiado baja y están distribuidas más o menos uniformemente o cuando hay problemas de disponibilidad de canales radioeléctricos.

El número de canales asignados a una determinada zona con acceso múltiple se dimensionará como cualquier grupo de enlaces, es decir, en función del tráfico y grado de servicio requerido.

Estos sistemas utilizan multiplex por división de frecuencia y están diseñados para trabajar en las bandas VHF y UHF, siendo disponibles en diferentes versiones de potencia que junto a la elección de las antenas, garantizan los objetivos de calidad del enlace, estando constituidos por los siguientes subsistemas:

a.- Unidad de Concentración

Este equipo se instala normalmente en la central a la que están conectados los abonados y tiene por función concentrar un número de terminales de abonado, en un número menor de líneas igual al número de canales radioeléctricos disponibles. Normalmente, integrando este equipo se encuentra la unidad de control del sistema.

b.- Unidad de Estación Radio Base.

Debe estar ubicado en un punto de óptima cobertura radioeléctrica (punto de convergencia) de la zona a servirse y contiene al conjunto de transmisores y receptores, así como los equipos de conexión y distribución a las antenas, y tiene como misión enlazar radioeléctricamente el concentrador con los equipos de abonados.

c.- Estación de Radio Terminal para Abonado.

Este equipo es capaz de sintonizar cualquiera de los radios canales de la estación radio base y permite unir el teléfono del abonado (línea a 2 hilos) con el correspondiente par en la central telefónica a través de la estación radio base y el equipo concentrador.

Adicionalmente se requiere de circuitos de interfase para el paso de cuatro a dos hilos tanto en el terminal de abonado como en el terminal de central, de circuitos particulares de señalización para identificación de abonados los cuales pueden ser independientes de los otros medios de señalización asociados a los bucles de abonado, o estar integrados a éstos.

Los abonados pueden estar dispersos alrededor del punto de convergencia, con distancias máximas de 60 Kms, y el medio de transmisión entre la unidad de concentración y la estación radio base es ajeno al

sistema, pudiéndose utilizar cables de baja frecuencia o sistemas de radio multiplex analógicos o digitales.

La ventaja que ofrece la utilización de este tipo de sistema es que puede aumentar o disminuir los canales radioeléctricos, aunque en la estación radio base se requiere tantos transmisores y receptores como número de canales radioeléctricos proporcionados. Así mismo, el número de estaciones terminales de abonado puede ser aumentado sin necesidad de ninguna modificación en el resto del sistema.

SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE DIGITAL.

Son sistemas de acceso múltiple que permiten dar servicio telefónico desde una central telefónica hasta pequeñas concentraciones de abonados distantes, distribuidos en una gran superficie geográfica. Este sistema comprende las siguientes unidades:

a.- Unidad de Central

Este equipo está situado en la central local y se encuentra dotado de los dispositivos necesarios para proporcionar todas las funciones de conversión de señalización, multiplexación y demultiplexación, así como del equipo de interfaz necesario para la conexión del sistema a la central. El equipo radioeléctrico de la unidad de central presta

servicio a los abonados ubicados en zonas aledañas.

b.- Unidad de Repetidor

A fin de proporcionar mayor cobertura, si ésta es necesaria, se pueden utilizar tantos repetidores como sean necesarios para cubrir la región geográfica a la que debe darse servicio, o hasta que se llegue al número de abonados que admite el sistema.

c.- Unidad de Abonado

Este equipo proporciona la sincronización, alineación de trama, señalización y funciones radioeléctricas, así como el tratamiento de señales, alimentación de línea y señalización de línea necesarios para el interfaz con los aparatos telefónicos normalizados.

Para el funcionamiento, cada unidad de abonado presta servicio a varias líneas de abonado y es controlada y compartida en el tiempo por la unidad de central, la cual puede acomodar muchas unidades de abonado. La unidad de central proporciona varios circuitos de enlace a cada una de las unidades de abonado utilizando una antena con un diagrama tal que proporcione una cobertura particularizada y una torre de altura suficiente para establecer trayectos con visibilidad directa.

La formación de la trama se realiza mediante

modulación delta con multiplexación por distribución en el tiempo o modulación por impulsos codificados de la información banda base.

SISTEMAS DE RADIO MONDCANALES

Este tipo de sistemas es conveniente utilizarlos en caso de requerir atender a usuarios ubicados en zonas en que la densidad de abonados es muy baja y no presentan problemas de disponibilidad de canales de radio. Son también recomendados para enlaces punto a punto para transmisión de fonia o datos en diferentes aplicaciones.

El sistema consta de un terminal de central y un terminal de abonado prácticamente idénticos que proporcionan un enlace de radio duplex exclusivo, siendo las bandas de frecuencia más utilizadas comprendidas entre 68 y 470 MHz.

Cada terminal contiene una unidad transmisora y receptora, el duplexor, la fuente de alimentación, incorporando también los circuitos híbridos, unidades de baja frecuencia y control por medio de las cuales se establece un diálogo a través de los canales radio, utilizando un sistema de señalización para el establecimiento del enlace, para evitar falsas tomas y para el envío al otro extremo del estado de alarmas del equipo.

ENLACES DE MICROONDA CON BAJO CONSUMO DE ENERGIA

Estos enlaces se utilizan básicamente para conectar la red rural con las líneas interurbanas de la red nacional de telecomunicaciones, y requiere de trayectos con visibilidad directa.

Estos sistemas son más perfeccionados que los de pequeña capacidad, siendo los elementos básicos que los conforman los siguientes:

- a.- Equipo multiplex
- b.- Tranceptores de terminales
- c.- Tranceptores de repetidores
- d.- Canal de servicio
- e.- Equipo de conmutación de protección
- f.- Antenas

En cuanto a la capacidad del equipo, es conveniente establecer radioenlaces con capacidades mayores a las requeridas durante las etapas iniciales, con el fin de garantizar la demanda telefónica futura y para atender programas de ampliación durante la vida útil del equipo.

PEQUEÑOS CONCENTRADORES DE LINEA

Los concentradores de línea se utilizan para conectar un cierto número de abonados agrupados geográficamente alrededor de una central, mediante un

número de circuitos menor y sin necesidad de alteraciones en el equipo de la central.

El sistema se conforma de dos unidades, la unidad distante, a la que convergen las líneas de abonados y la unidad de central que interconecta la central telefónica a los circuitos de enlace con la unidad distante.

La utilización de un concentrador es recomendable para minimizar las dimensiones de la red telefónica por cable debiéndose tener en cuenta exigencias como dar servicio a comunidades aisladas, aumentar el número de terminales manteniendo la red existente en sus dimensiones iniciales. Por la facilidad de su instalación, los concentradores son también muy útiles para aplicaciones provisionales o para suministrar servicio en situaciones de emergencia.

OTROS SISTEMAS DE TRANSMISION

En muchas regiones, la interconexión de comunidades aisladas plantea difíciles problemas, debido a que las redes terrestres sólo se desarrollan, con frecuencia, entre grandes centros urbanos. Las comunidades rurales aisladas tienen que esperar hasta que la demanda sea lo suficientemente alta como para justificar el desarrollo y la ampliación de la red existente.

A este respecto las telecomunicaciones por satélite ofrecen una solución viable para la telefonía rural, teniéndose como ventaja principal, que este servicio puede ser dotado en un plazo de tiempo mucho más corto que el necesario para efectuarlo por medios terrenales, aún si se tuviera los medios presupuestarios necesarios.

Estos sistemas pueden ser considerados como radioenlace con un receptor situado en órbita alrededor de la tierra. Los correspondientes a distribución de abonados rurales son sistemas punto a multipunto, en los que la concentración de enlaces se realiza por técnicas de acceso múltiple por división de frecuencia o división en el tiempo.

ELABORACION DE PERFILES Y ESTUDIO DE LA ZONA DE FRESNEL

Una vez determinadas las poblaciones a las que se va a dotar de servicio telefónico y antes de proceder a desarrollar el esquema radioeléctrico del sistema y realizar los cálculos de propagación correspondientes para optar por la calidad del sistema, es necesario determinar la ubicación óptima de la ó las estaciones repetidoras requeridas.

Fundamentalmente en la selección de un sitio para la ubicación de una repetidora, los factores a

continuación deberán ser considerados:

- La calidad de transmisión deberá ser satisfactoria
- Los costos de instalación y operación anual deberán ser mínimos.
- Los trabajos de construcción requeridos y el mantenimiento necesitado por los equipos deberán ser fácilmente efectuados.
- Deberá considerarse la existencia de facilidades en el sitio como vías de acceso, disponibilidad de energía eléctrica, etc.

Los principios de calidad de transmisión y economía del sistema son a menudo contradictorios y un buen balance de estos dos criterios es muy importante para tomar una decisión acertada. La economía, realización de la edificación, la existencia de energía eléctrica y de caminos de acceso que hagan posible un fácil mantenimiento periódico de las instalaciones, son condiciones a ser analizadas en la selección final de la ruta entre varias alternativas posibles que permitan la calidad de transmisión requerida.

Tomando en consideración los factores arriba indicados, en primera instancia se debe realizar un trabajo teórico para lo cual se requiere disponer de la suficiente información tanto de tipo topográfico

así como de las facilidades existentes en los sitios elegidos.

Una vez consideradas las mejores alternativas para seleccionar la posible ubicación de una estación repetidora, se procede a estudiar si los sitios elegidos permiten establecer una clara línea de vista, esto se realiza con la ayuda de las cartas topográficas de la zona que contiene curvas de nivel, es decir información de las características geográficas de las rutas en estudio como es altitud del terreno y obstrucciones existentes; estas cartas son editadas por el Instituto Geográfico Militar.

Una vez concluido el trabajo de escritorio es necesario realizar la constatación en el campo, el cual está encaminado a efectuar una real verificación de las posibilidades que puede brindar cada una de las alternativas y entre ellas escoger aquella que posea las mejores características para establecer la ruta definitiva del enlace.

El trabajo conlleva principalmente el verificar la existencia de línea de vista en los enlace previstos del sistema ya sea por medios ópticos para tramos cortos o mediante inspecciones aéreas para enlaces que cubren grandes extensiones de terreno de difícil acceso.

acceso.

Con el fin de proceder a la elaboración de los perfiles de la ruta y su posterior verificación o rectificación en el campo, es necesario dejar establecida la ruta que se ha decidido tomar.

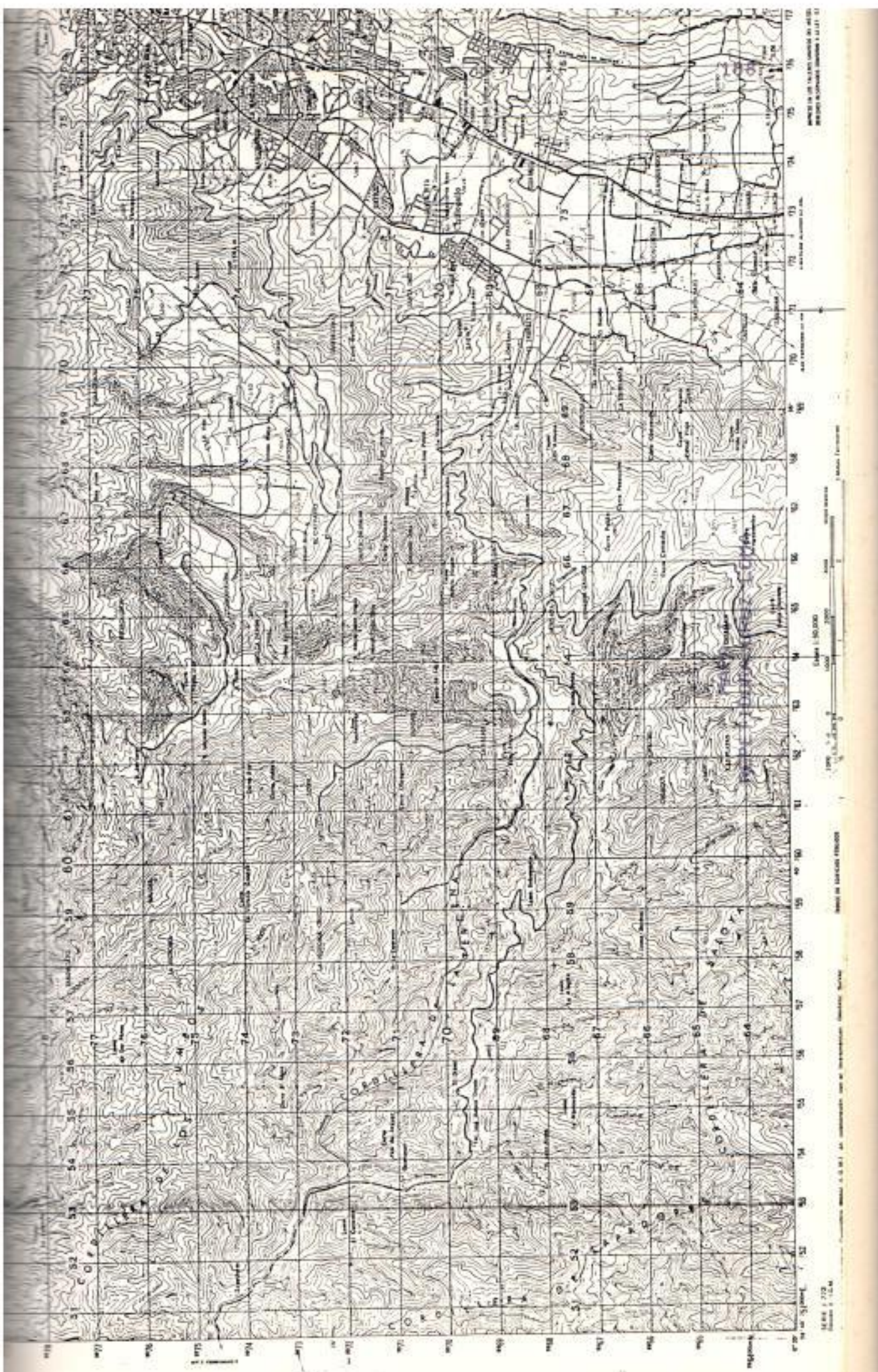
Siguiendo todos los pasos arriba expuestos, se ha podido determinar los sitios de repetición que brindan mejores facilidades de infraestructura básica y que por otro lado permiten una buena cobertura radioeléctrica para la presente aplicación. Dichos puntos son: Cruz Loma, Nanegalito, Cerro Blanco y Repetidora C. Ver Mapa I, Mapa II y Mapa III.

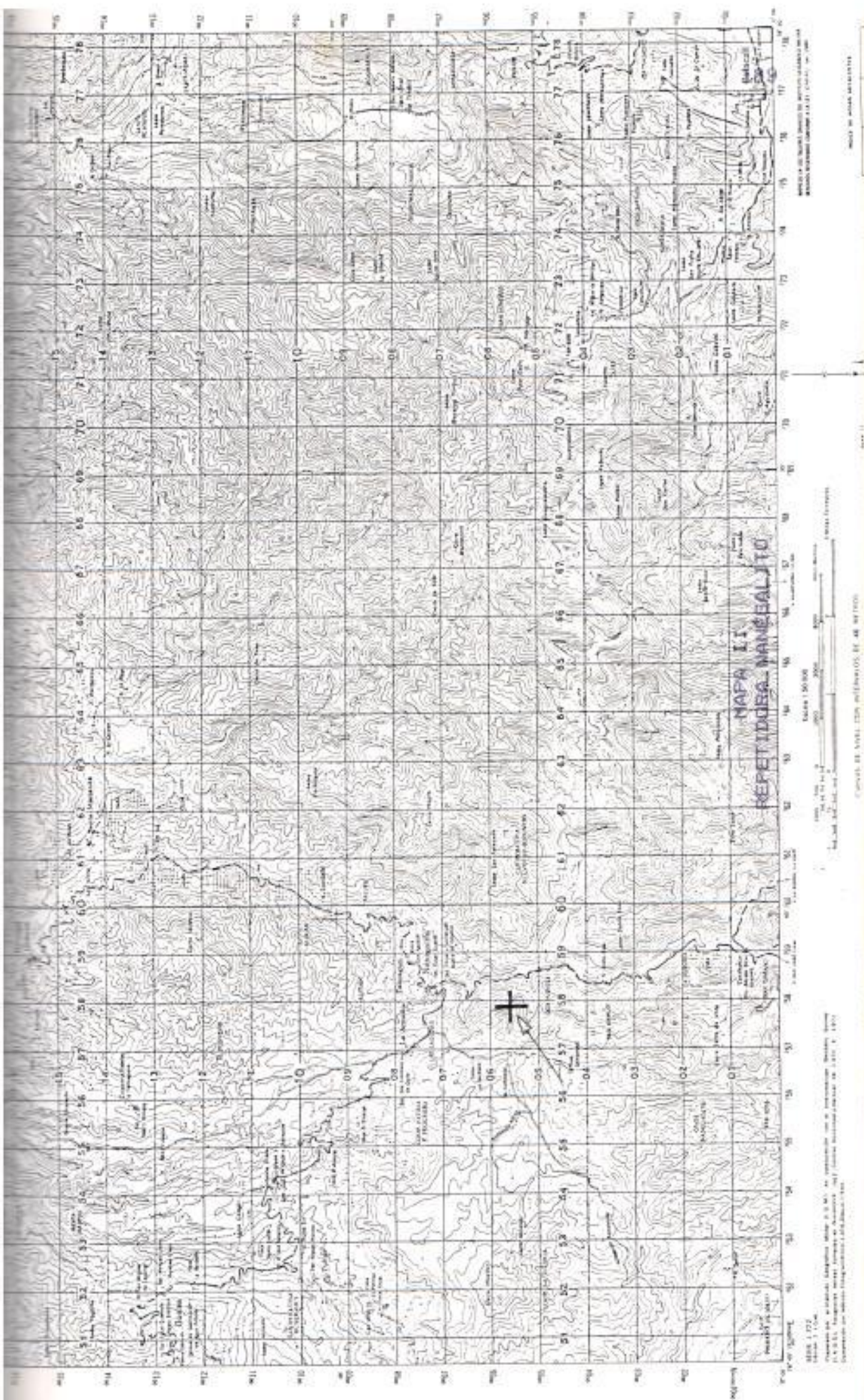
ESTACIONES REPETIDORAS	LONGITUD	LATITUD
Cruz Loma	78°34'40"''	00°11'03"''
Nanegalito	78°41'39"''	00°03'31"''
Cerro Blanco	78°19'52"''	00°12'11"''
Repetidora C	78°26'05"''	00°14'05"''

Una vez definidos los puntos que conforman nuestro sistema de radio, ver Mapa IV, se indican a continuación, las ubicaciones geográficas exactas obtenidas en los planos topográficos.

CANTON QUITO

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Píntag	78°22'23"''	00°27'30"''
Alangasi	78°24'44"''	00°18'08"''
Conacoto	78°28'37"''	00°17'24"''

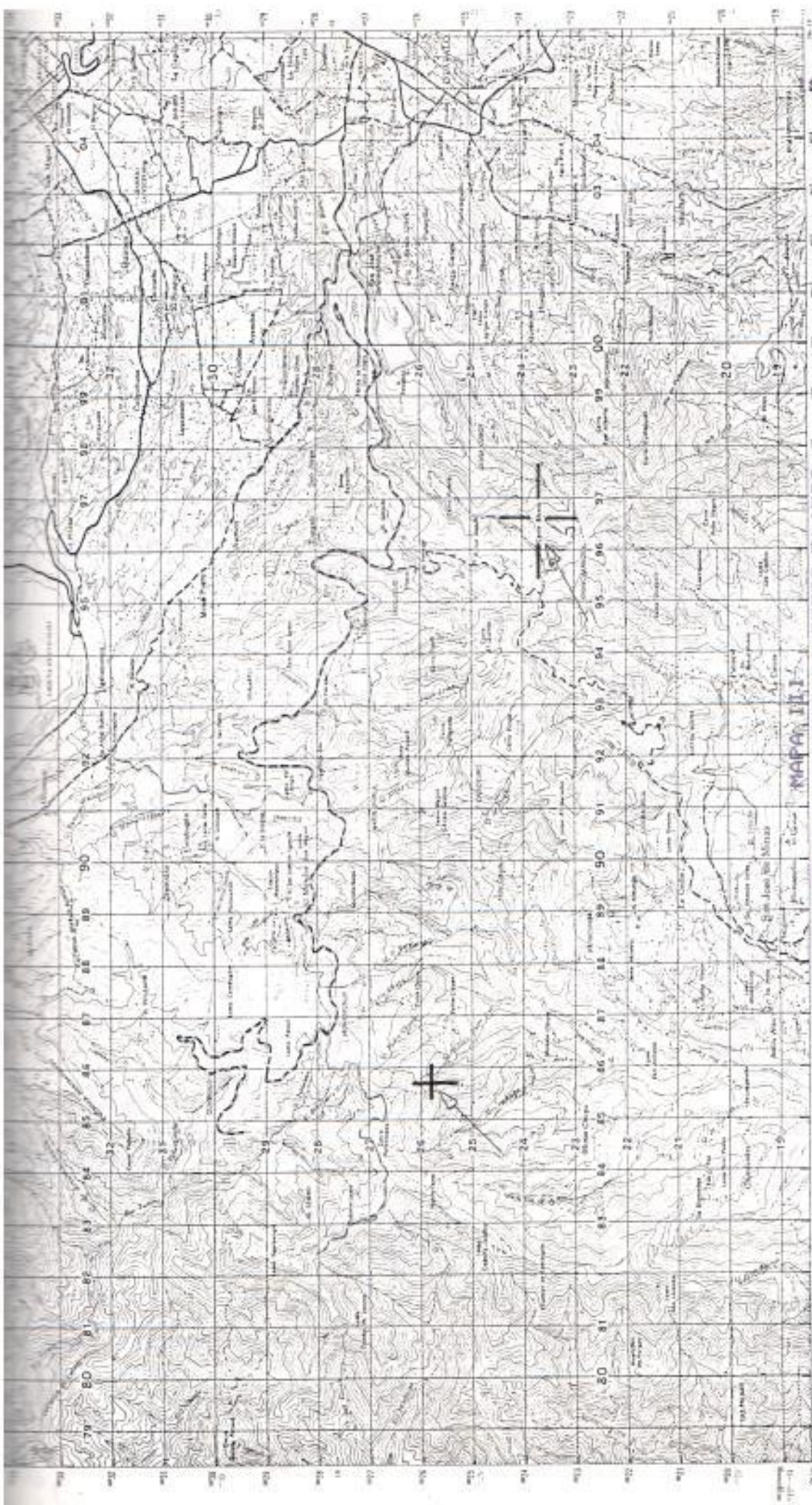




2008-1-1732
2008-1-1732

[illegible][illegible]

Copyright © 2006 John Wiley & Sons, Ltd.



REPETIDORA C Y REPETIDORA CERRO BLANCO

IMPRESO EN LOS TALLERES GRAFICOS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
BOGOTA PASADISADO COPIADO A LA LIT. 1955/56 197.

ESCALA 1:50,000
1 cm = 500 m
1 in = 12.5 mi

COPIADO DE FOTIA CON AUTOMATICO A ALTA VELOCIDAD
COPIADO EN TALLERES GRAFICOS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
BOGOTA PASADISADO COPIADO A LA LIT. 1955/56 197.

IMPRESO EN LOS TALLERES GRAFICOS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

1:50,000	1:100,000	1:250,000	1:500,000	1:1,000,000
----------	-----------	-----------	-----------	-------------



PROVINCIA DE PICHINCHA

QUITO

PUNTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE RADIS

DE MANABI

La Merced	78°23'34"	00°17'13"
Lina	78°34'34"	00°14'37"
Pito	78°20'05"	00°13'20"
Tumbaco	78°24'32"	00°12'11"
Cumbaya	78°25'54"	00°11'44"
Tababela	78°20'42"	00°10'54"
Puambo	78°21'05"	00°10'34"
Varucuri	78°18'50"	00°09'31"
Nayón	78°26'15"	00°01'08"
Zambiza	78°25'13"	00°08'42"
Checa	78°18'32"	00°07'38"
Llano Chico	78°26'21"	00°07'18"
Quínche	78°17'42"	00°06'29"
Calderón	78°25'13"	00°06'02"
Guayilabamba	78°20'31"	00°03'20"
Pomasqui	78°27'05"	00°03'07"
Nantigalito	78°40'11"	00°04'15"
Suales	78°45'55"	00°07'20"

CANTON CAYAMBE

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Ascarubi	78°17'00"	00°04'52"
Otón	78°23'26"	00°01'21"
Sta. Rosa	78°25'13"	00°01'58"
Diasedo	78°04'45"	00°09'41"

CANTON MEJIA

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Machachi	78°33'46"	00°30'28"
Aloag	78°24'44"	00°18'08"
M. Cornejo Astorga	78°55'44"	00°24'58"
Aloazi	78°35'02"	00°31'02"
Cutuglagua	78°32'57"	00°21'45"
Champi	78°38'23"	00°35'50"

CANTON P. MONCAYO

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Tabacundo	78°13'09"	00°03'07"
La Esperanza	78°14'36"	00°02'52"

Tocachi	78°25'21''	00°02'45''
Malchingui	78°38'41''	00°04'16''
Tupigachi	78°10'32''	00°04'47''

CANTON RUMIÑAHUI

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Sangolquí	78°26'52''	00°19'24''
San Rafael	78°27'24''	00°18'29''
Cotacchoa	78°27'18''	00°21'36''

CANTON S. DOMINGO

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Alluriquin	78°58'50''	00°18'57''

Toda vez que se dispone de la ubicación exacta de los puntos que forman parte del sistema en estudio, es necesario determinar la existencia ó no de línea de vista en los enlaces existentes; para ello y con la ayuda de las cartas topográficas, las mismas que para el presente estudio se disponen en escalas de 1:50.000 y con indicación de curvas de nivel de 40 metros, se procede a determinar la elevación del terreno y la presencia de obstáculos en los diferentes trayectos.

La curvatura relativa de la tierra y del trayecto de las ondas de radio son factores que deben considerarse cuando se dibuja una carta de perfil. Aunque la superficie de la tierra es curva, el trayecto de la energía de las ondas de radio tienden

a viajar en línea recta; sin embargo debido a fenómenos de refracción normal siguen una trayectoria que tiene una ligera curvatura descendente, permitiendo que el rayo alcance puntos algo más allá del horizonte visible. La notoriedad de la inclinación del haz varía de acuerdo al índice de refracción, el mismo que disminuye de una manera gradual con el aumento de la altura y depende de la temperatura, humedad y presión.

El grado y la dirección de la curvatura del haz puede ser convenientemente definido por el parámetro k , denominado factor de abultamiento de la tierra. Este factor, multiplicado por el radio real de la tierra es el radio de la curva aparente de la tierra relativa al haz radioeléctrico; esto es, representa la curvatura real de la tierra menos la curvatura de las ondas radioeléctricas. Cualquier cambio en la curvatura del rayo causado por las condiciones atmosféricas puede ser expresado como una variación de k .

En países donde la aplicación de sistemas de microonda está fuertemente extendida, para la determinación del factor k se puede contar con la existencia de datos lo suficientemente precisos y elaborados, para convertir el problema, en la simple rutina de consultar valores en diagramas o tablas.

En nuestro país, no se dispone de datos estadísticos orientados a determinar en forma exacta este valor.

Bajo condiciones atmosféricas standard, definida como aquella cuya humedad decrece 0.0033 milibares* por metro y cuya temperatura igualmente decrece 0.009 grados centígrados por metro, el valor que toma k es $4/3$. En el caso de atmósferas subrefractivas, como puede presentarse en zonas con bruma de agua congelada, cuando el aire pasa de caliente a frío, el factor k adquiere valores menores a la unidad, y en estas condiciones el rayo tiende a curvarse en forma ascendente. También son posibles valores de k negativos en zonas en que se producen inversiones de temperatura y que puede caracterizarse por la formación de ductos, esto puede ocurrir sobre el mar a causa de enfriamientos de la superficie.

Previo al dibujo de perfiles, se requiere disponer de formatos en papel que contienen los gráficos de la curvatura o concavamiento de la tierra para un valor determinado de k , cálculo que puede ser realizado a partir de la siguiente ecuación:

$$h(x) = 4 d_1 \cdot d_2 / 51. K \quad (4.35)$$

Donde:

d_1 = distancia desde el transmisor en Kms.

aproximadamente igual a la mitad de la debida a todas las demás zonas; por lo que es necesario que ésta se encuentre libre de obstáculos para garantizar un buen nivel de señal. En caso de que se encuentre parcialmente obstruida, se debe considerar un valor de atenuación debido a la presencia de accidentes geográficos en el trayecto. La primera zona de Fresnel se encuentra expresada geométricamente mediante la ecuación:

$$h_0 = \sqrt{[d_1 (d - d_1) / (d * f)]} \quad (4.36)$$

Donde:

d_1 = distancia desde el transmisor en Kms.

d = distancia total en Kms.

f = frecuencia en MHz.

El cálculo y la elección del criterio de limpieza de trayecto para un camino de radio es muy importante, puesto que puede afectar en el costo y en la calidad de funcionamiento de un enlace. Es deseable por un lado, conseguir una altura de antenas suficientes tal que bajo condiciones atmosféricas subrefractivas se tenga una adecuada calidad de la señal.

Por otro lado, cuando se instala una antena en el área urbana, en la determinación de la altura de la torre se debe determinar la posible construcción de edificios en las zonas aledañas, así como también en

d_2 = distancia al receptor en Kms.

Un concepto muy importante en el análisis de los efectos de propagación radioeléctrica, particularmente en aquellos como difracción, refracción, reflexión, así como también para determinar la presencia de obstrucciones es el análisis de las zonas de Fresnel. El radio de la primera zona de Fresnel es utilizado para analizar los enlaces en términos de los efectos de la frecuencia antes que en términos de la distancia. Las demás zonas de Fresnel, son también muy importantes, especialmente bajo ciertas condiciones tales como tramos altamente reflectivos.

La primera zona de Fresnel es la superficie contenida por todos los puntos, tal que la suma de las distancias desde cualquiera de ellos a los extremos donde se encuentran las antenas es exactamente media longitud de onda mayor que la distancia directa entre los puntos de las antenas; las otras zonas de Fresnel se definen de la misma manera, excepto que la diferencia es el número de media longitudes de onda consideradas.

Es muy importante anotar que el aporte a la intensidad de campo debido a la primera zona de Fresnel en la antena receptora es mucho mayor y

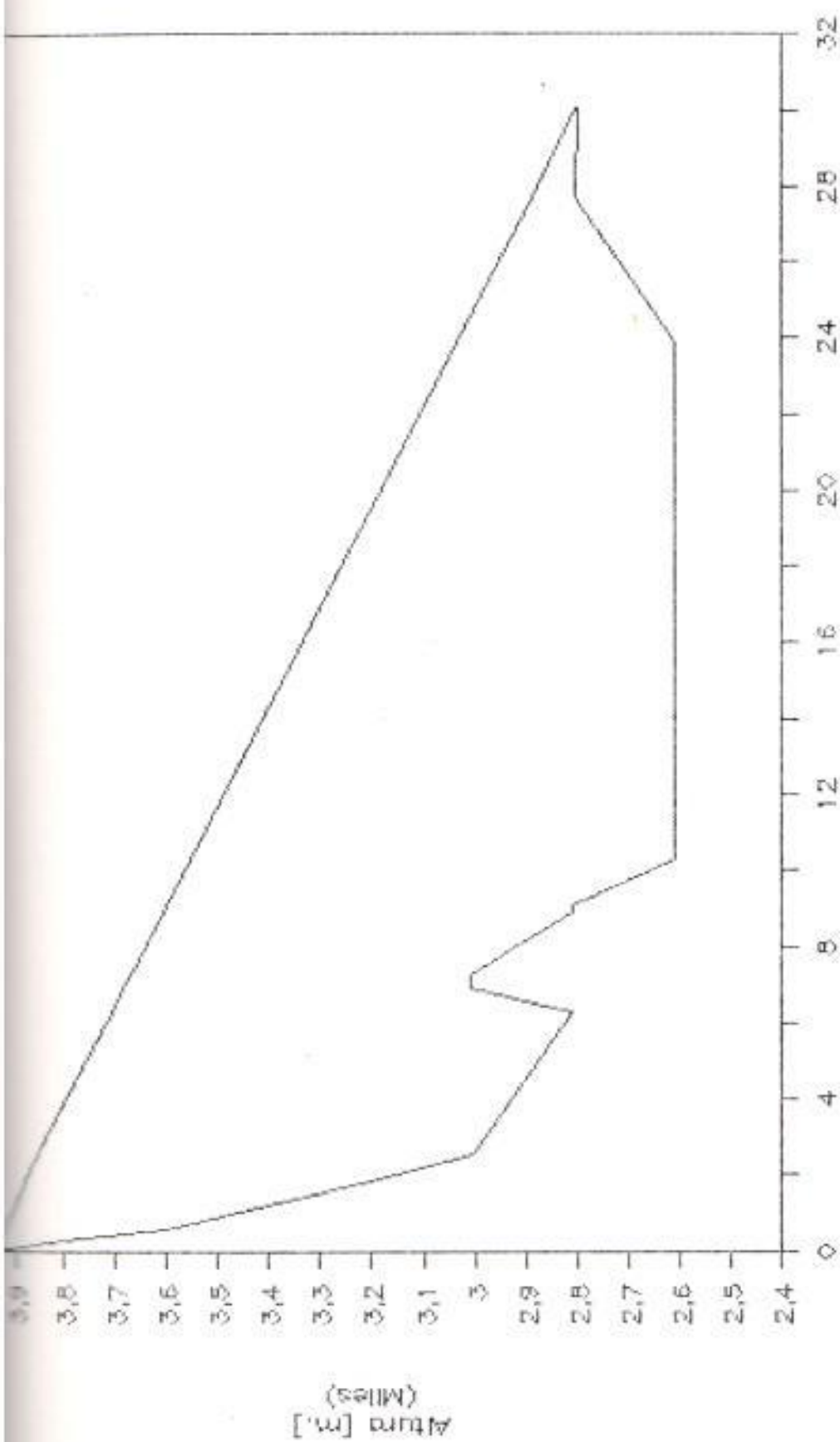
edificios en las zonas aledañas, así como también en general hay que prever requerimientos de espacio de montaje de otras antenas que pueden ser necesarias en caso de futuro requerimiento de comunicaciones en regiones aledañas.

Cuando las alturas de las torres o mástiles calculados toman valores demasiado grandes y que resulta imposible aplicarlos en la realidad, se procede a asumir alturas de tamaño conveniente, acorde con los medios físicos y económicos disponibles y con estas alturas se grafica la primera zona de Fresnel sobre el perfil de ruta, pudiéndose de esta manera visualizar si el área de ésta se encuentra libre de obstáculos, obstaculizada en un porcentaje libre de obstáculos, obstaculizada en un porcentaje aceptable, o si se requiere de una altura de antenas mayor.

Con estos criterios mencionados se procedió a realizar el cálculo de la primera zona de Fresnel en los distintos puntos del trayecto para todos los enlaces del sistema. Ver figuras 4.1 - 4.43.

4.4 MODOS DE TRANSMISION QUE ENTRELAZARAN LA RED.

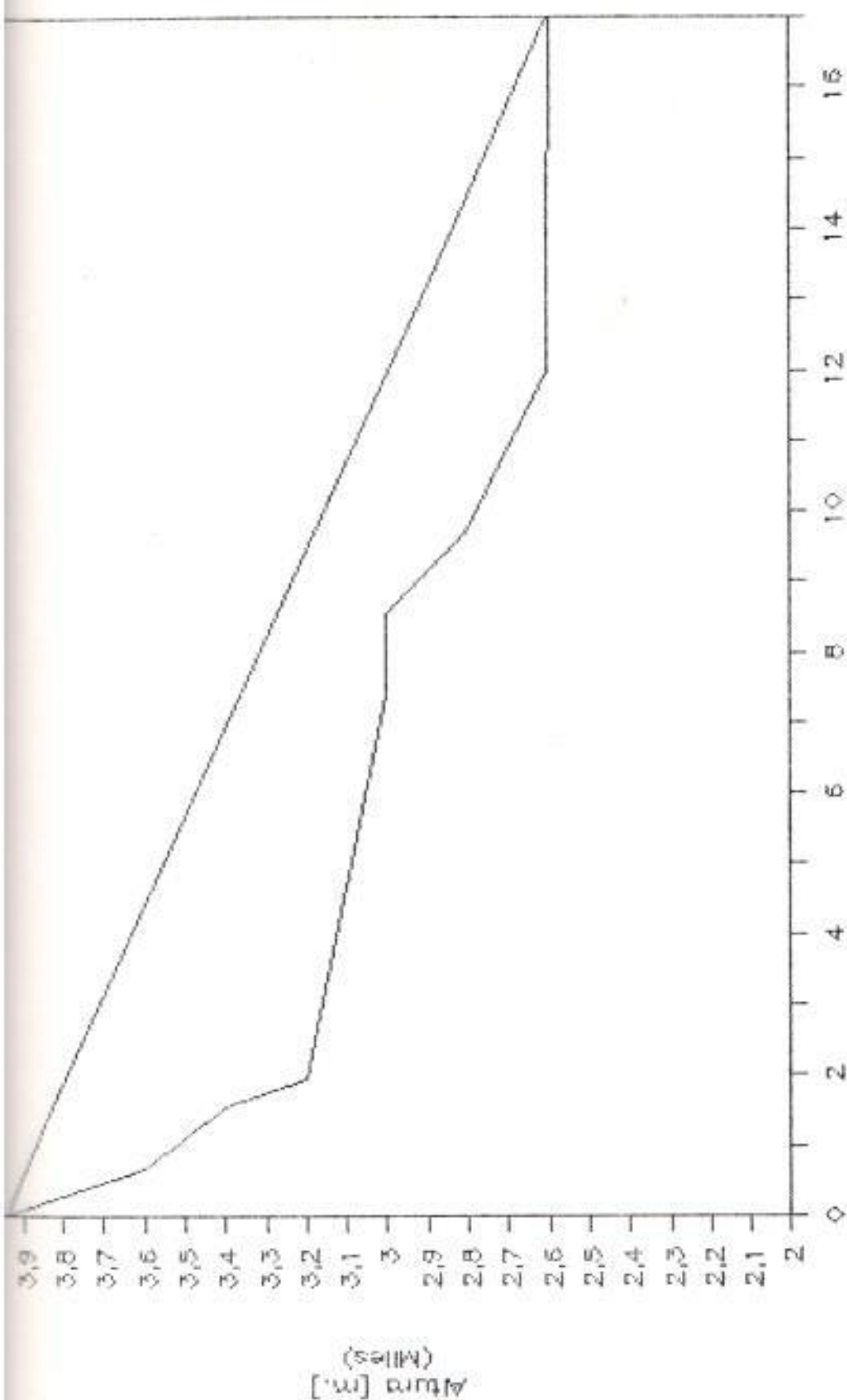
Del estudio de densidad telefónica realizado en páginas anteriores y asumiendo un tráfico de 0.05 erlangs por cada línea principal y un grado de



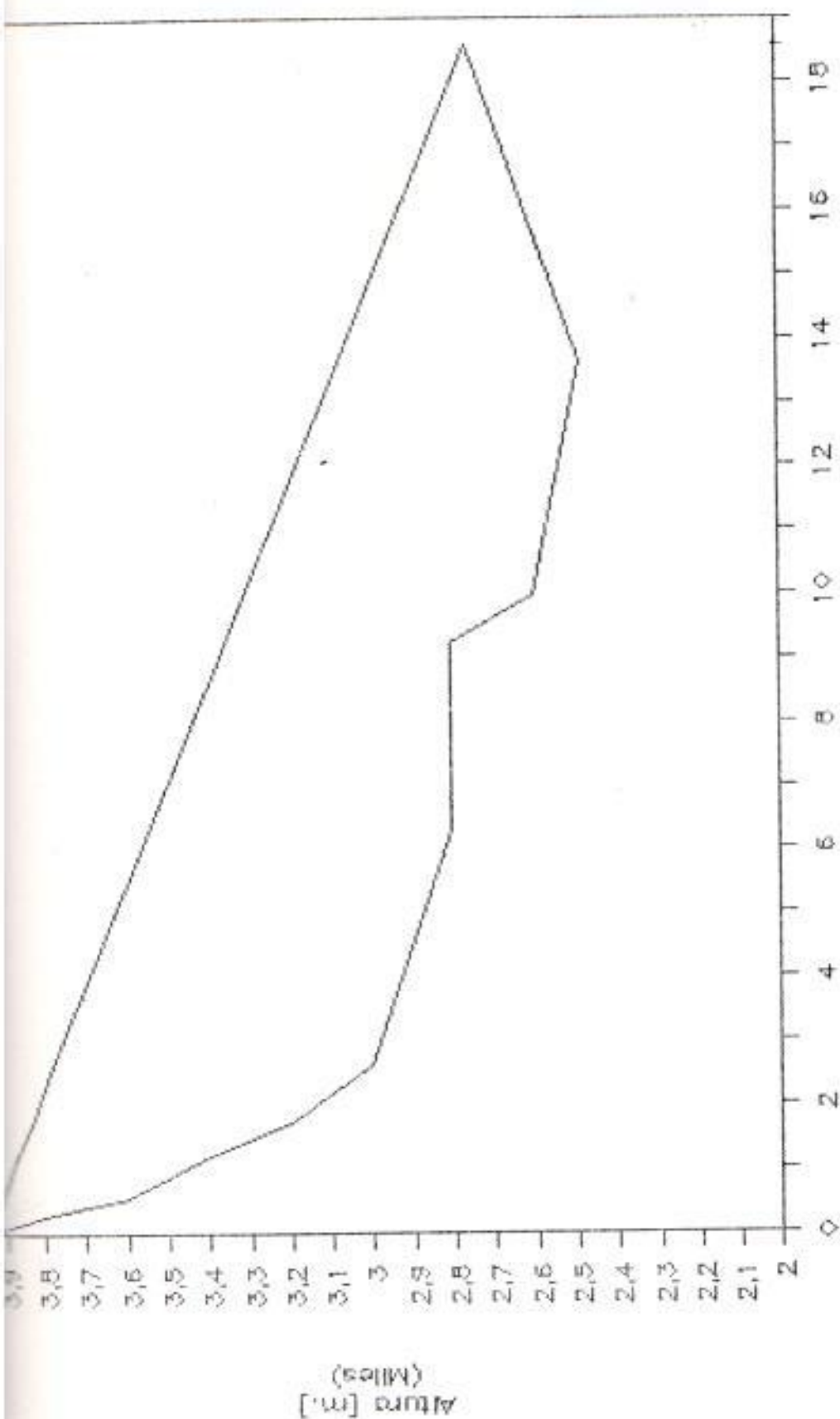
Distancia [km.]

PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA (⇒) PINTAS

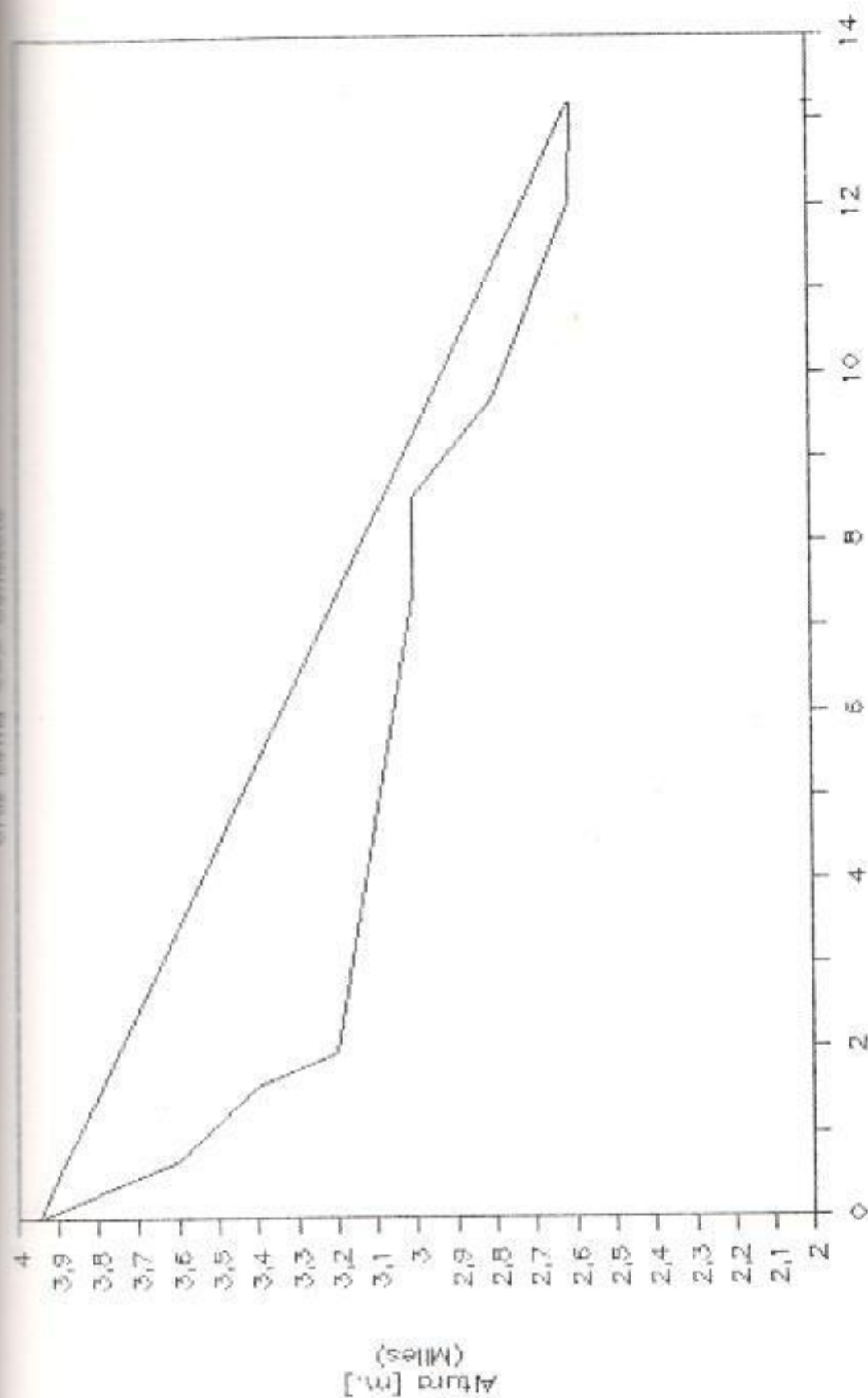
FIGURA 4.1



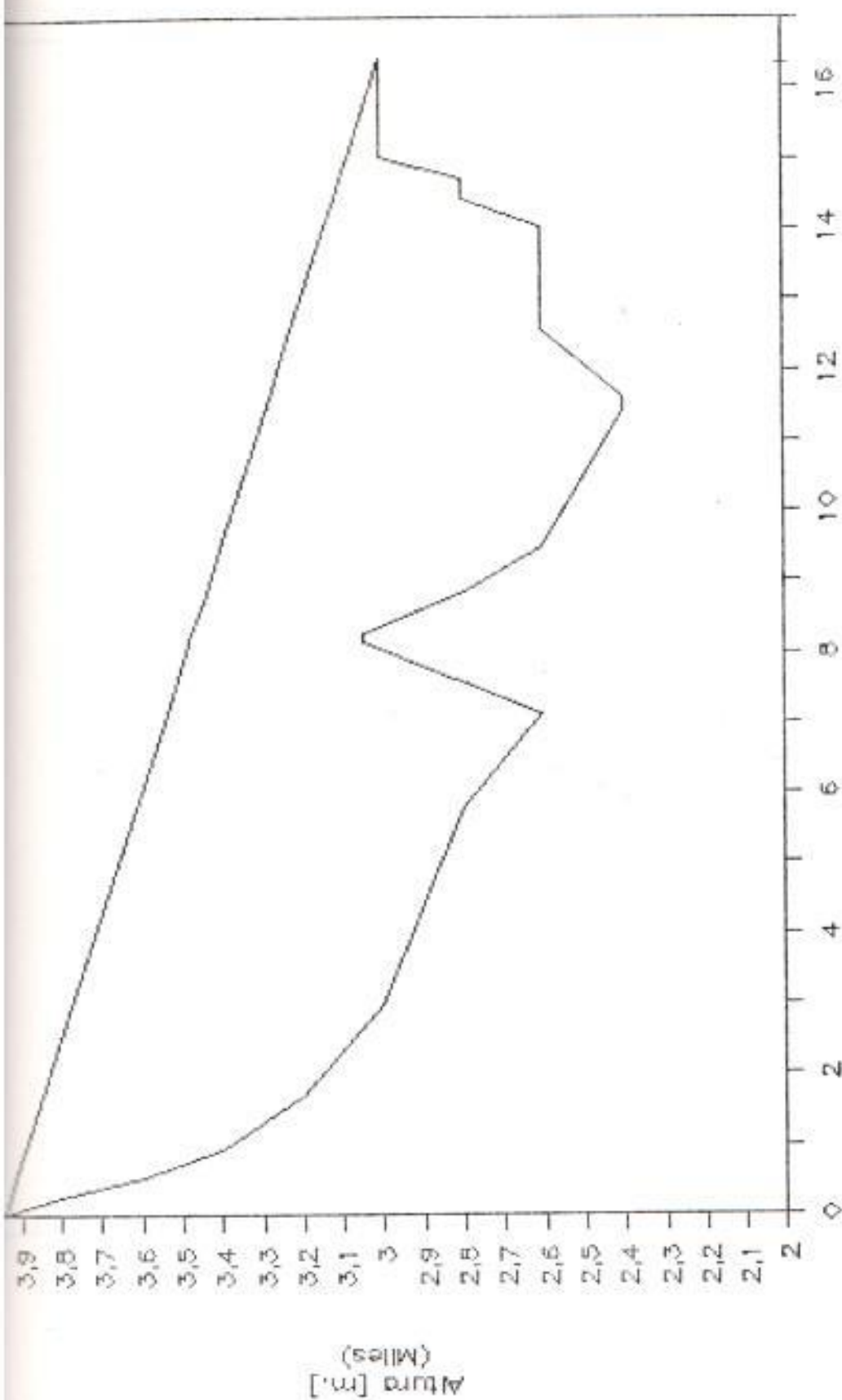
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> SAN PEDRO DE TOBOADA
FIGURA 4.2



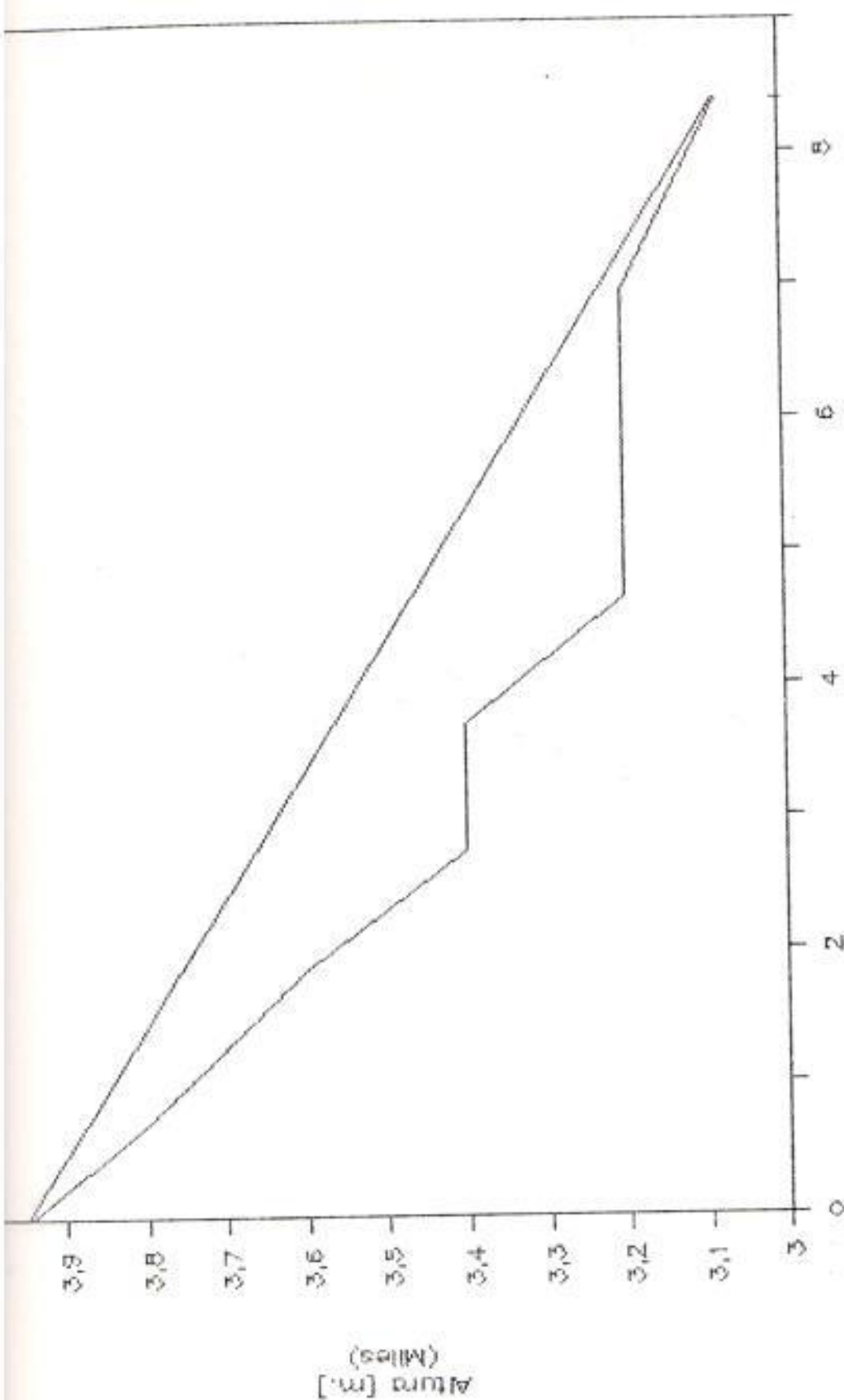
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> ALANGASI
FIGURA 4.3



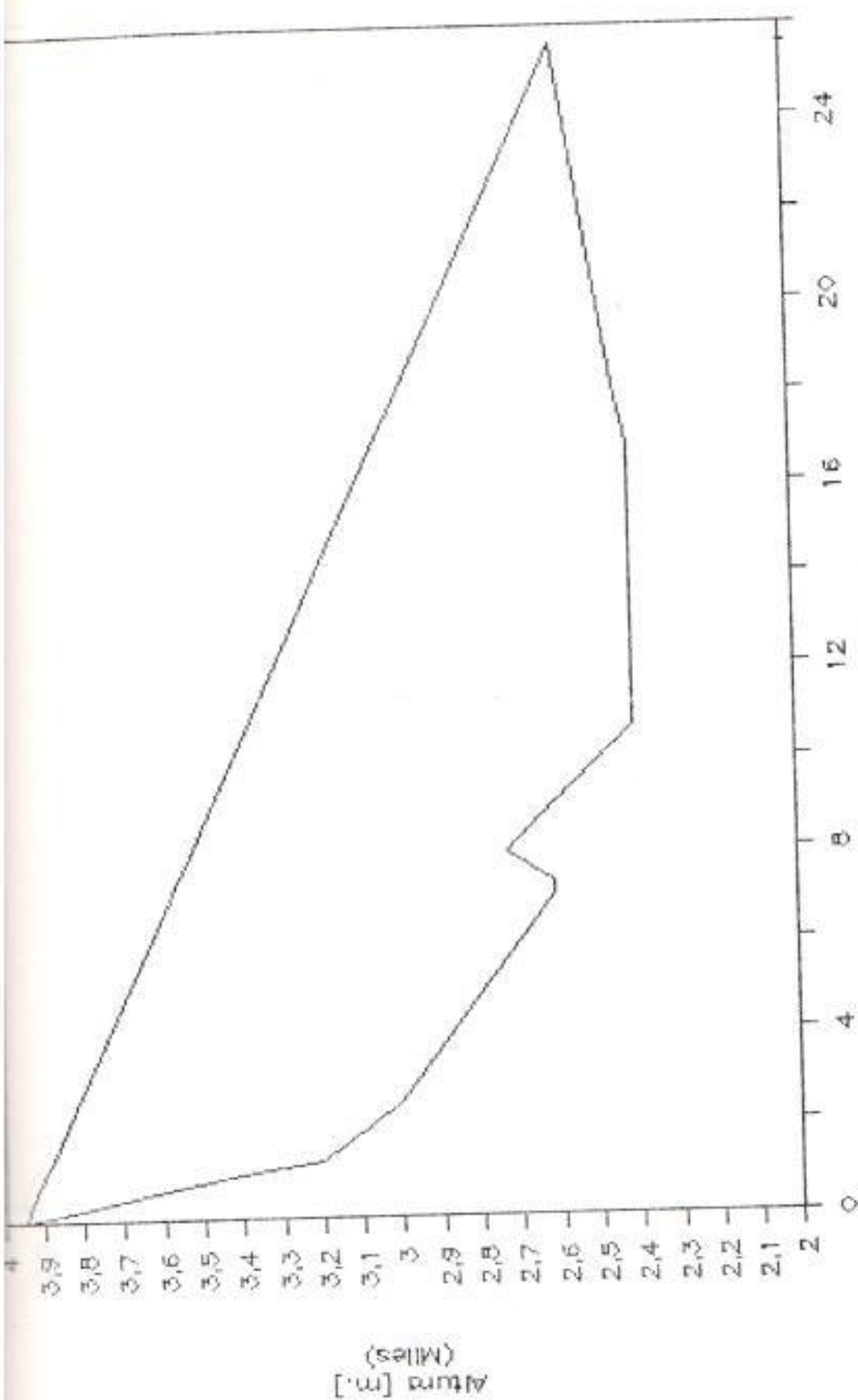
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> CONOCOTO
FIGURA 4.4



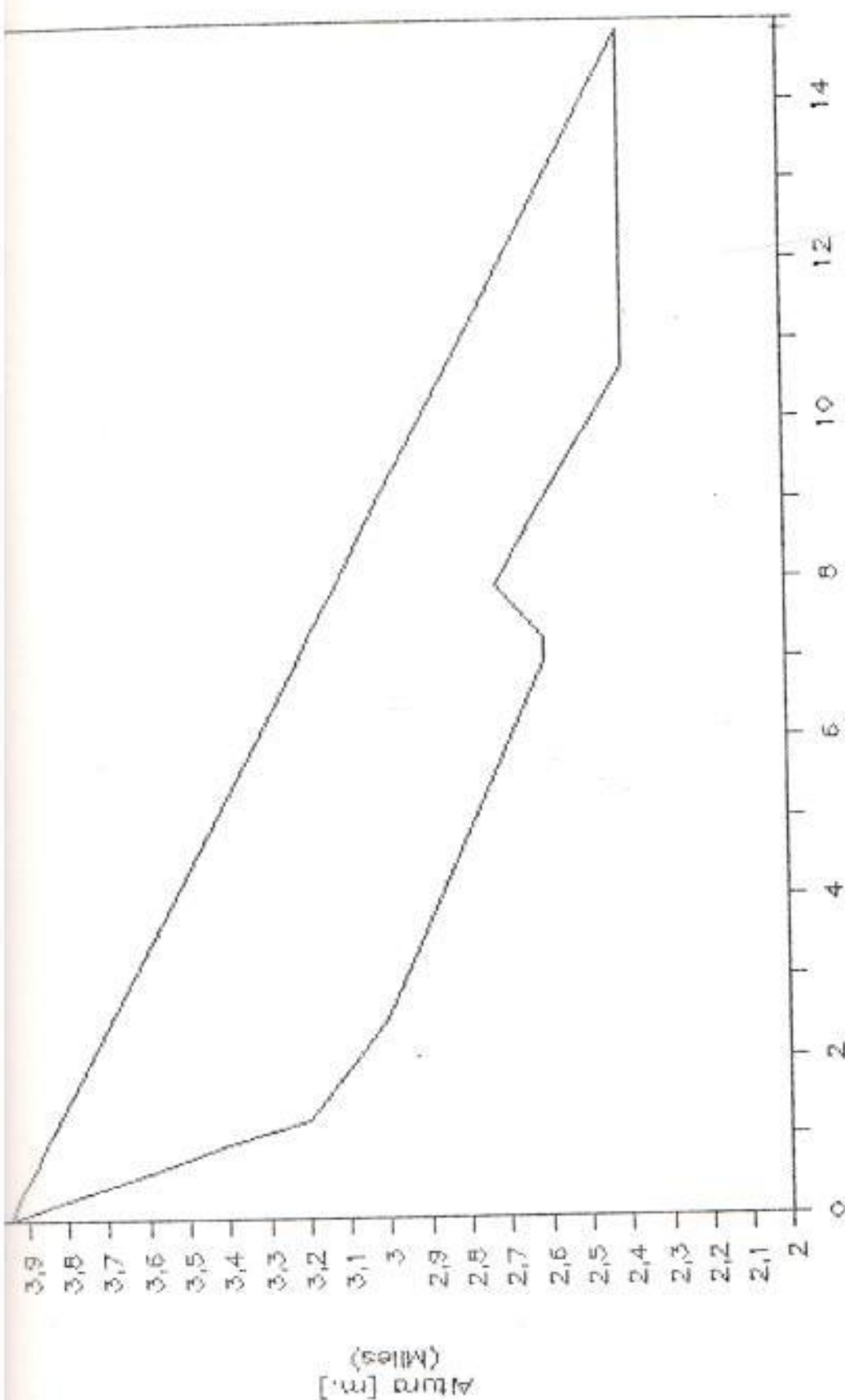
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> LA MERCED
FIGURA 4.5



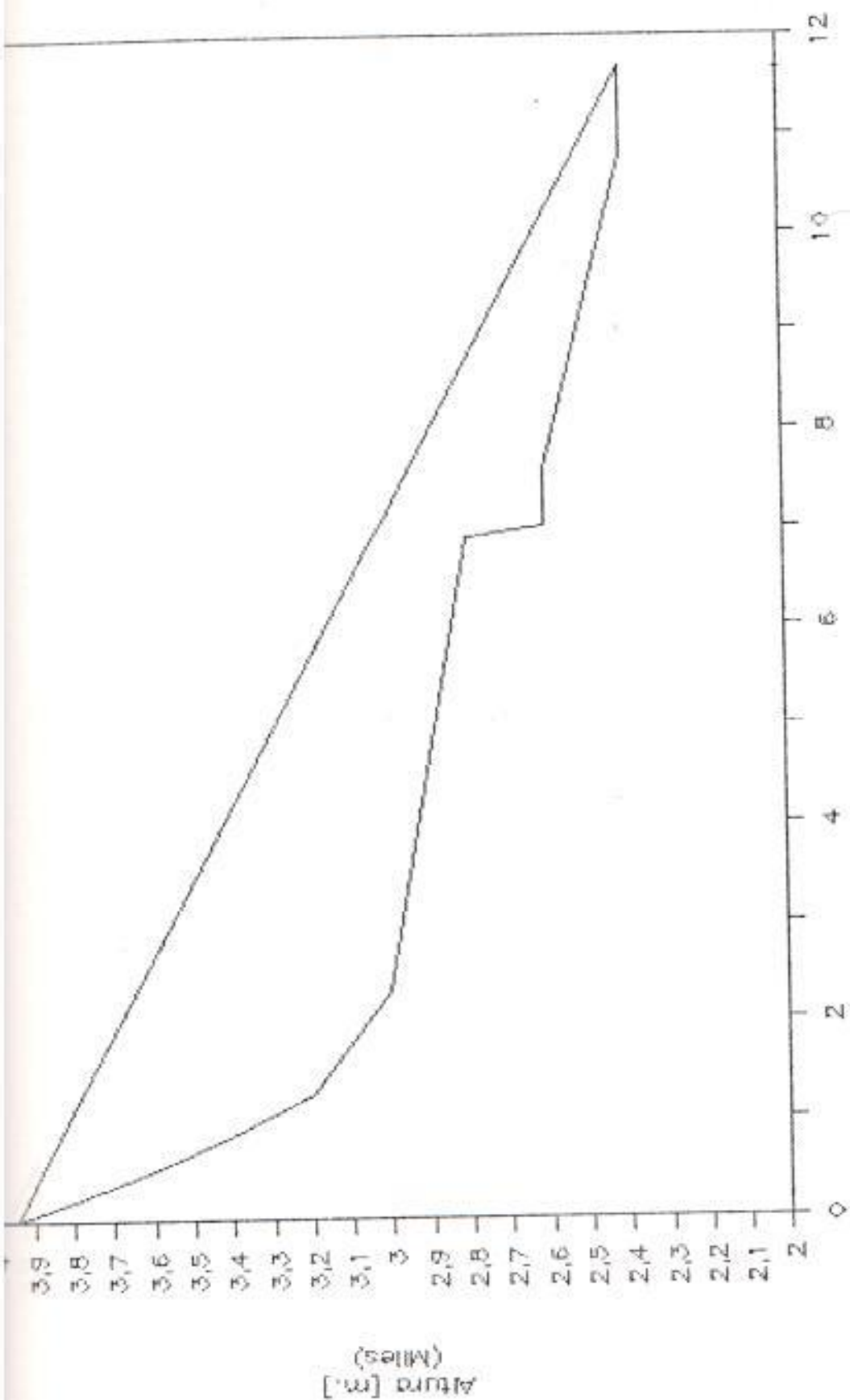
Distancia [Km.]
 PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> LLOA
 FIGURA 4.6



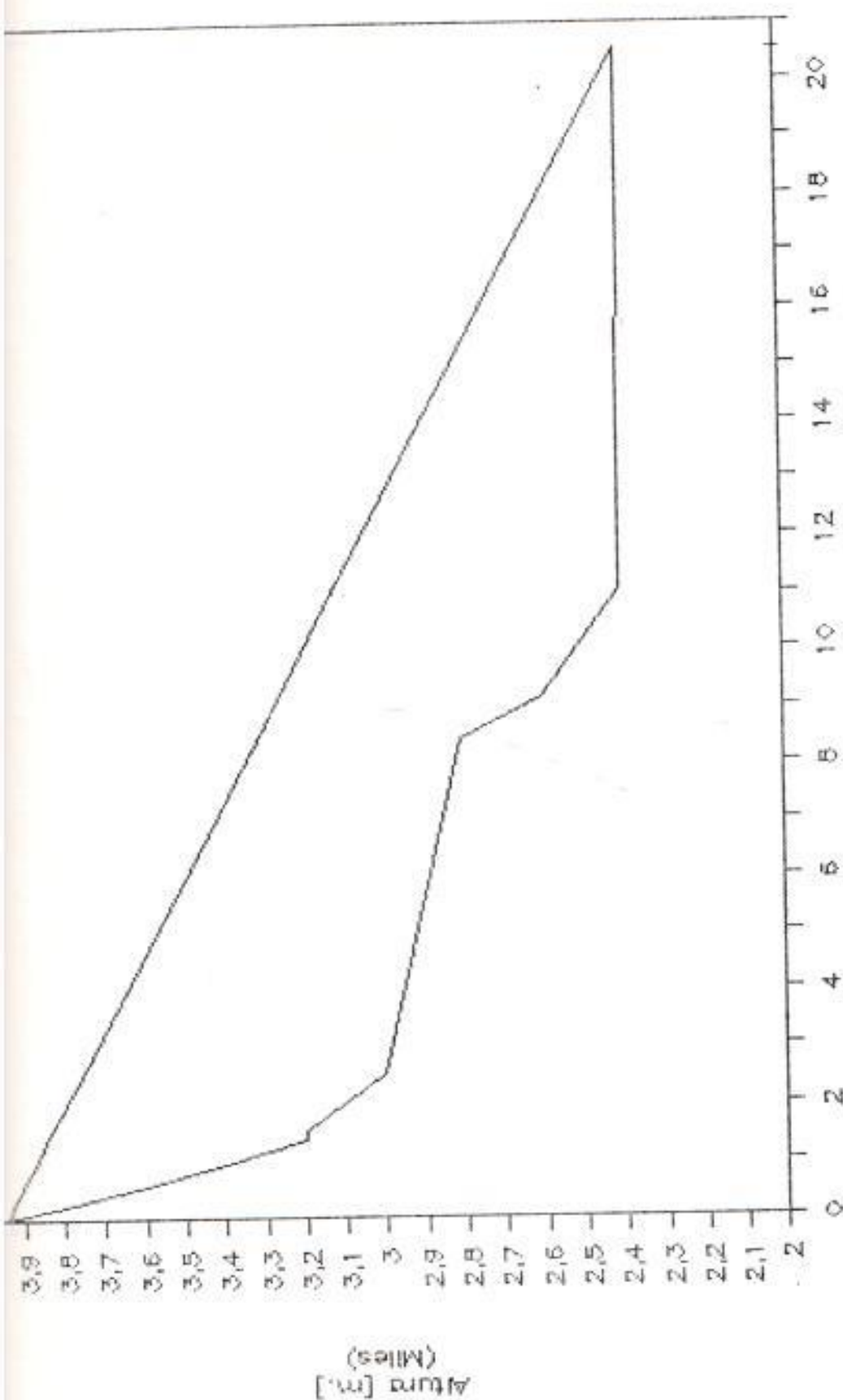
Distancia [Km.]
 PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> P1FD
 FIGURA 4.7



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> TUMBACO
FIGURA 4.8

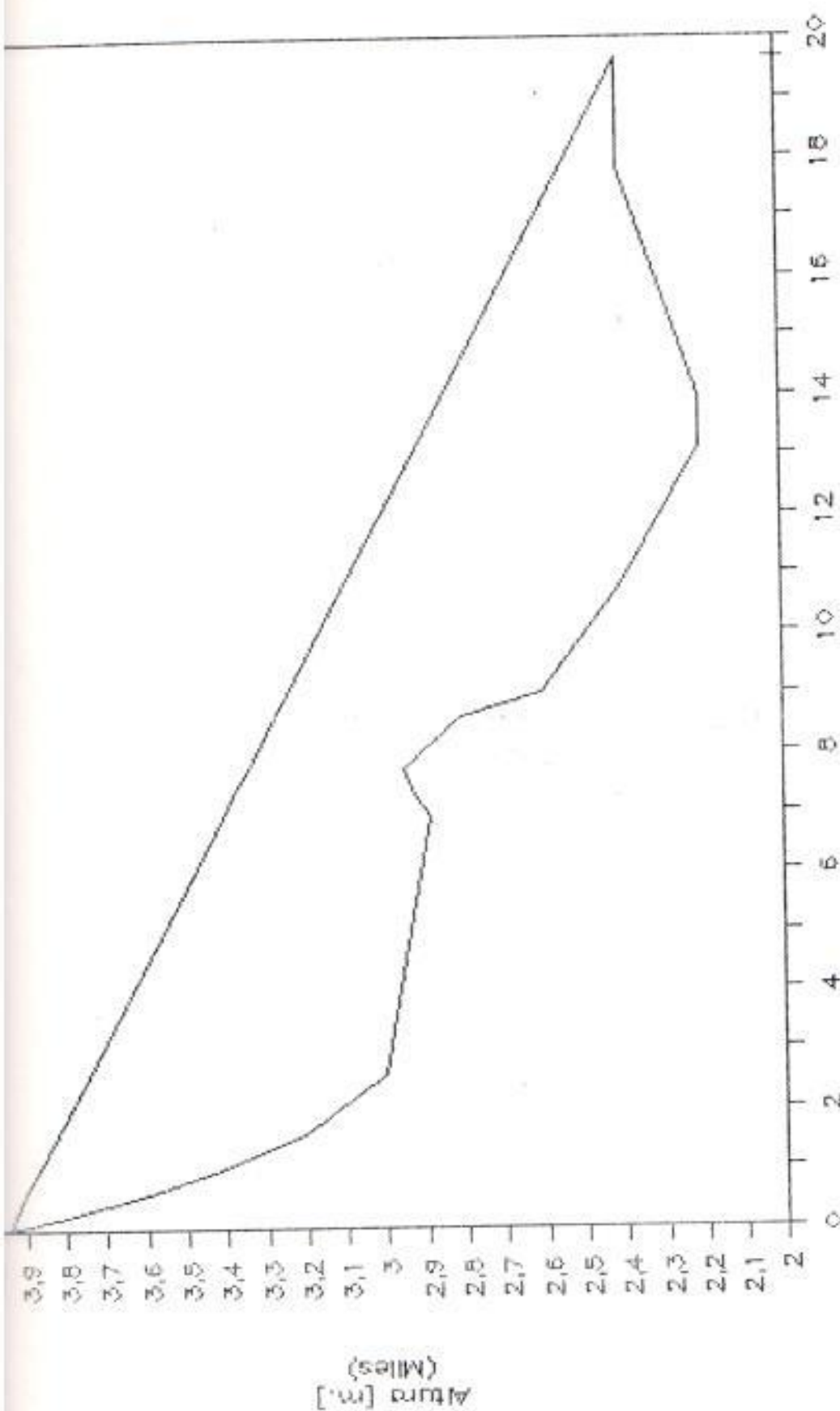


PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> CUMBAYA
FIGURA 4.9

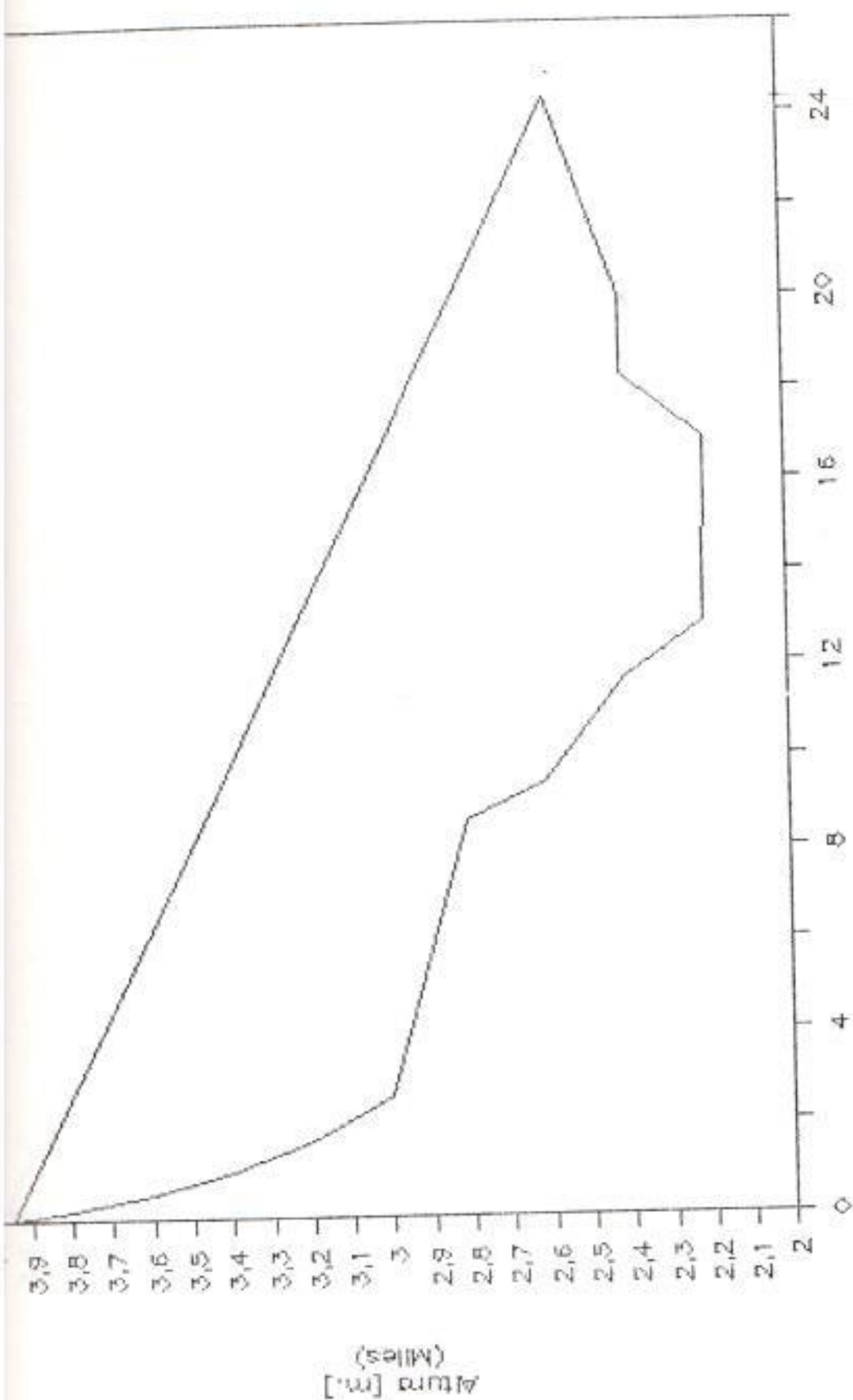


Distancia [Km.]

PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> TABABELA
FIGURA 4.10



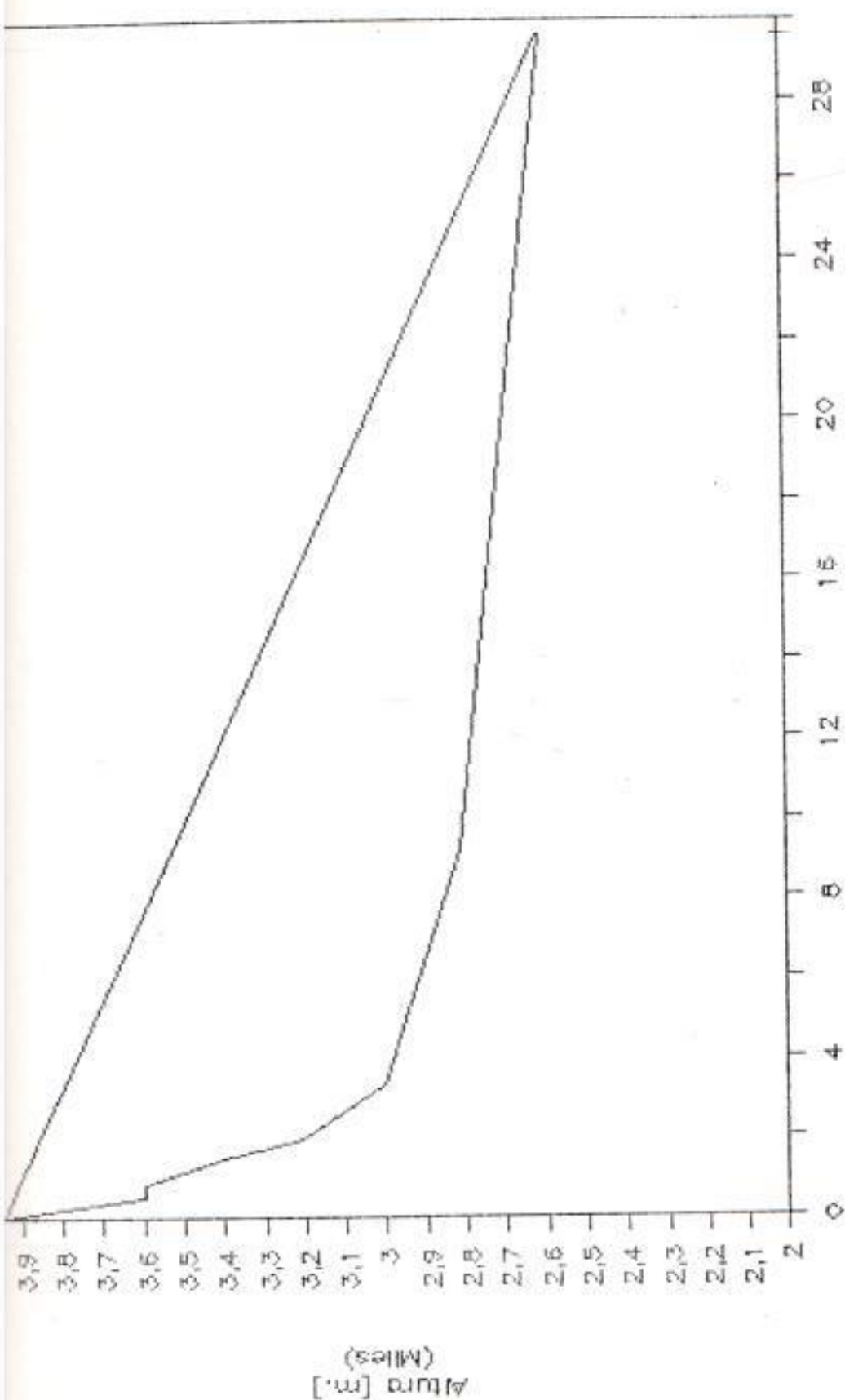
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> PUEMBO
FIGURA 4.11



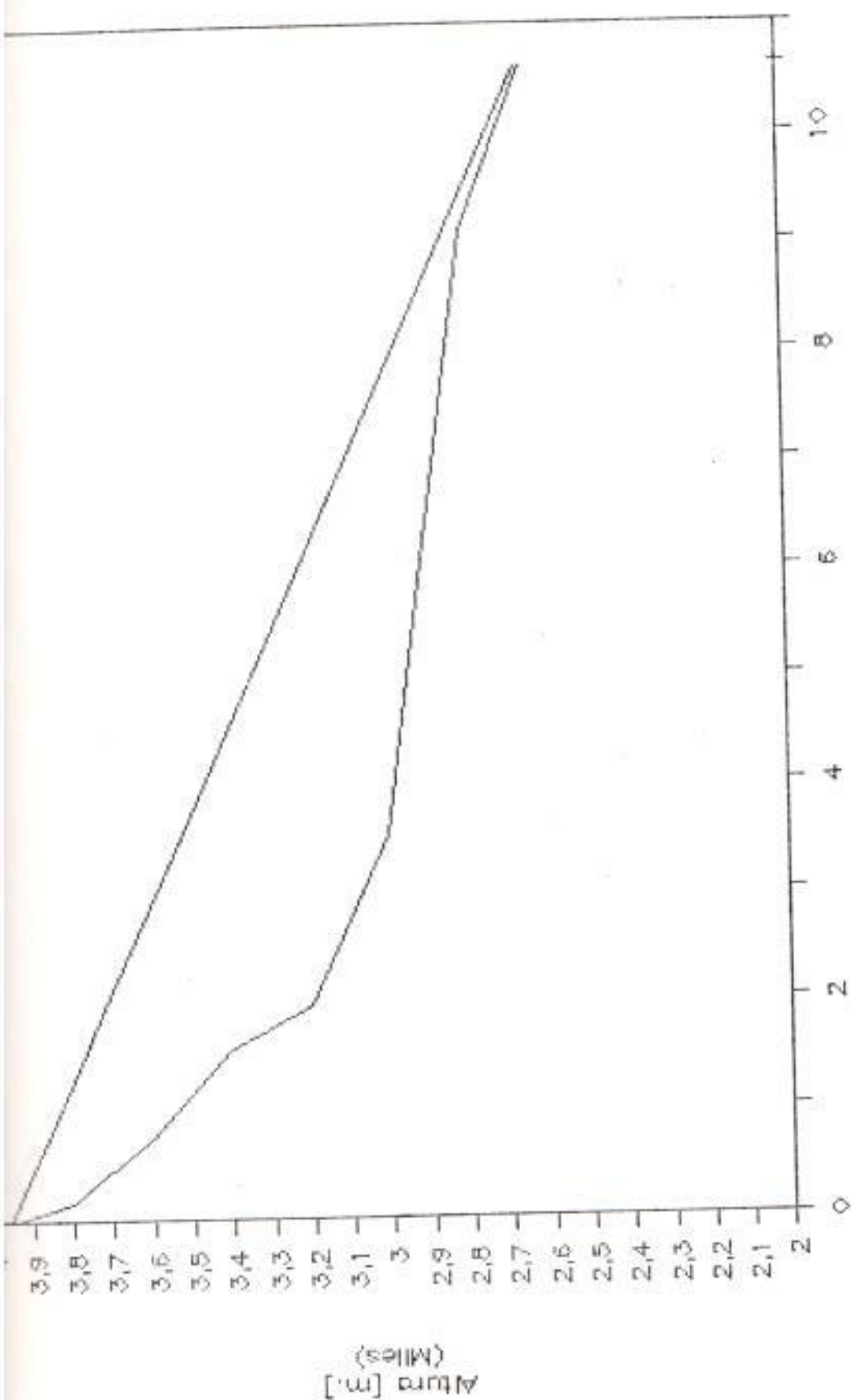
Distancia [km.]

PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> YARUGUI

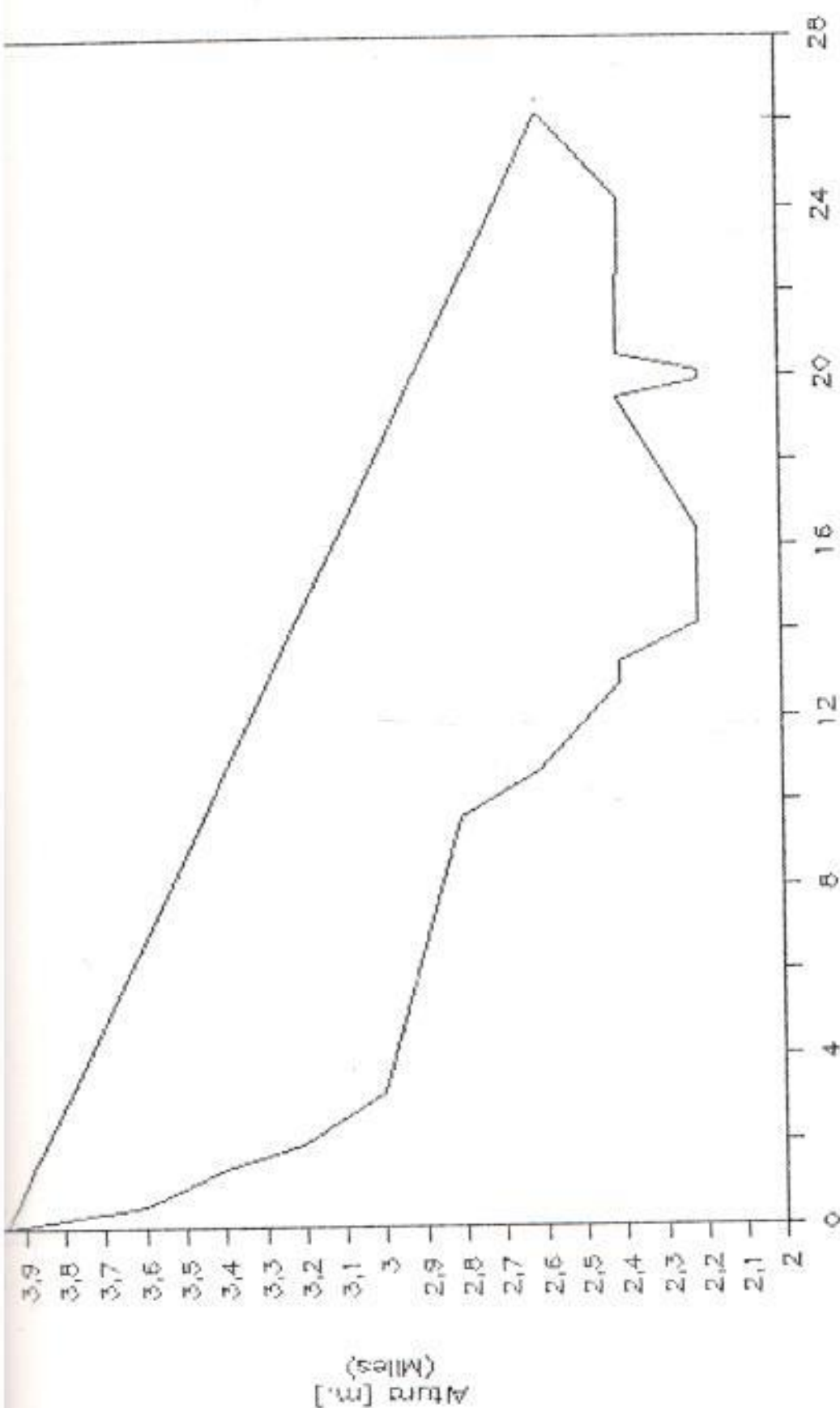
FIGURA 4.12



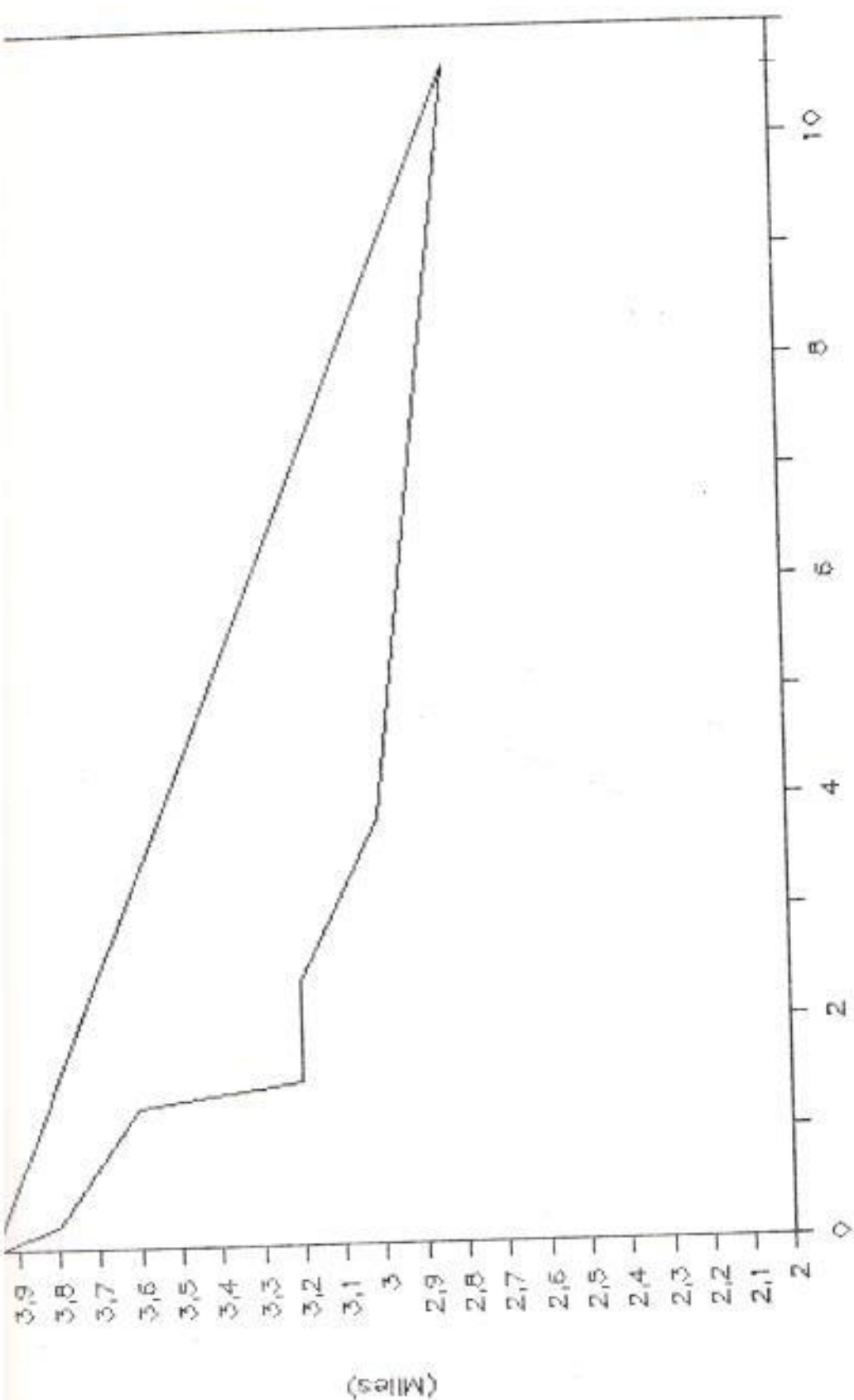
Distancia [Km.]
 PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> NAYON
 FIGURA 4.13



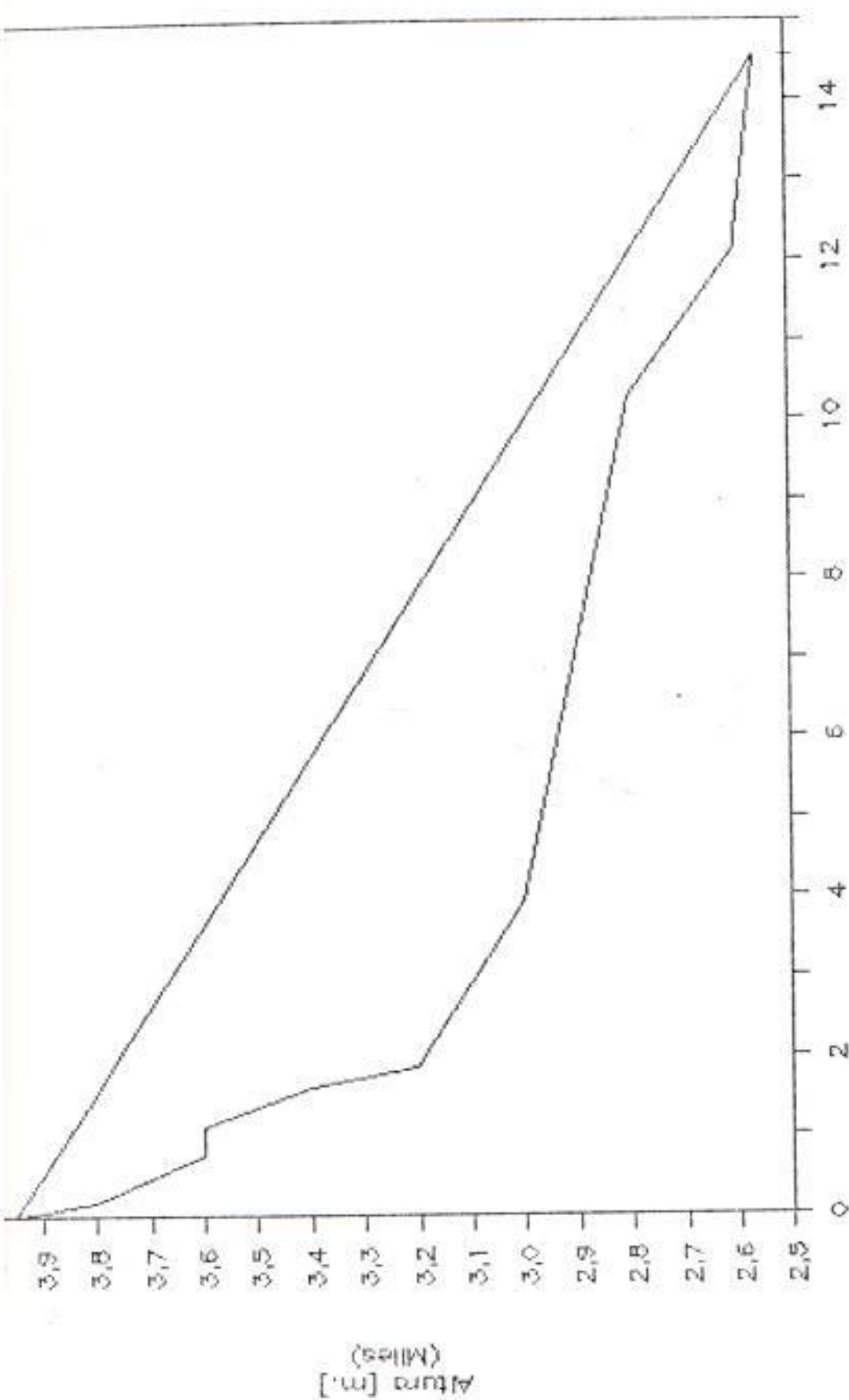
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> ZAMBIZA
FIGURA 4.14



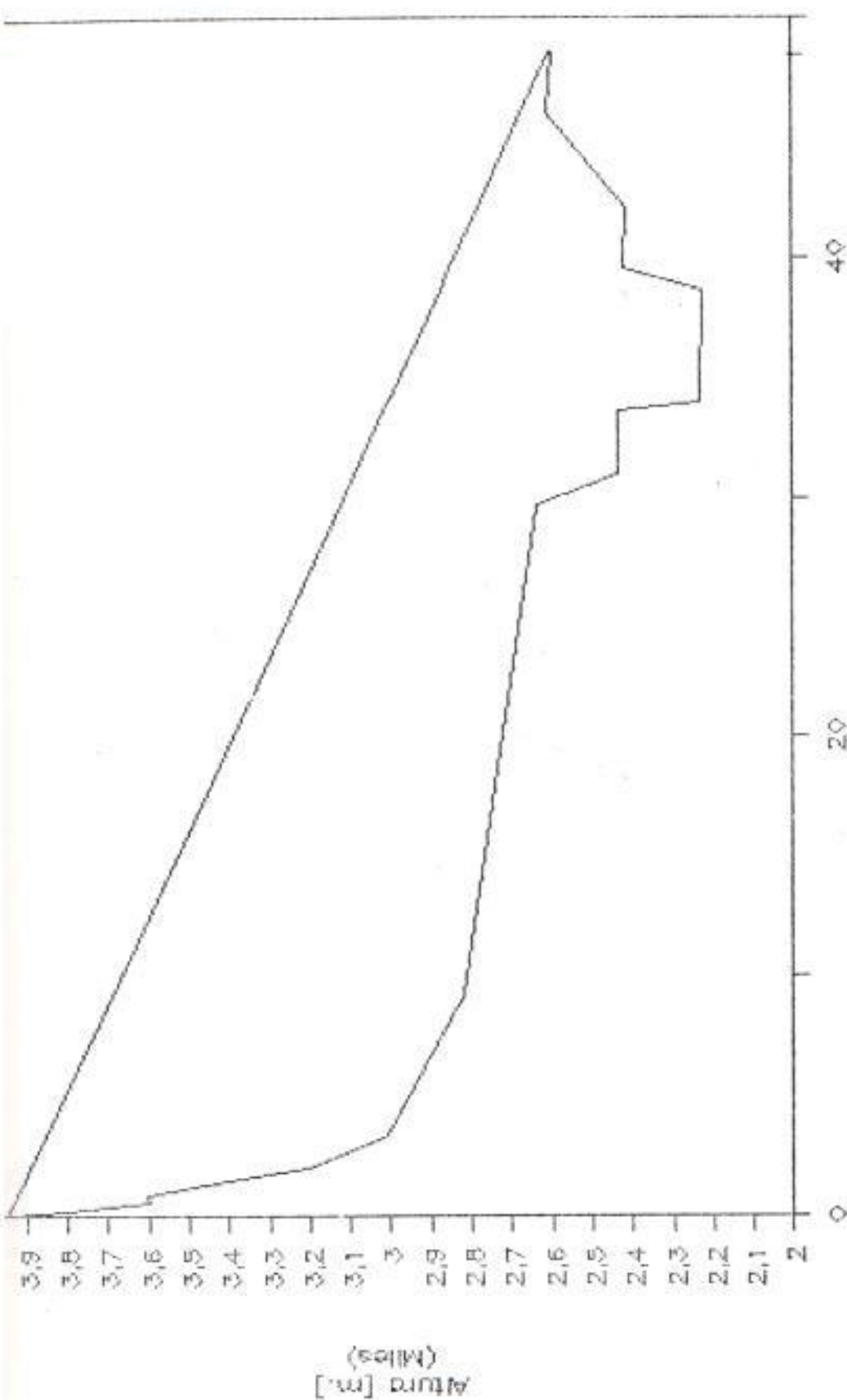
Distancia [Km.]
 PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> CHECA
 FIGURA 4.15



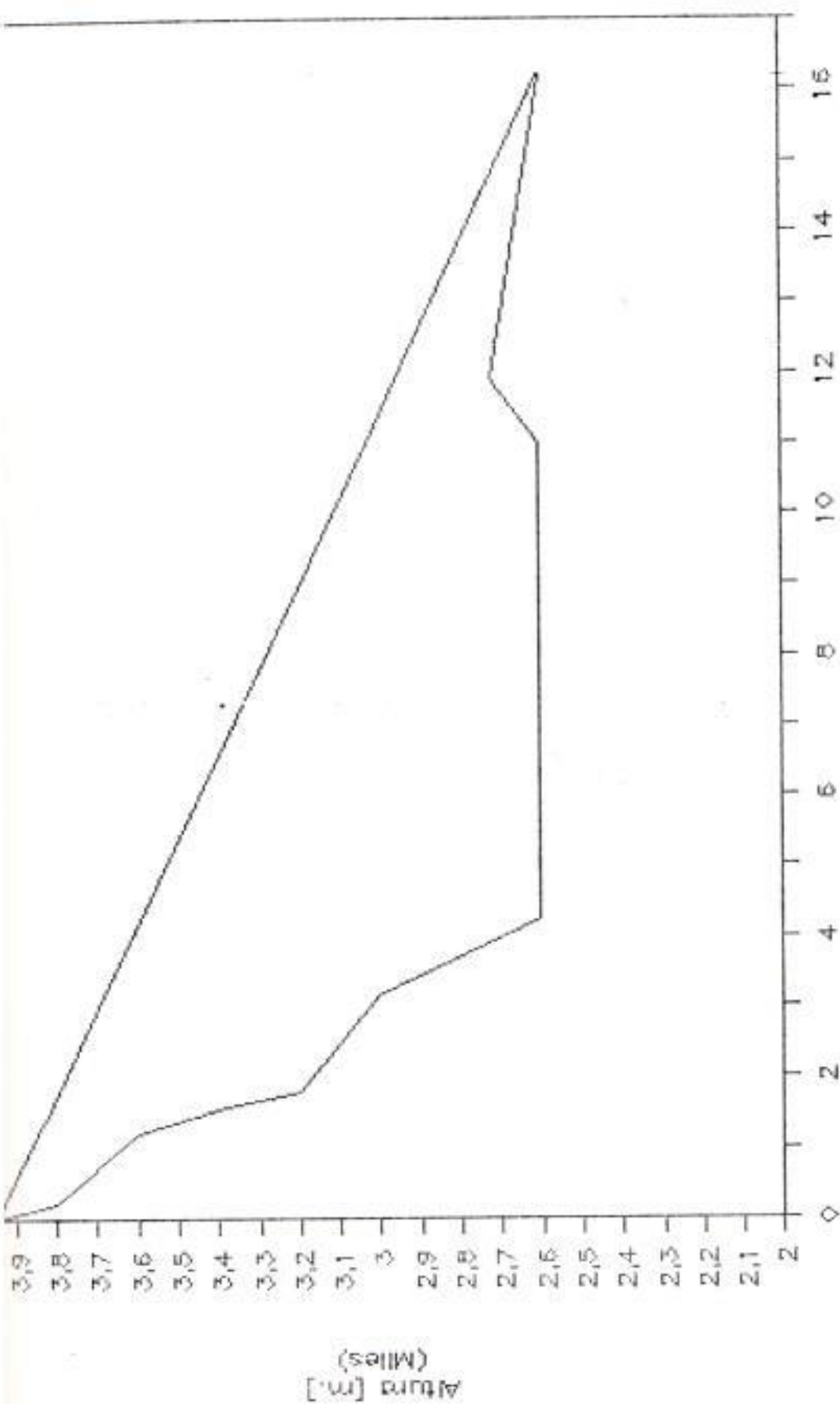
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> LLANO CHICO
FIGURA 4.16



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> LLANO GRANDE
FIGURA 4.17

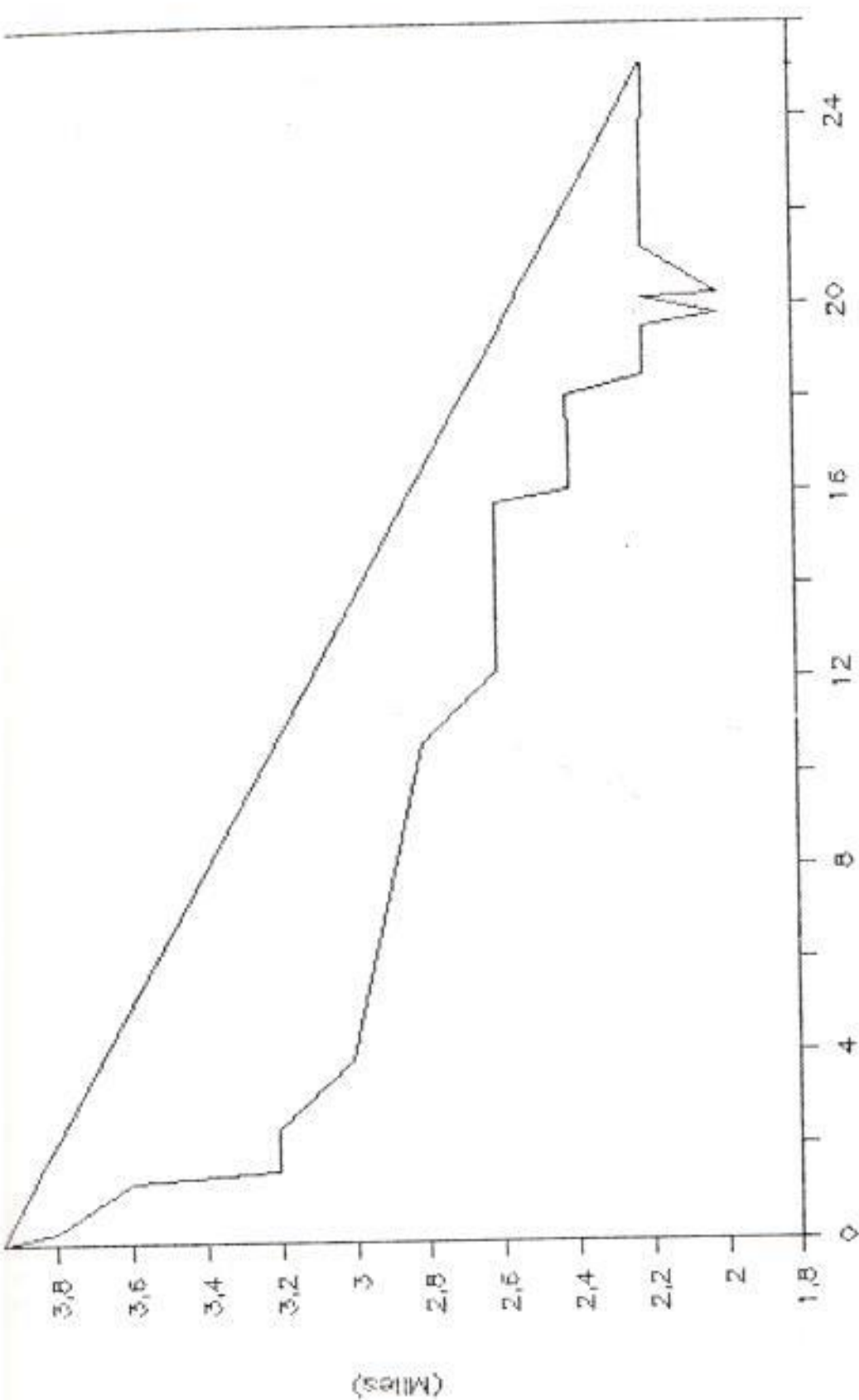


PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> QUINICHE
FIGURA 4.18

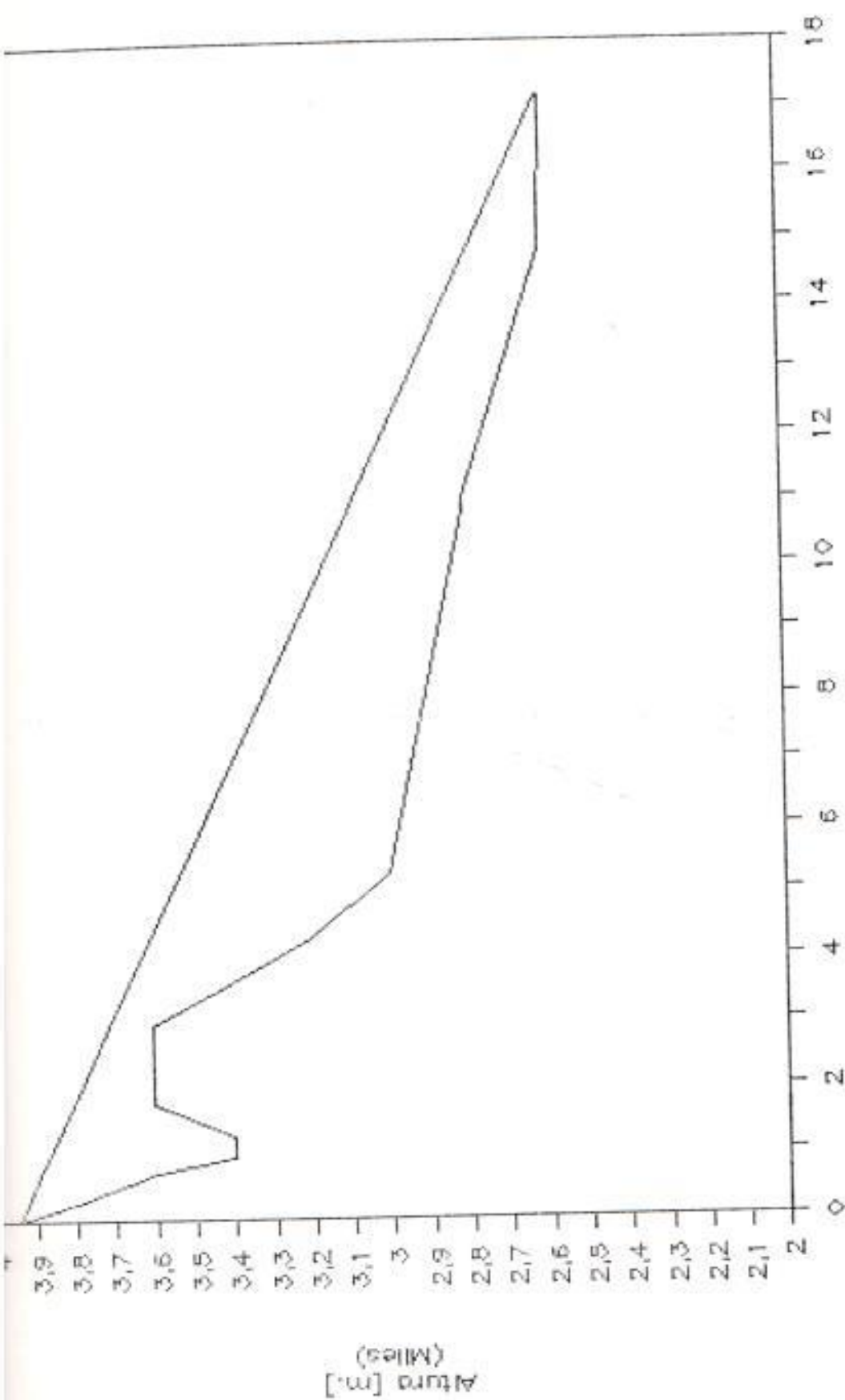


Distancia [Km.]

PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> CALDERON
FIGURA 4.19

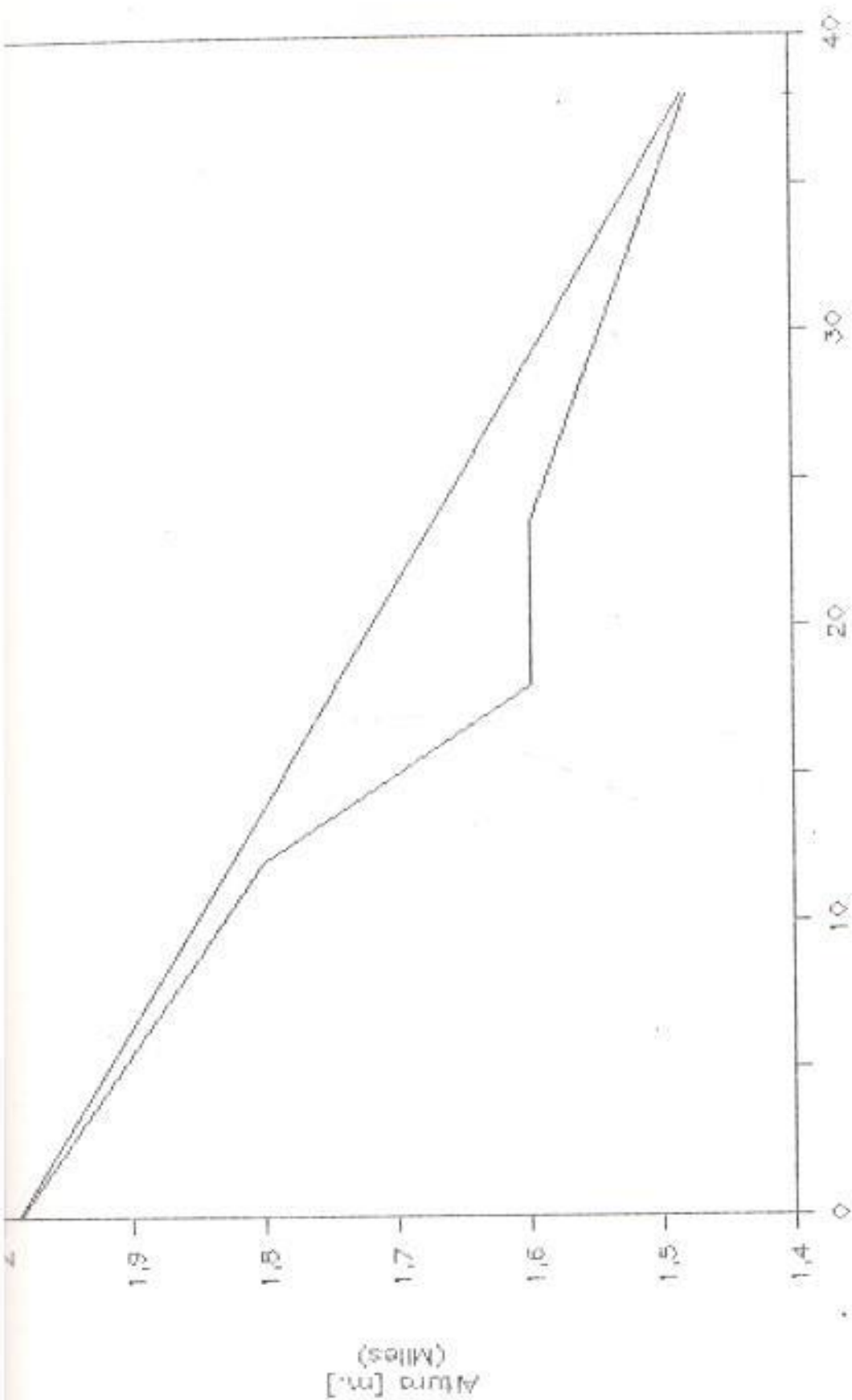


PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> GUAYLLABAMBA
FIGURA 4.20



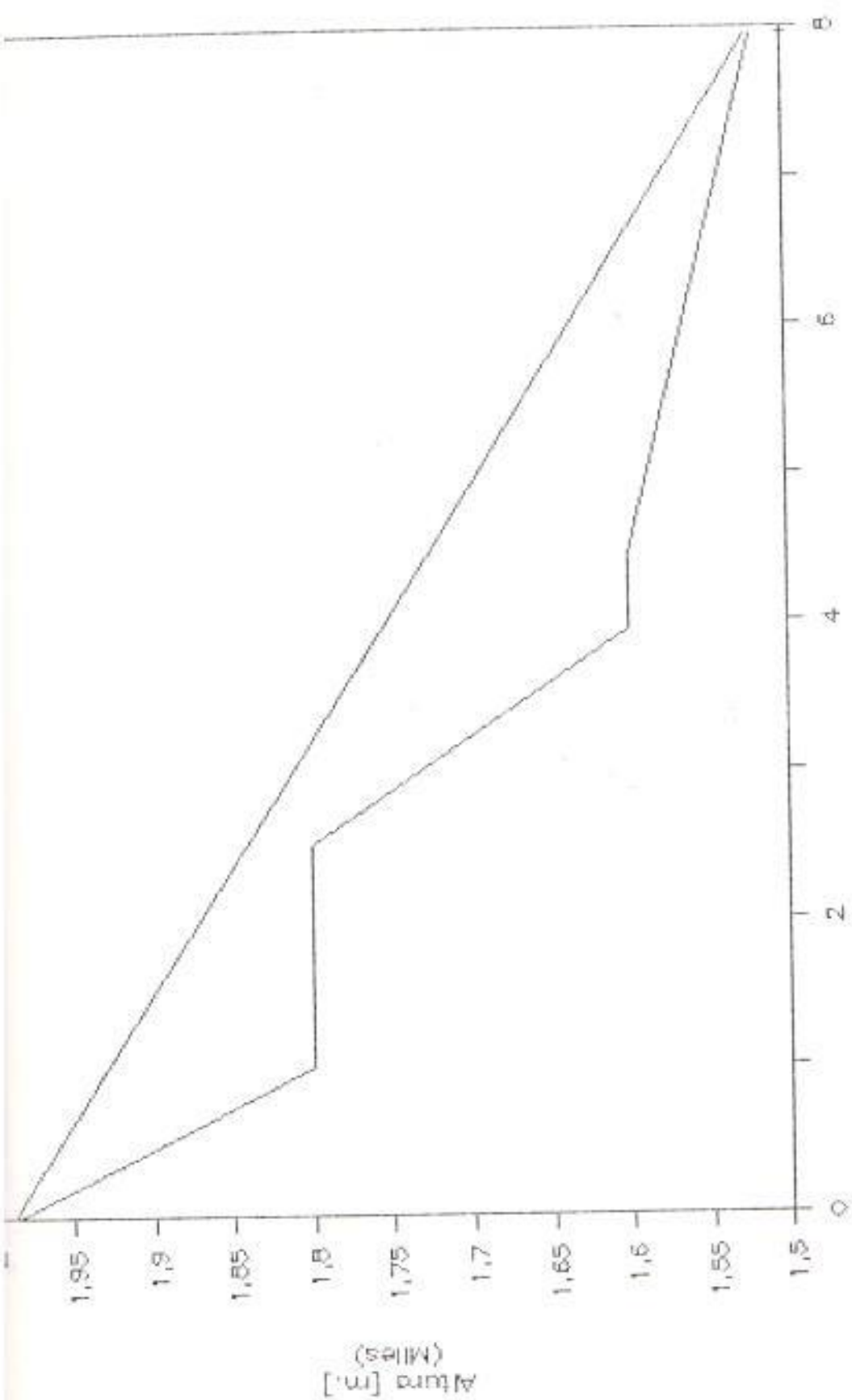
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> POMASQUI

FIGURA 4.21



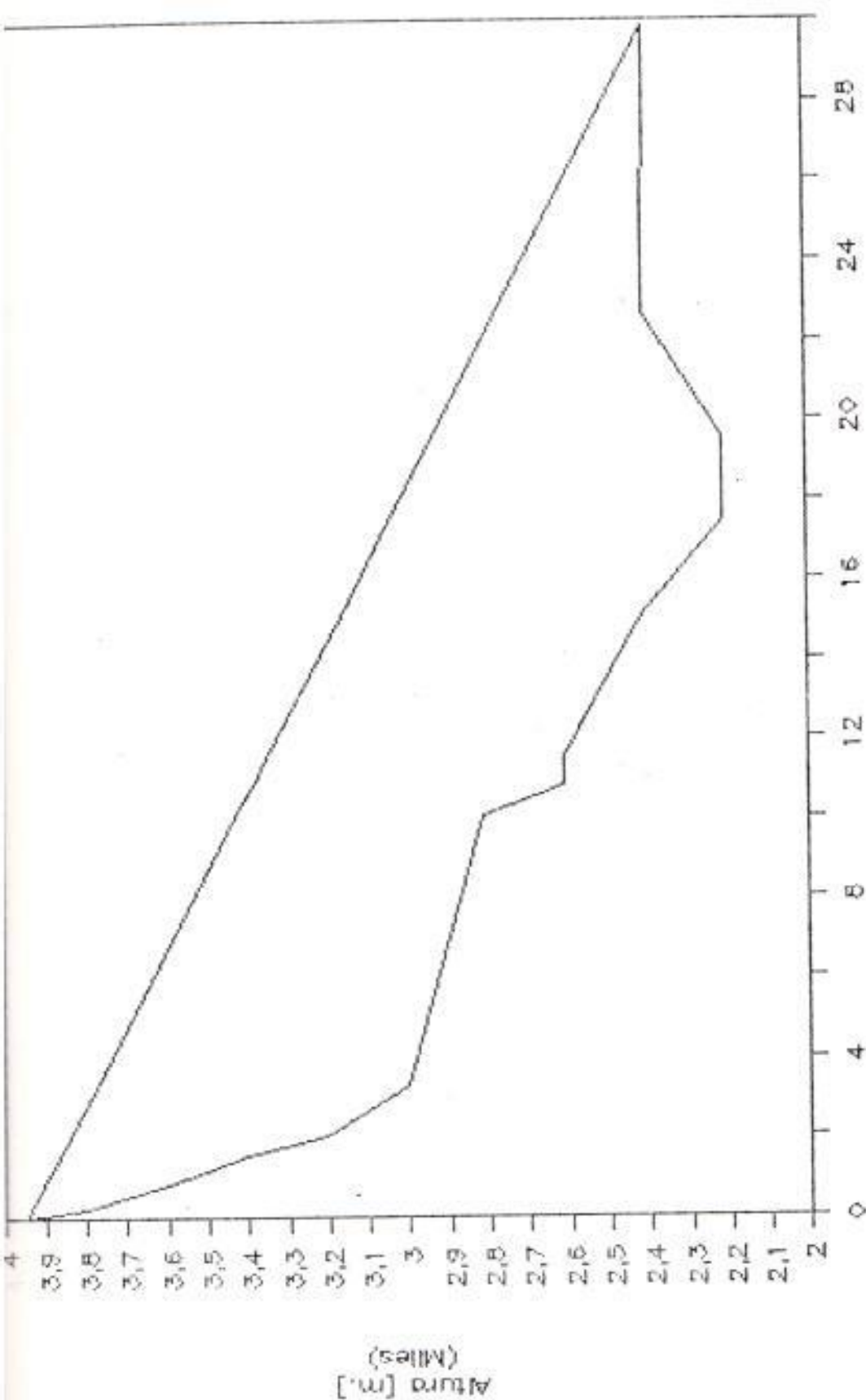
PERFIL TOPOGRAFICO NANEGALITO <=> NANEGALITO

FIGURA 4.22



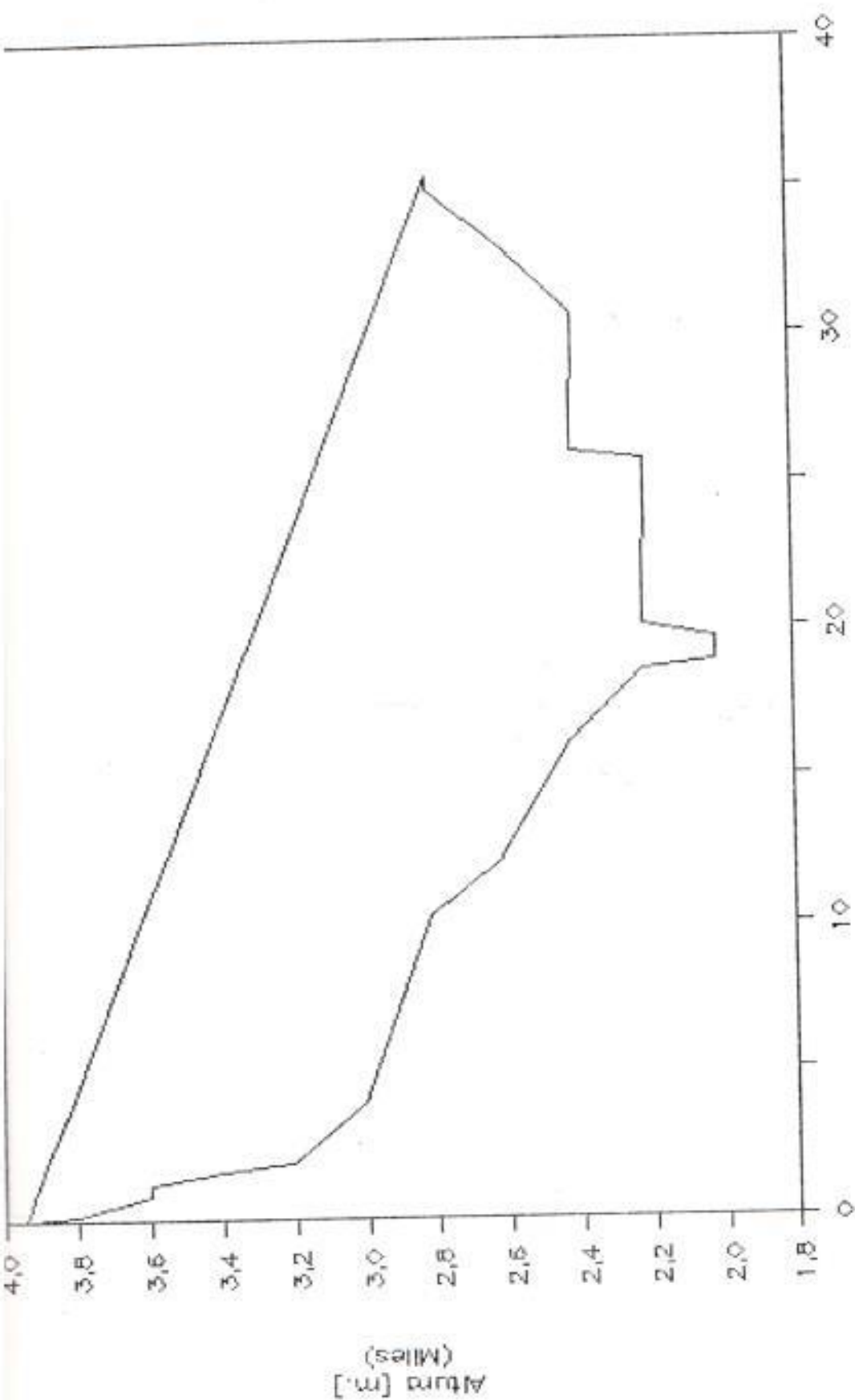
PERFIL TOPOGRAFICO NANEGALITO <=> GUALEA

FIGURA 4.23



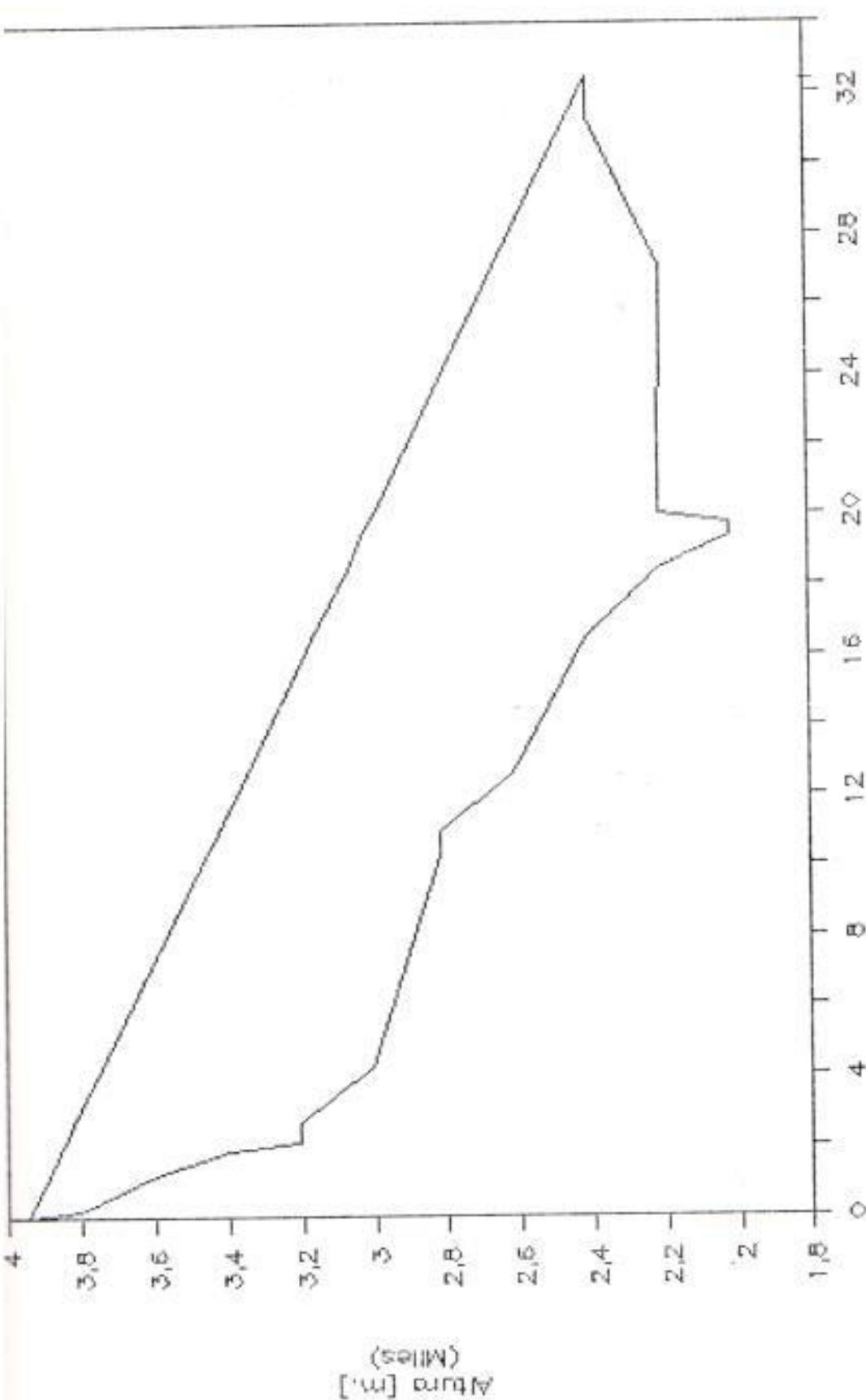
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> ASCAZUBI

FIGURA 4.24



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> OTON

FIGURA 4.25



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> CUSUBAMBA

FIGURA 4.26

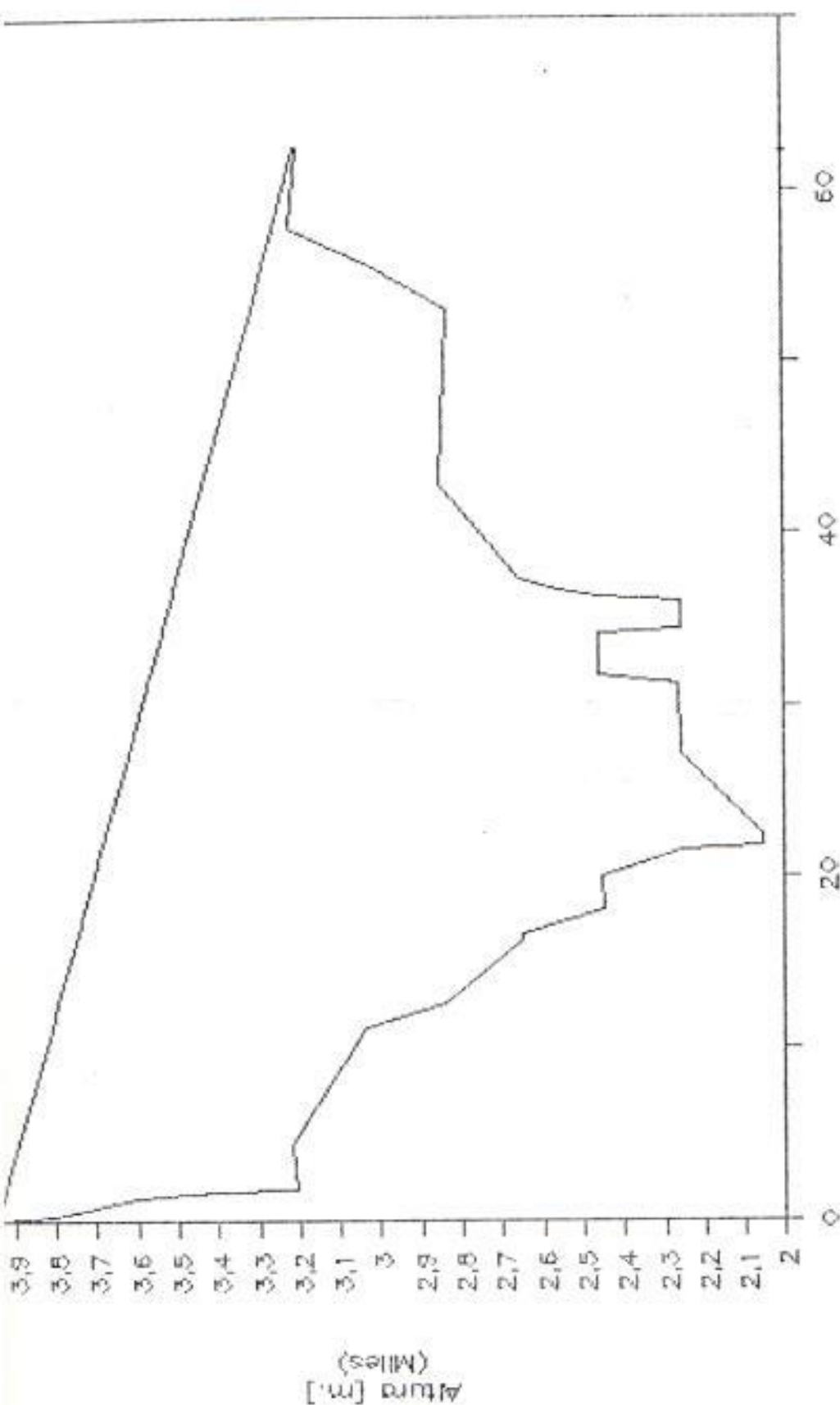
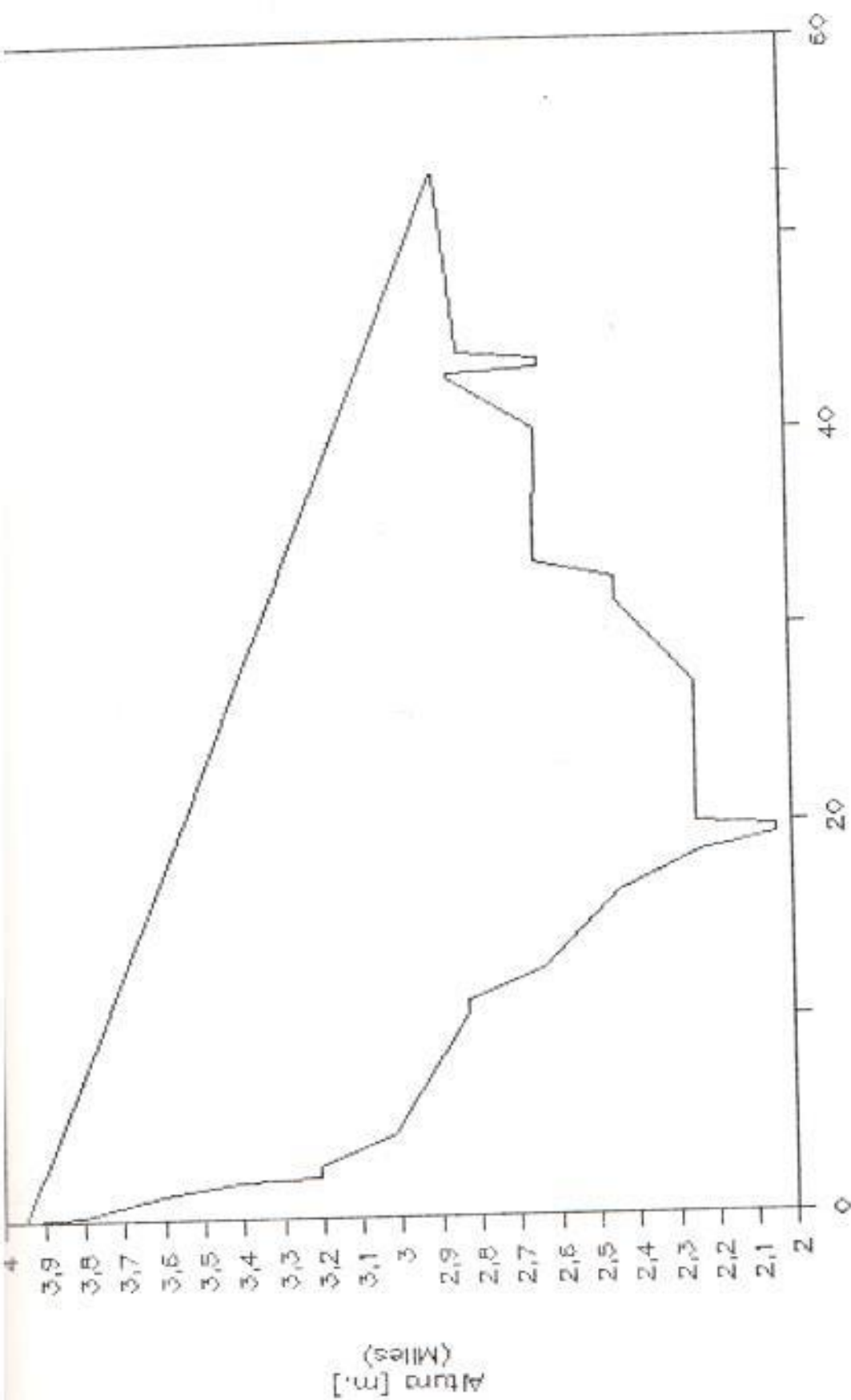
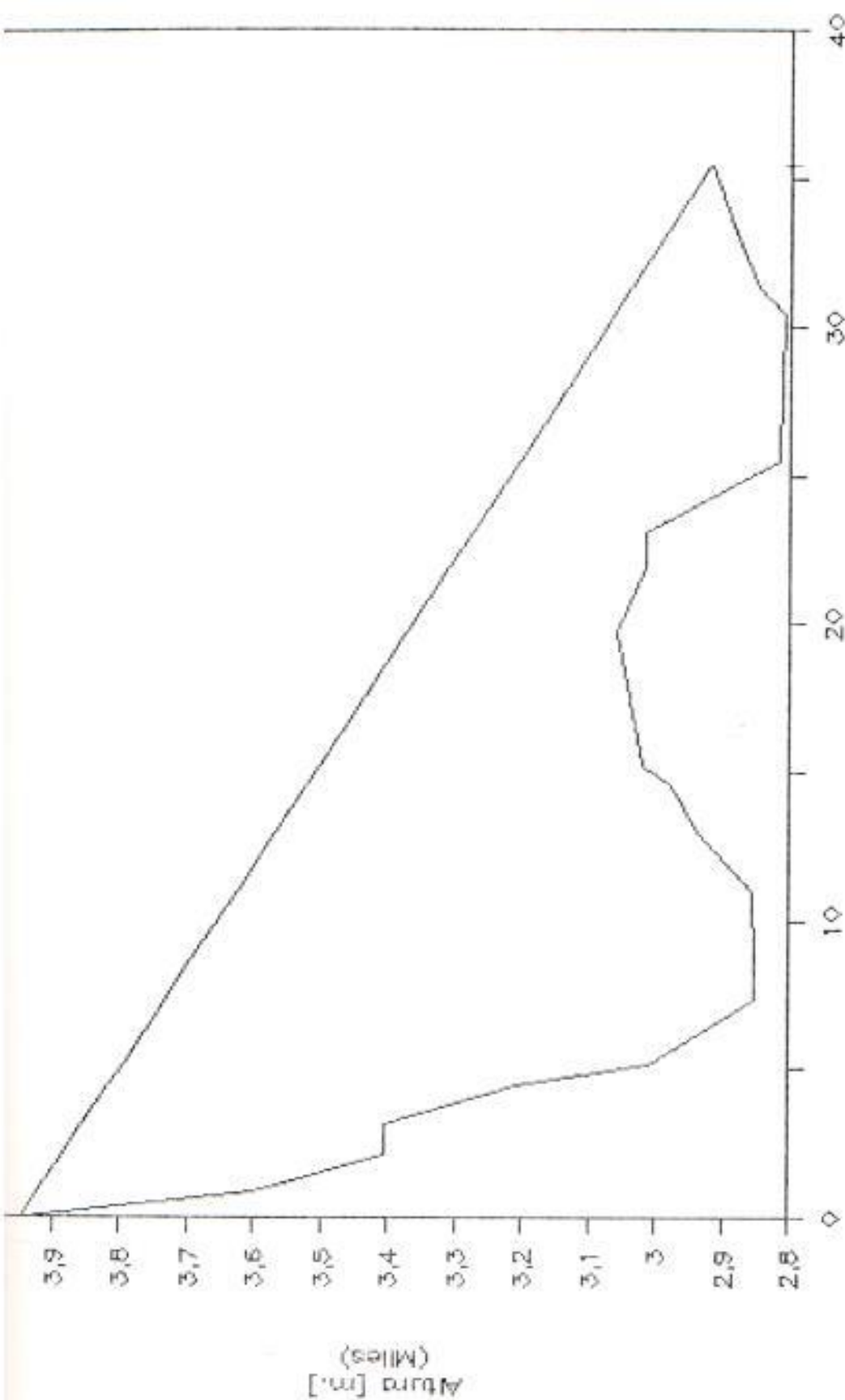


FIGURA 4.27



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> AYORA
FIGURA 4.28



Distancia [Km.]

PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> MACHACHI

FIGURA 4.29

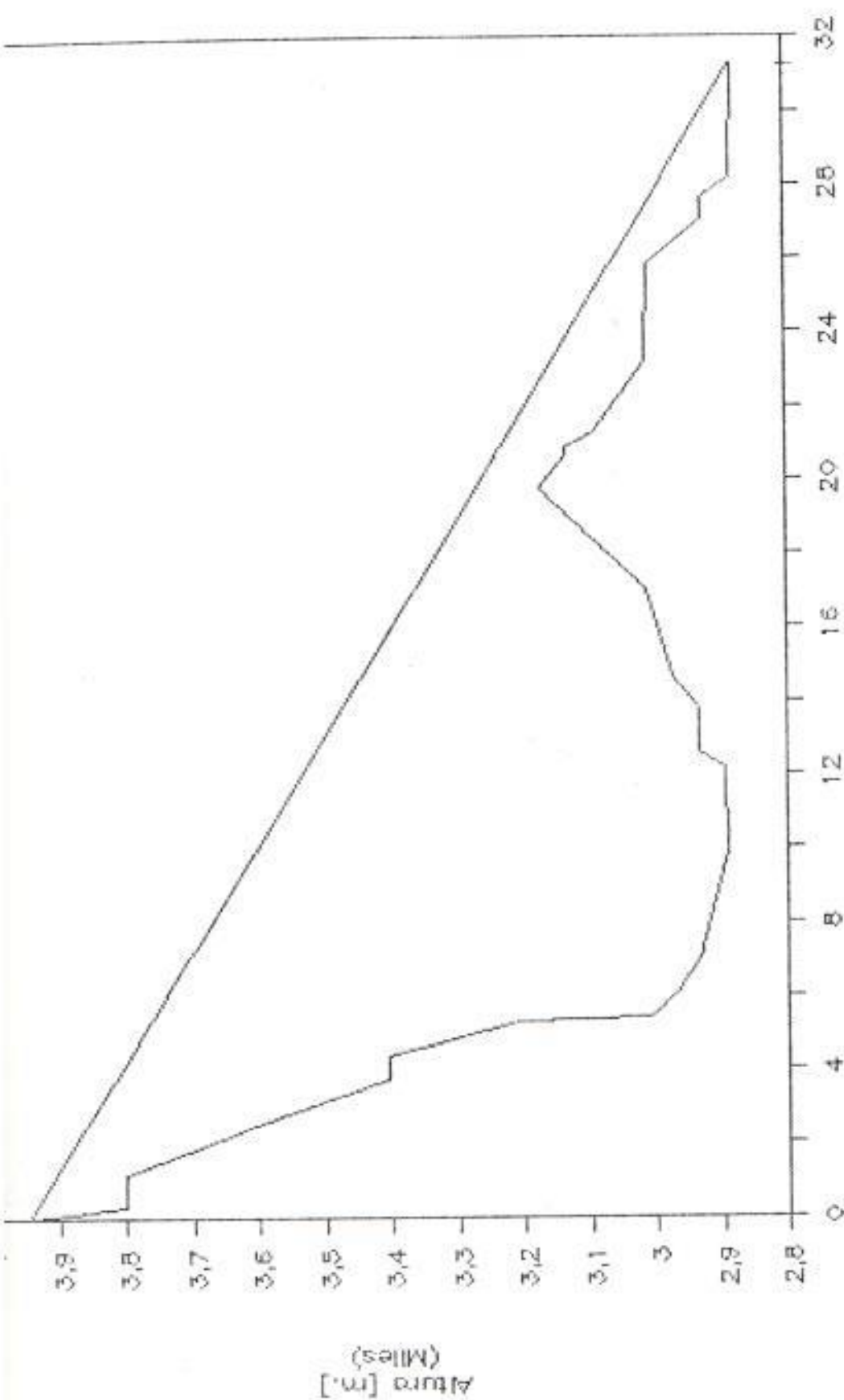
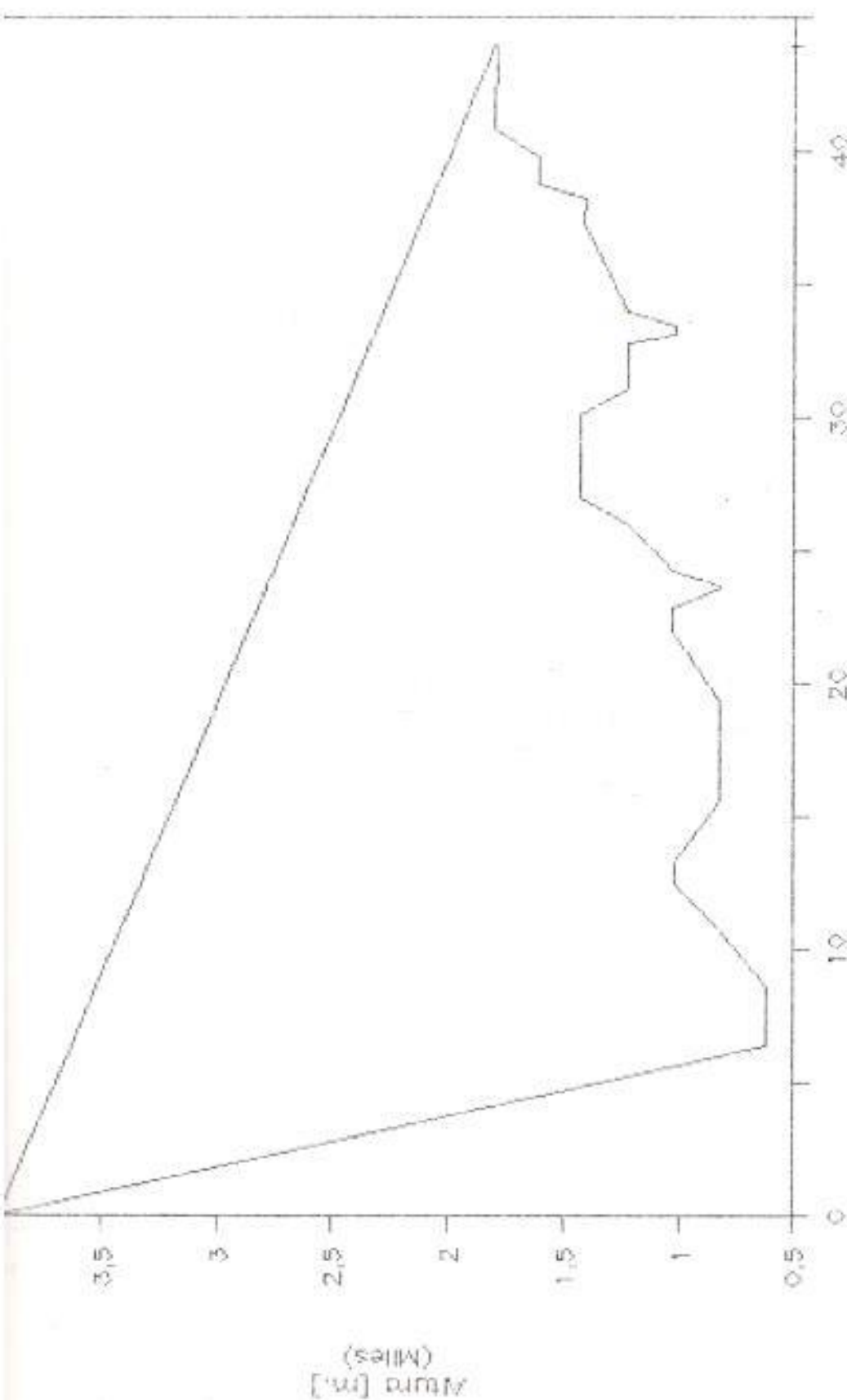
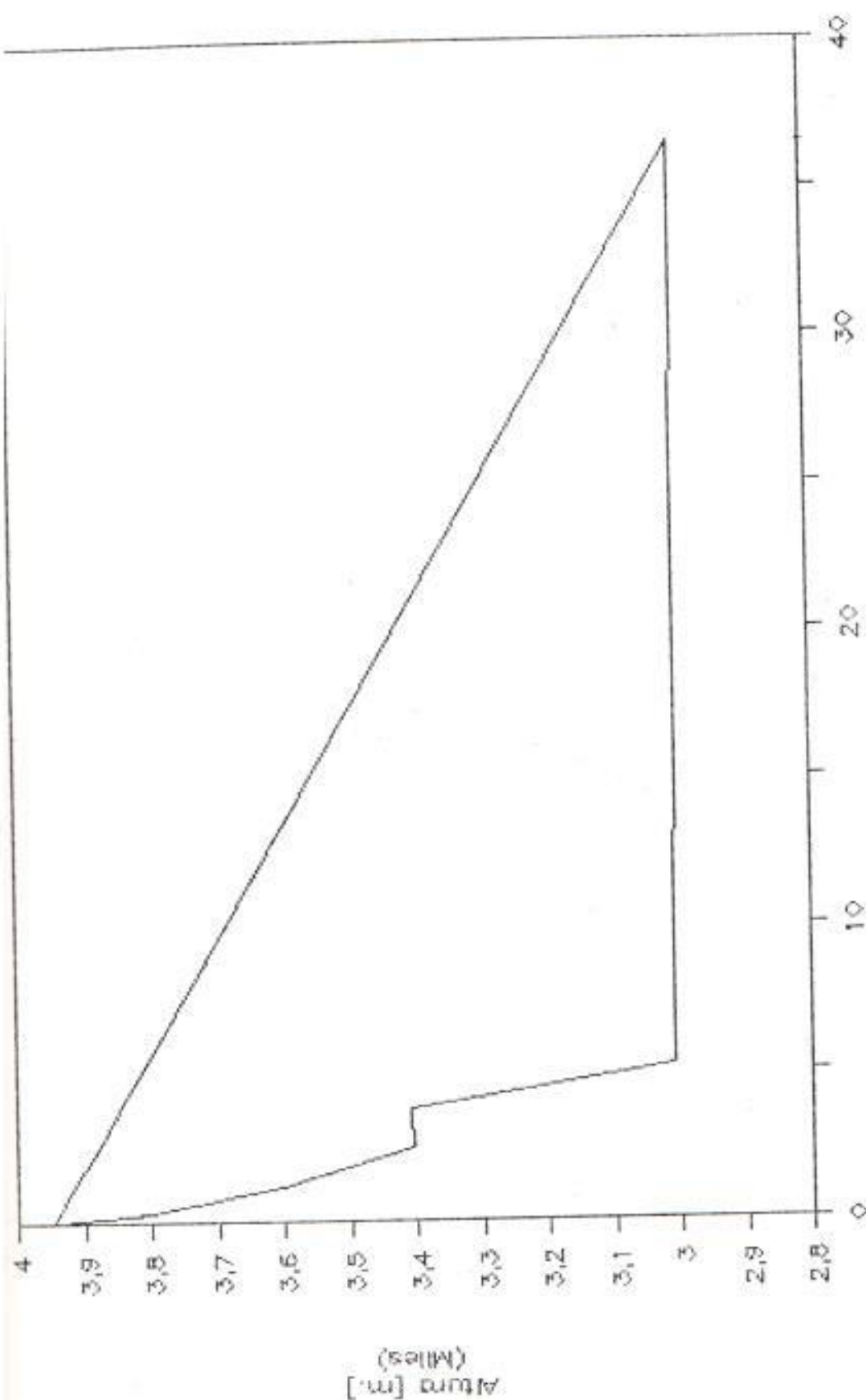


FIGURA 4.30



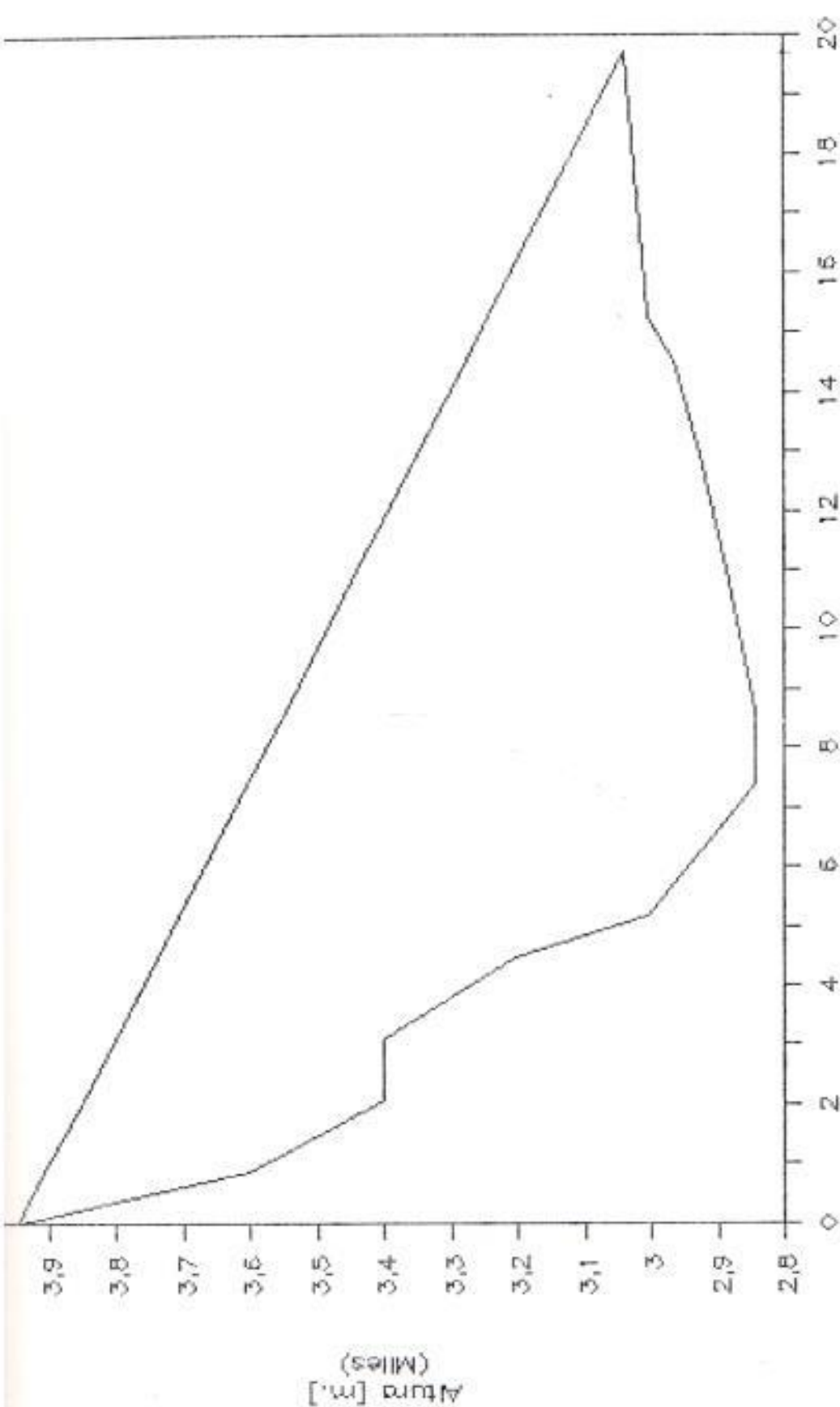
Distancia [km.]

PERFIL TOPOGRAFICO ST. DOMINGO $\leftrightarrow$ MANUEL CORNEJO ASTORCA
FIGURA 4.31



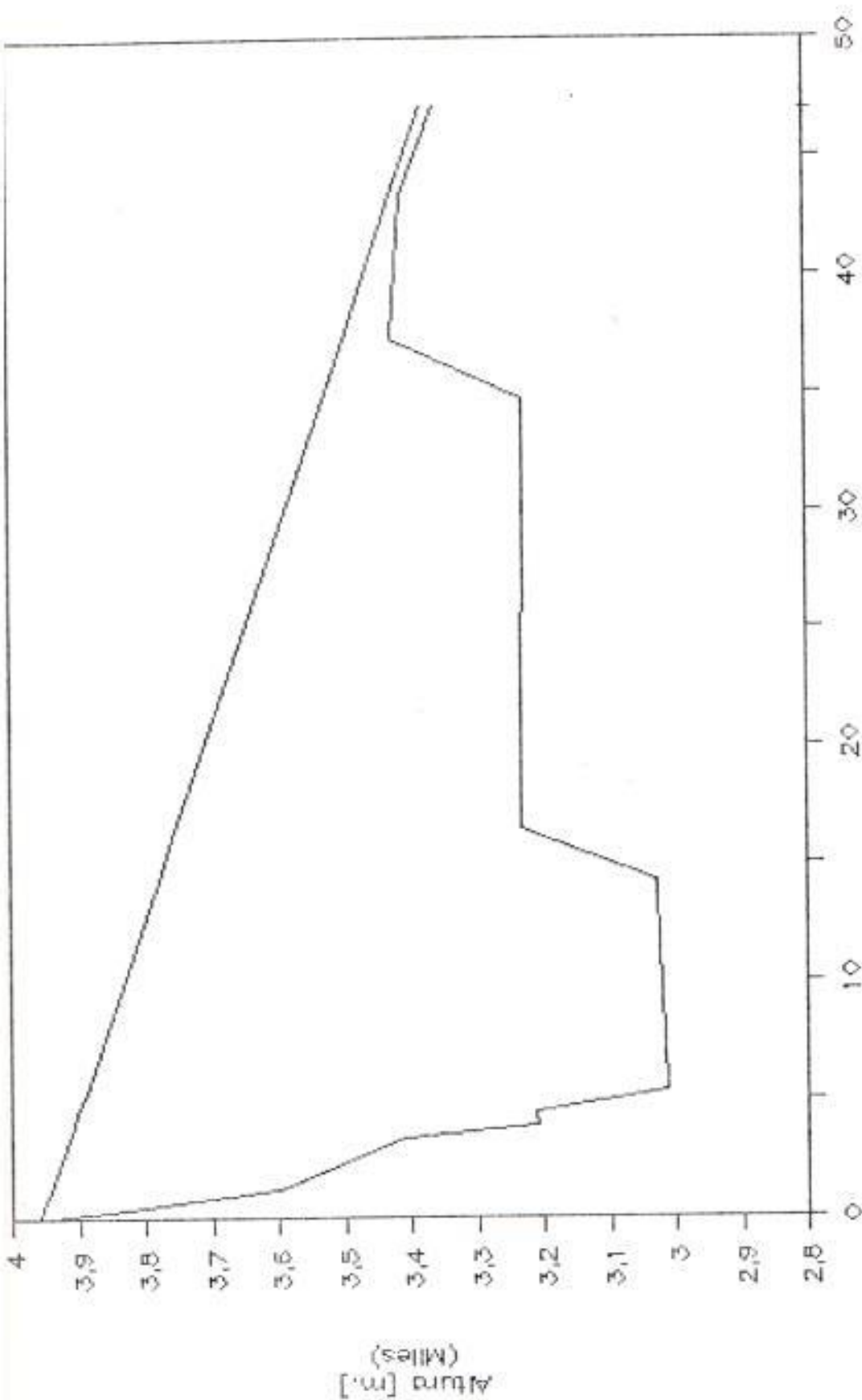
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> ALQASI

FIGURA 4.32

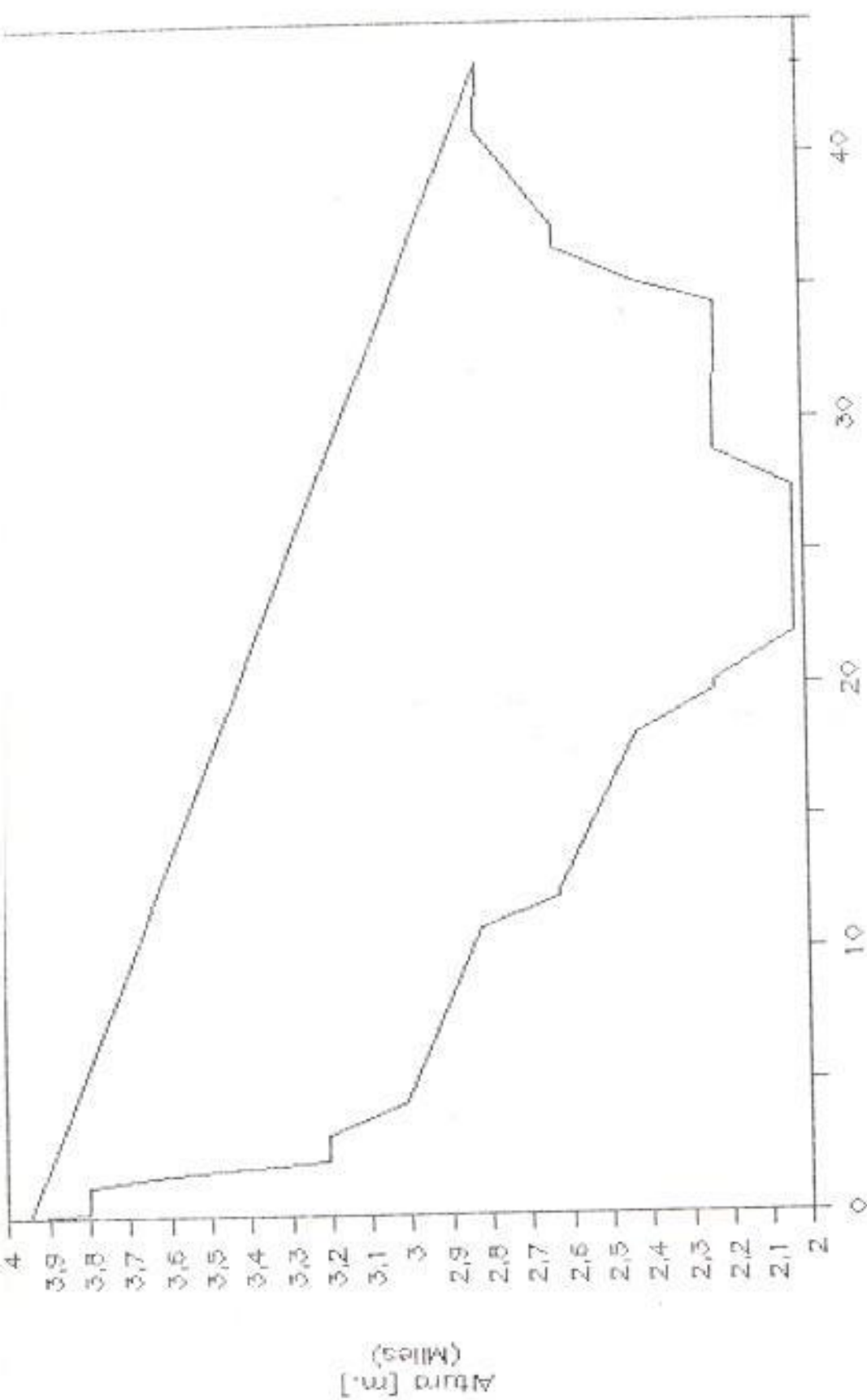


PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOHA <=> CUTUGLAGUA

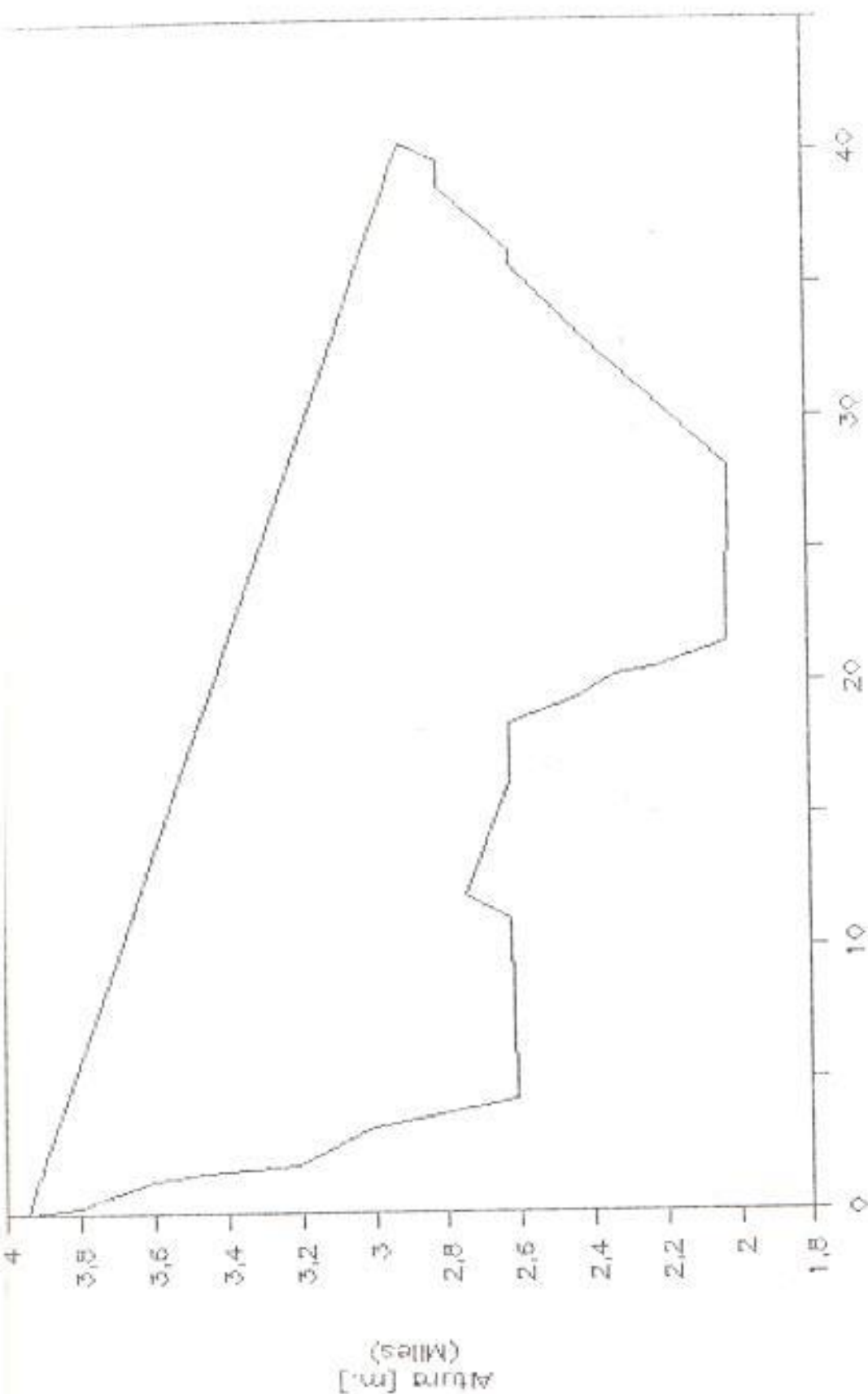
FIGURA 4.33



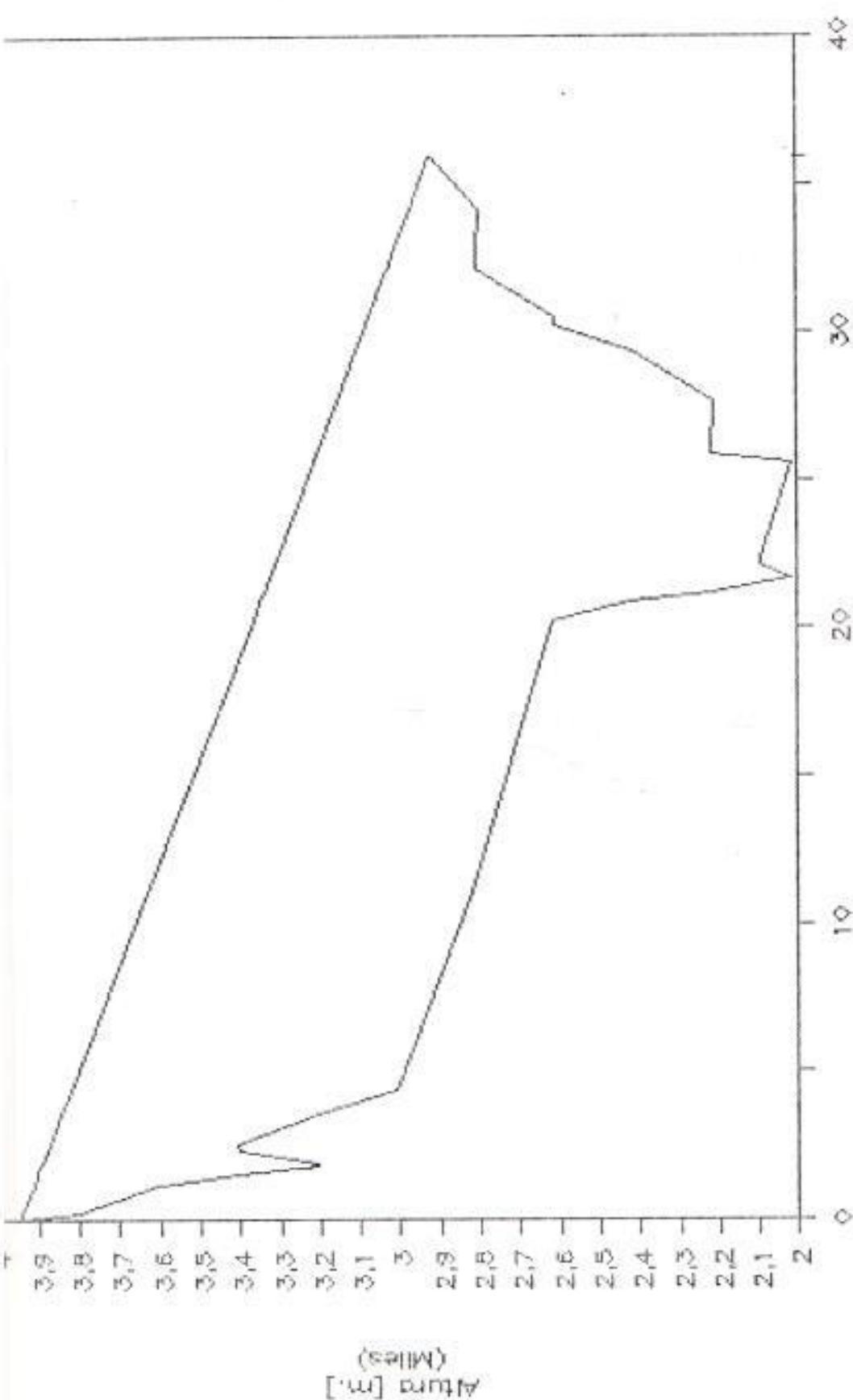
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> EL CHAUPÍ
FIGURA 4.34



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> TABACUNDO
FIGURA 4.35

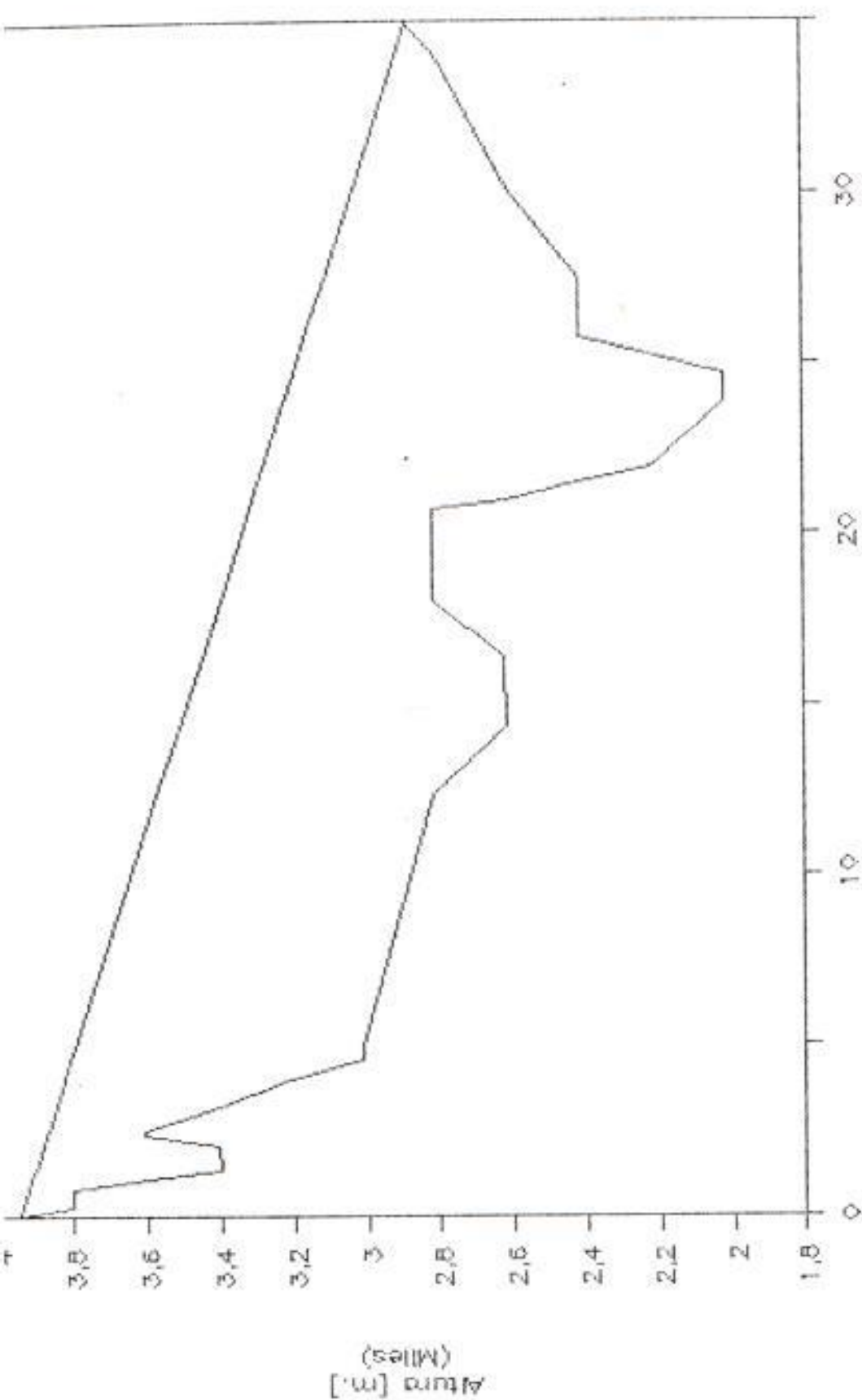


PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOHA $\Leftrightarrow$ LA ESPERANZA
FIGURA 4.36

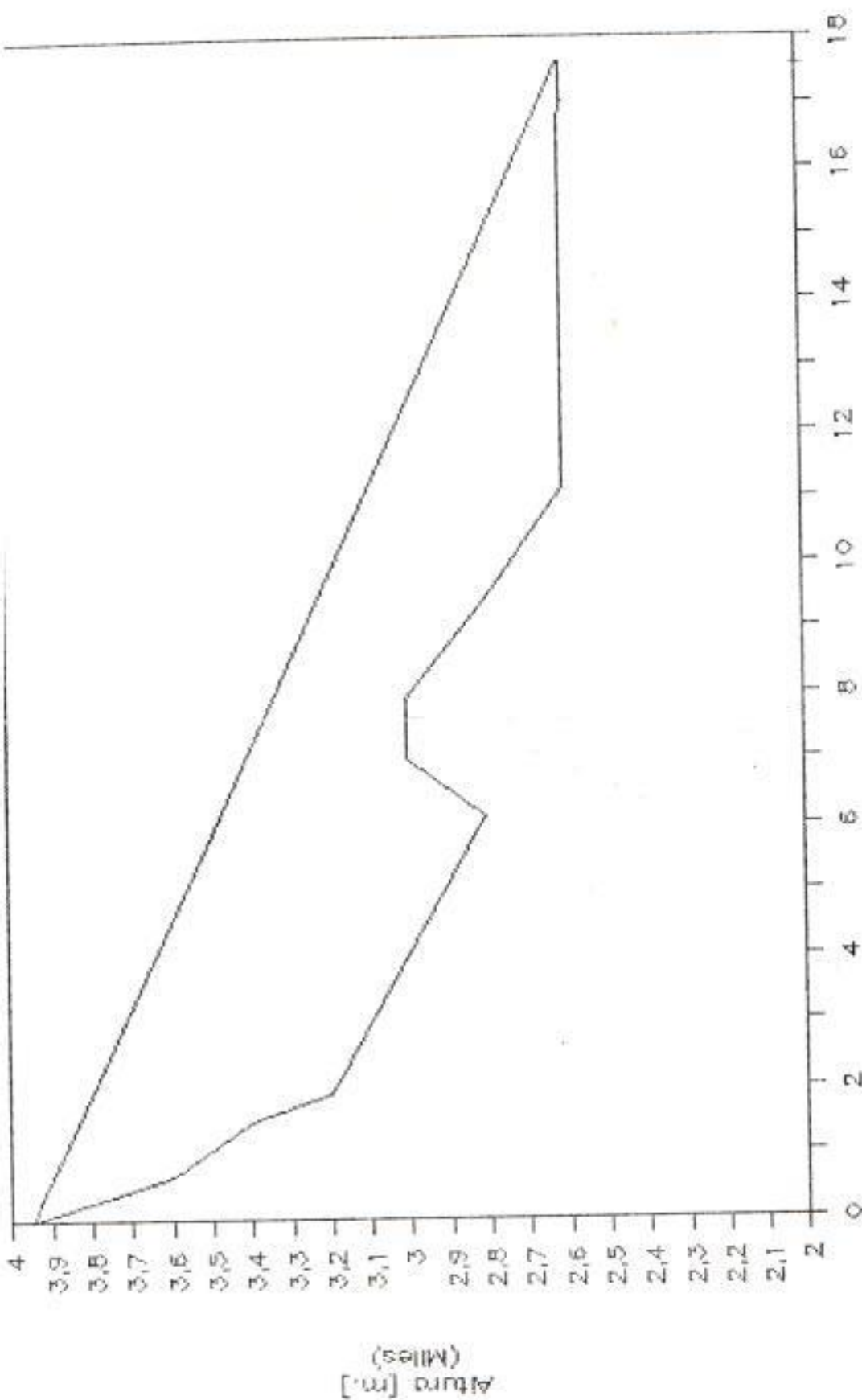


Distancia [Km.]

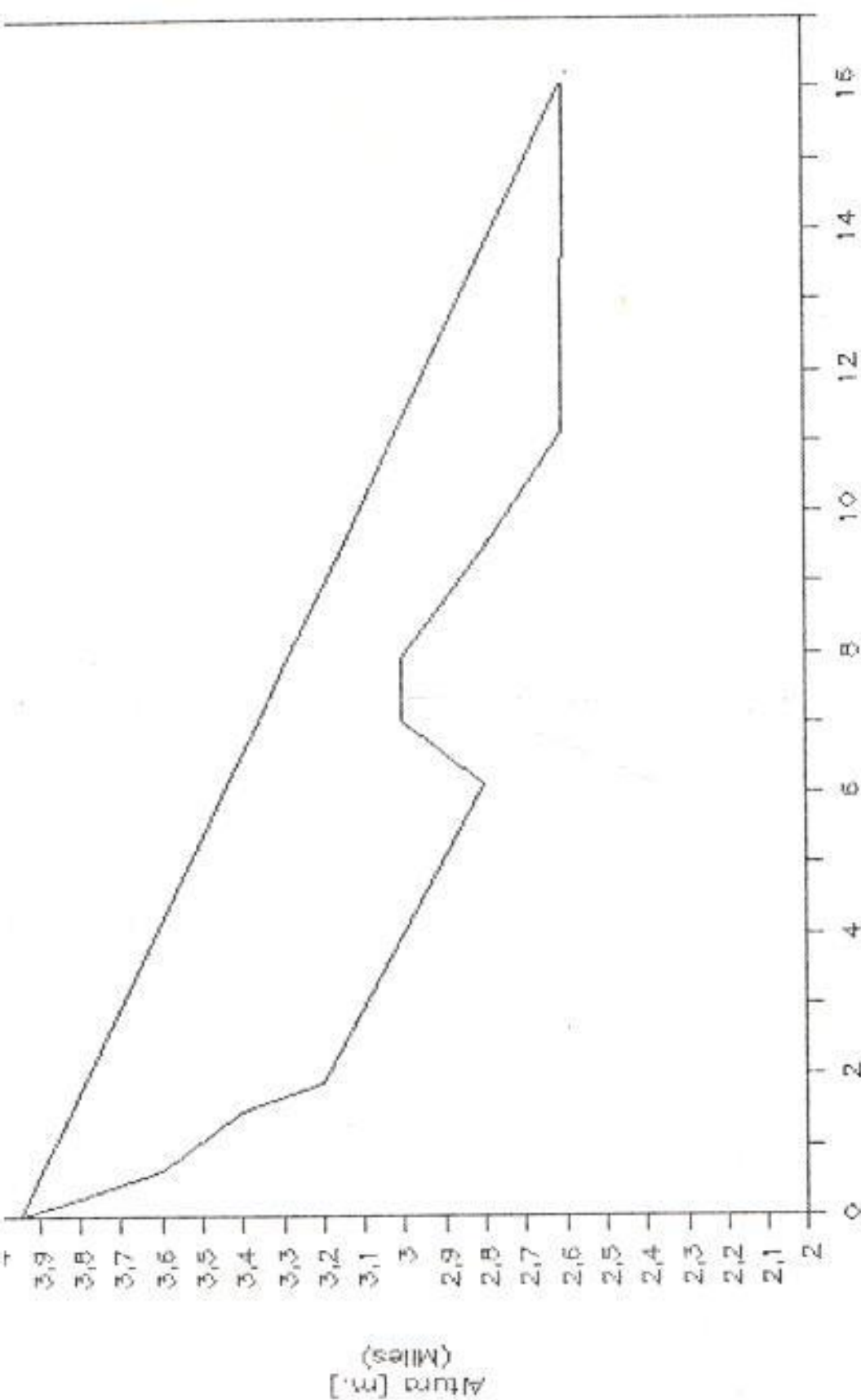
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> TOCACHI
FIGURA 4.37



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> MALCHINGUI
FIGURA 4.38



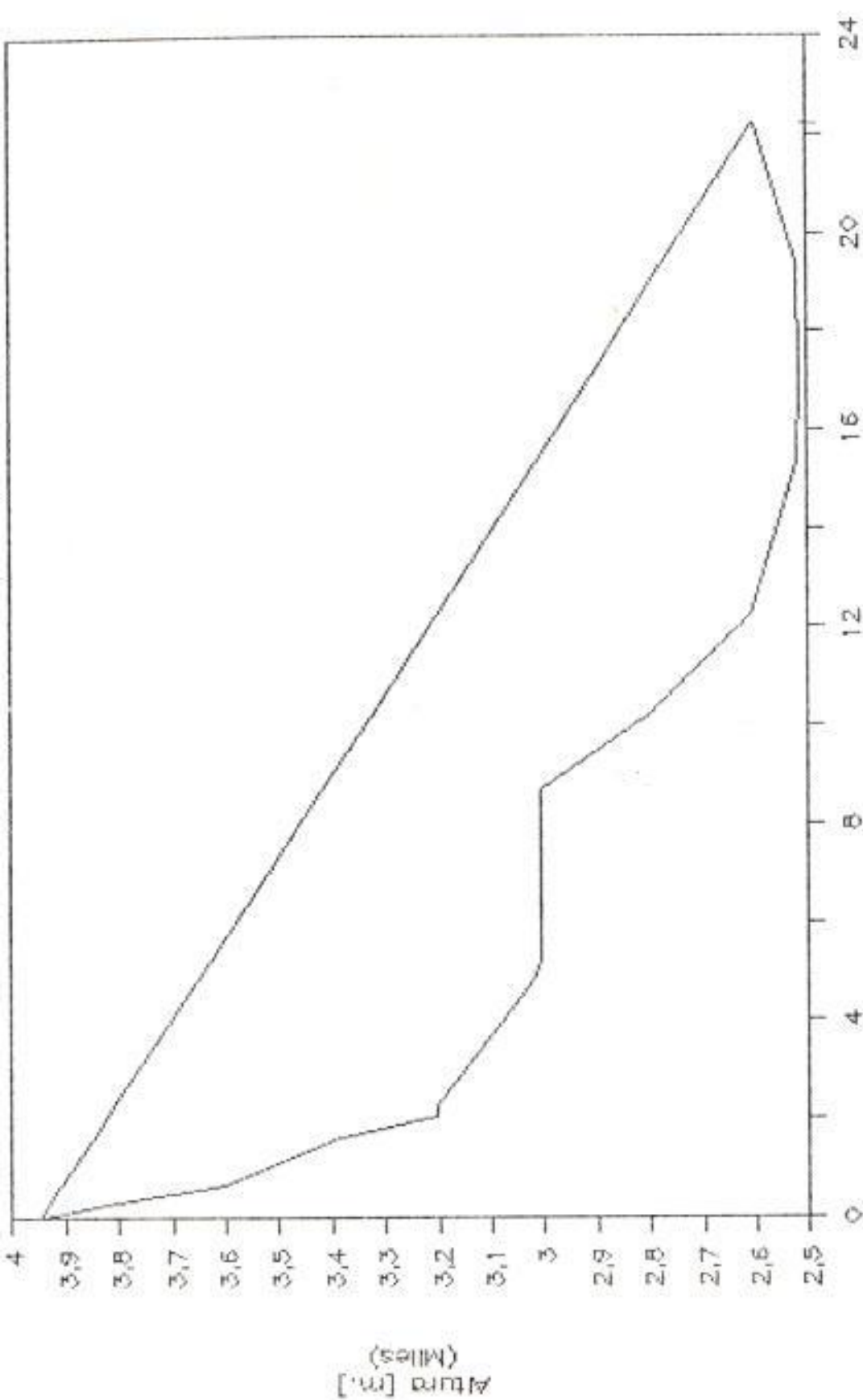
PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> SANGOLQUI
FIGURA 4.40



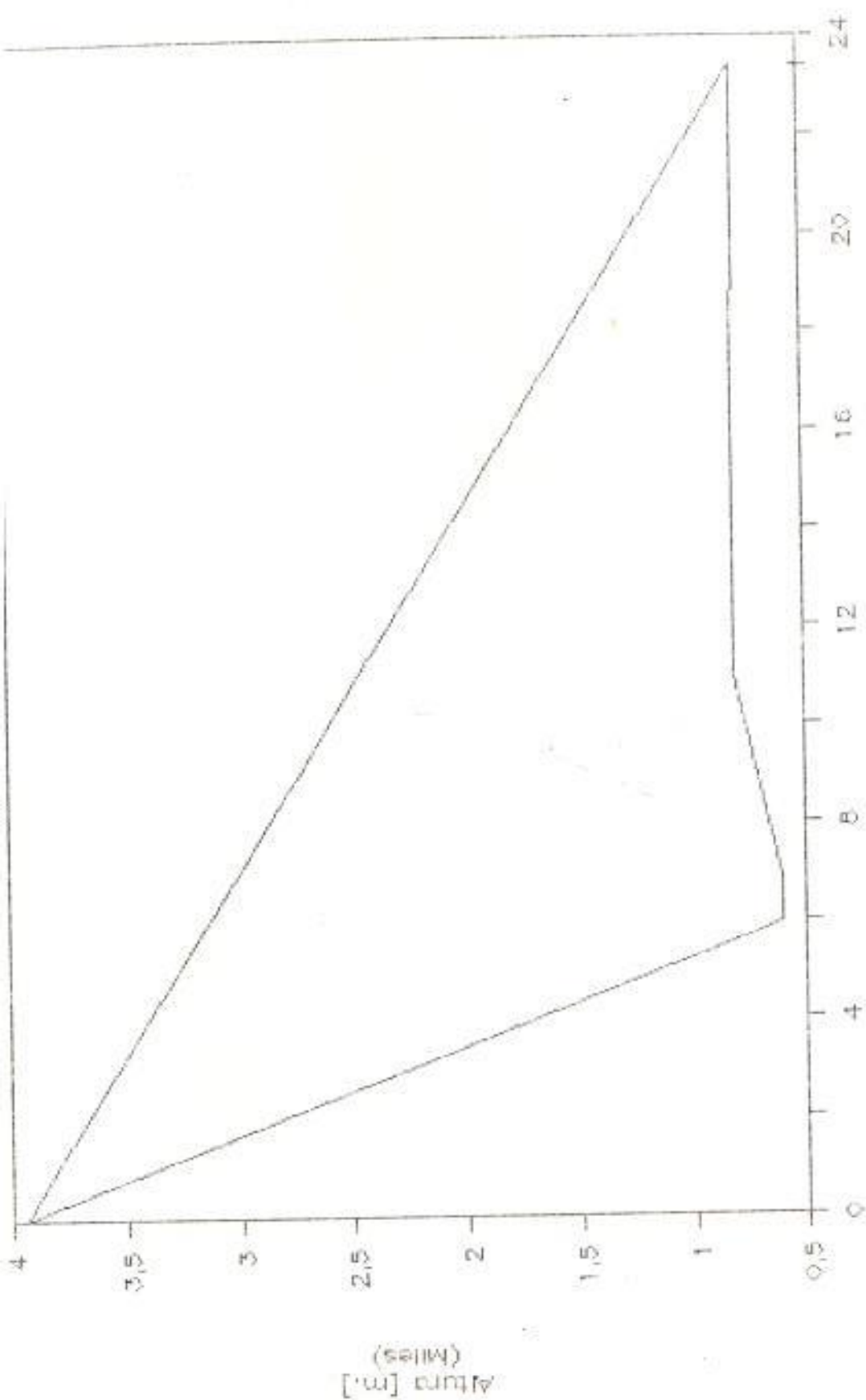
Distancia [Km.]

PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> SAN RAFAEL

FIGURA 4.41



PERFIL TOPOGRAFICO CRUZ LOMA <=> DOTOCCHOA
FIGURA 4.42



PERFIL TOPOGRAFICO ST. DOMINGO $\leftrightarrow$ ALLURIQUIN
FIGURA 4.43

servicio del 2%, obtenemos las proyecciones para el año 1990:

CANTON QUITO

LOCALIDAD	POBLACION	DENSIDAD	L.P.	ERLANOS	CIRCUITOS
Pintag	2.359	3,21	149	7,45	14
Alangasi	1.923	7,35	112	5,60	11
Conocoto	25.862	8,62	2.236	111,80	125
La Merced	4.462	3,60	250	12,50	20
Llota	846	2,00	13	0,65	4
Pifo	2.802	2,00	224	11,20	15
Tumbaco	22.582	7,53	1.700	85,00	97
Cumbaya	13.530	16,53	2.236	111,80	125
Tachuela	471	1,00	5	0,25	3
Pilembo	5.542	4,04	224	11,20	15
Varaqui	1.767	6,19	112	5,60	11
Wayón	2.842	3,00	95	4,75	9
Lanchiza	1.700	3,00	51	2,55	7
Chera	897	2,00	19	0,90	4
Llano Chico	1.081	3,00	30	1,50	5
El Guinepe	2.813	5,30	149	7,45	14
Calderón	21.488	4,26	1.000	50,00	61
Guayllabamba	3.771	4,93	106	9,50	16
Pedraqui	14.200	7,87	1.118	55,90	67
Nanegalito	1.003	3,00	30	1,50	5
Qualea	324	1,00	3	0,15	2

CANTON CAYAMBE

LOCALIDAD	POBLACION	DENSIDAD	L.P.	ERLANOS	CIRCUITOS
Ayacucho	1.591	3,00	48	2,40	7
Uña	234	1,00	3	0,15	2
Sta. Rosa	369	1,00	4	0,20	2
Quedeo	1.158	3,00	35	1,75	6

CANTON MEJIA

LOCALIDAD	POBLACION	DENSIDAD	L.P.	ERLANOS	CIRCUITOS
Machachi	3.303	11,85	1.042	52,15	63
Rioja	3.406	3,00	102	5,10	11
M.C. Astorga	721	2,00	14	0,70	6
Alfonsi	1.563	3,00	47	2,35	7
Outoglagua	136	1,00	3	0,10	2
Champi	914	2,00	19	0,95	4

CANTON P. MONCAYO

LOCALIDAD	POBLACION	DENSIDAD	L.P	ERLANGS	CIRCUITOS
Tabacundo	2.146	10,44	224	11,20	18
La Esperanza	835	2,00	17	0,85	4
Tocachi	598	2,00	12	0,60	3
Malchinqui	1.991	3,00	60	3,00	8
Tupigachi	467	1,00	5	0,25	3

CANTON RUMIRAHUI

LOCALIDAD	POBLACION	DENSIDAD	L.P	ERLANGS	CIRCUITOS
Sangolqui	31.715	7,05	2.236	111,80	125
San Rafael	21.191	13,21	2.800	140,00	154
Cotacchoa	879	2,00	18	0,90	4

CANTON S. DOMINGO

LOCALIDAD	POBLACION	DENSIDAD	L.P	ERLANGS	CIRCUITOS
Alluriquin	1.822	5,49	100	5,00	10

Con el fin de cubrir los requerimientos de este sistema, en la estación repetidora Cruz Loma se necesita disponer de 1920 canales telefónicos, de la Central ubicada en St.Domingo se utilizarán 24 canales para dar servicio a las poblaciones de Alluriquin y Manuel Cornejo Astorga; y desde la Repetidora Nanegalito con 12 canales telefónicos se atenderá a las poblaciones de Gualea y Nanegalito. Ver Esquema de Transmisión en el Plano I.

Una vez que se tiene conformada la estructura del sistema, los perfiles de los diferentes trayectos, el siguiente paso es determinar los parámetros bajo los cuales el servicio que pueda prestar sea confiable,

libre de distorsión e interferencias dentro de las disponibilidades existentes.

Un servicio continuo y confiable no sólo incluye grado de falla de los equipos, sino también la calidad de propagación de los caminos radioeléctricos, la misma que depende de parámetros cuyo comportamiento está determinado por las condiciones atmosféricas, longitud del trayecto, accidentes geográficos presentes en la zona y en factores dependientes de la calidad de construcción de los equipos de radio.

Una señal cuando viaja desde un transmisor hasta una estación receptora sufrirá pérdidas, las mismas que deben ser calculadas con el fin de poder determinar las potencias de transmisión y ganancia de antenas requeridas en cada uno de los trayectos con el objeto de garantizar una comunicación telefónica óptima y de alta confiabilidad. En los puntos subsiguientes se calcula los distintos valores de pérdidas a la que está expuesta la señal al ser transmitida.

Cuando en el análisis de la primera zona de Fresnel dibujada en el perfil de ruta de cada tramo de radioenlace se observa que ésta se encuentra afectada por la presencia de obstáculos, es procedente determinar la atenuación causada por la presencia de

las obstrucciones. En enlaces diseñados para trabajar en rangos de frecuencias altas (mayores a 1 GHz), los sitios de antenas y las alturas de torres deben ser elegidos siempre de tal manera que al menos la primera zona de Fresnel se encuentre libre de obstáculos, ya que a estas frecuencias la presencia de obstrucciones causan una alta degradación de la señal.

En caso de que se presenten obstrucciones en enlaces previstos para funcionar en frecuencias mas bajas de 1 Ghz, la atenuación que sufre la señal es tolerable y la determinación de su valor se lo realiza de una manera gráfica. El cálculo se lo realiza en base a la determinación del parámetro que representa la distancia vertical entre la línea que une las antenas transmisora y receptora y el punto de obstrucción más alto; considerándose h positiva cuando la línea de vista que une las antenas no se encuentra obstruida, caso contrario su valor es negativo.

En el caso de nuestro estudio y observando los perfiles, vemos que ningún tramo presenta obstrucción en su primera zona de Fresnel.

Aunque la atmósfera y el terreno sobre el que viajan las ondas de radio tienen efectos distintos en las pérdidas de un sistema de radioenlace, existe, para

una frecuencia y una distancia dada, un valor característico de pérdidas. Estas pérdidas se incrementan con el aumento de la distancia y de la frecuencia, siendo conocidas como pérdidas de espacio libre.

Las pérdidas de espacio libre están definidas como las pérdidas que podría obtenerse cuando se utilizan como radiadores dos antenas isotrópicas o dos dipolos de media longitud de onda en un medio en el cual no existe influencia de obstrucciones ni de fenómenos de refracción, difracción y absorción.

Las pérdidas de espacio libre se deben principalmente al esparcimiento de la energía en el frente de onda, siendo solamente una pequeña cantidad de la energía que es radiada desde la antena transmisora la que llega al punto de recepción, el resto es esparcida en otras direcciones fuera del área de captura de la antena receptora.

La fórmula para calcular las pérdidas de espacio libre y que está referida a un radiador isotrópico es aplicada en frecuencias de trabajo superiores a 500 Mhz, siendo la siguiente:

$$A = 92.4 + 20 \cdot \log d + 20 \cdot \log f \quad (4.37)$$

Donde:

d = distancia del tramo en Km.
 f = frecuencia de trabajo en Ohz.

La expresión de pérdidas de espacio libre referida a un dipolo de media longitud de onda es aplicada para frecuencias bajo los 500 Mhz, y está dada por la siguiente ecuación:

$$A = 28.1 + 20. \log d + 20. \log f \quad (4.38)$$

Donde:

d = distancia del tramo en Km.
 f = frecuencia de trabajo en Mhz.

En la elección del medio de transmisión entre las diferentes partes del equipamiento de radio, es muy importante considerar sus pérdidas características, así como también el grado de acoplamiento que se puede alcanzar.

En la banda de frecuencia de 2GHz y en los rangos más bajos, el cable coaxial es comúnmente utilizado, ya que satisface requerimientos como son de línea con bajas pérdidas, capacidad de manejo de potencias altas y facilidad en su montaje e instalación.

Para calcular las pérdidas debido a los alimentadores se procede a determinar la longitud del cable requerido en ambos extremos de cada enlace de radio

en base a las alturas de torre previstas y las distancias aproximadas de éstas a los lugares donde se ubicarán los equipos de radio y con esta longitud y mediante la constante de atenuación del cable a la frecuencia de funcionamiento se determina las pérdidas respectivas en cada tramo.

Una variedad de técnicas son utilizadas para combinar un transmisor y un receptor, o varios transmisores y varios receptores con el fin de permitir la operación del sistema a través de una sola antena. Estas técnicas hacen uso de híbridos, filtros, fasores, aisladores, circuladores y otros dispositivos que tienen una cantidad de atenuación inherente. Estos valores de atenuación deben ser considerados en el cálculo de las pérdidas netas del enlace y dada la amplia variedad de dispositivos y posibles combinaciones, es necesario disponer de los valores especificados por el fabricante del equipo que será utilizado, y en base a los cuales se procede a obtener valores de pérdidas en combinadores de radio frecuencia para los distintos enlaces.

La atenuación neta del trayecto considera las pérdidas que normalmente se presentan a lo largo del trayecto de radio y que son: atenuación debido a la presencia de obstrucciones, atenuación de espacio libre, pérdidas en alimentadores y en combinadores de

radio frecuencia.

Un aspecto muy importante que debe ser considerado en un radio enlace son las interrupciones que se presentan en su funcionamiento debido a variaciones de las condiciones atmosféricas en el medio en el que se propaga el haz radioeléctrico. El haz de radioenlace no constituye una línea simple, sino que está formado por un frente de onda. Se sabe que el índice de refracción atmosférica en condiciones normales disminuye con la altura y que la velocidad de propagación es inversamente proporcional al índice de refracción, por lo que la parte superior del frente de onda se mueve ligeramente más rápido, lo que va a causar variaciones de la señal en el punto de recepción.

Cuando el índice de refracción varía de una manera muy irregular a lo largo del trayecto, presentándose estas condiciones en zonas cálidas, áreas costeras húmedas, da lugar a la formación de dos o más señales a más del rayo principal entre las antenas transmisora y receptora. Bajo estas condiciones cada una de las señales varían en su amplitud y fase de una manera aleatoria pudiéndose producir intervalos de tiempo en que debido a la diferencia de fase se cancelan entre sí las señales produciéndose pérdida o

degradación de la información al punto de recepción. Este fenómeno producido se conoce como desvanecimiento por trayecto múltiple y tiende a ser más acentuado en tramos largos y a las más altas frecuencias de trabajo.

El desvanecimiento de la señal se produce también en zonas donde existe inversión de temperatura, dando lugar a la formación de ductos, haciendo que la señal siga la trayectoria del ducto tal como si se tratase de una guía de onda, hacia lugares fuera del alcance de la antena receptora.

El desvanecimiento es un parámetro que influye en el funcionamiento de un sistema de radioenlace y por consiguiente en la confiabilidad del mismo, por lo que en el curso de los años ha existido especial preocupación en desarrollar métodos aproximados para calcular o estimar el grado de desvanecimiento que puede sufrir un enlace de radio.

Para determinar la confiabilidad de un sistema se han desarrollado fórmulas a base de resultados teóricos y experimentales obtenidos por W.T Barnett y Arvids Vigants, mediante los cuales se determina la probabilidad de falla de un enlace tanto para el caso de que disponga de diversidad o no. Para el caso de sistemas de diversidad, que es el que nos interesa,

este valor es determinado en función del terreno, clima, frecuencia, longitud del trayecto y margen de desvanecimiento y está dada por la siguiente ecuación:

$$Undp = a.b.6.10^{-7} .f.D.10^{-F/10} \quad (4.39)$$

Donde:

Undp = Probabilidad de falla anual de un sistema

D = Longitud del trayecto en Km.

F = Margen de desvanecimiento

a = coeficiente de rugosidad

4 = terreno plano

1 = terreno con algunas irregularidades

1/4 = terreno montañoso muy quebrado o muy seco

b = coeficiente climático

1/2 = áreas húmedas y calientes

1/4 = zonas interiores templadas

1/8 = zonas de clima montañoso o muy secas

Para nuestro sistema elegimos una confiabilidad del 99.99% y por lo tanto una probabilidad de falla del 0.01% anual. Ver tabla XVII

Donde:

$$A_{ls} = A_l + F_d + O_{tras} \quad (4.40)$$

$$G_t + G_r = P_{pr} + A_o + A_t - P_t \quad (4.41)$$

f	= Frecuencia	(GHz)
d	= Distancia total del trayecto	(Km)
L_g	= Longitud de la guía de onda	(m)
L_c	= Longitud del cable coaxial	(m)
P_g	= Pérdidas de guía de onda	(db/100m)
P_c	= Pérdidas del cable coaxial	(db/100m)
A_o	= Pérdidas de espacio libre	(db)
A_l	= Pérdidas en alimentador	(db)
F_d	= Filtros de derivación	(db)
Otras	= Otras pérdidas	(db)
A_{ls}	= Atenuación en los alimentadores de recepción y transmisión.	(db)
P_t	= Potencia de Transmisión	(dbm)
P_{pr}	= Potencia patrón de Recepción	(dbm)
$G_t + G_r$	= Ganancia total de las antenas de transmisión y recepción.	(db)

TRAYECTOS	DATOS				P E R D I D A S					P = db t	P = db pr	S + S = db t r	
	f = MHz	d = Km	Lc = m	Pc = db/100m	Alimentadores								
					A1 = db	Fd = db	Otras	A1S = db					
Cruz Loma (-) Pintag	Transmisión	400	30,00	12	2,7	109,68	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	28,609
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Alangasi	Transmisión	400	18,60	12	2,7	105,53	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	24,459
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Comocoto	Transmisión	1500	13,20	12	5,5	118,33	0,660	1,8	0,3	5,685	31	-32	61,015
	Recepción			15			0,825	1,6	0,3				
Cruz Loma (-) La Merced	Transmisión	400	16,62	12	2,7	104,55	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	23,479
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Llos	Transmisión	400	8,38	12	2,7	98,61	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	17,539
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Pifo	Transmisión	400	25,53	12	2,7	108,28	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	27,209
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				

TABLA XVII
 GANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (1 de 7)

TRAYECTOS		DATOS				PERDIDAS					P = dba t	P = dba pr	G + G = db t r
		Alimentadores											
		f = Mhz	d = Km	Lc = m	Pc = db/100m	Ao = db	At = db	Fd = db	Otras Als = db				
Cruz Loma (•) Tumbaco	Transmisión	900	14,89	12	4,0	114,94	0,480	1,3	0,3	4,280	37	-45	37,220
	Recepción		15	0,600			1,3	0,3					
Cruz Loma (•) Tumbaya	Transmisión	1500	11,66	12	5,5	117,26	0,660	1,8	0,3	5,685	31	-32	59,945
	Recepción		15	0,825			1,8	0,3					
Cruz Loma (•) Tababela	Transmisión	400	20,56	12	2,7	106,40	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	25,329
	Recepción		15	0,405			1,3	0,3					
Cruz Loma (•) Pueblo	Transmisión	400	19,65	12	2,7	106,01	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	24,939
	Recepción		15	0,405			1,3	0,3					
Cruz Loma (•) Yaruquí	Transmisión	400	24,13	12	2,7	107,79	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	26,719
	Recepción		15	0,405			1,3	0,3					
Cruz Loma (•) Nayón	Transmisión	400	29,62	12	2,7	109,57	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	28,499
	Recepción		15	0,405			1,3	0,3					

TABLA XVII
 GANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (2 de 7)

TRAYECTOS	DATOS				PERDIDAS				P = dbm t	P = dbm pr	6 + 6 = db t r	
	f = MHz	d = Km	Lc = m	Pc = db/100m	Alimentadores							
					Al = db	Fd = db	Otras	Ais = db				
Cruz Loma (-) Tumbiza	Transmisión	400	10,65	20	100,69	0,540	1,3	0,3	4,415	40	-45	20,105
	Recepción			25		0,675	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Checa	Transmisión	400	26,00	12	108,44	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	27,369
	Recepción			15		0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Llano Chico	Transmisión	400	10,60	12	100,65	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	19,579
	Recepción			15		0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) El Guinche	Transmisión	400	48,44	12	113,85	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	32,779
	Recepción			15		0,405	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Calderón	Transmisión	900	16,25	12	115,70	0,480	1,3	0,3	4,280	37	-45	37,980
	Recepción			15		0,600	1,3	0,3				
Cruz Loma (-) Guayllabamba	Transmisión	400	25,07	12	108,12	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	27,049
	Recepción			15		0,405	1,3	0,3				

TABLA XVII
 SANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (3 de 7)

TRAYECTOS		DATOS				PERDIDAS				$P = db_t$	$P = db_{pr}$	$6 + 6 = db_t$
		$f = \text{MHz}$	$d = \text{Km}$	$L_c = \text{m}$	$P_c = \text{db}/100\text{m}$	$A_0 = \text{db}$	Alimentadores					
							$A_i = \text{db}$	$F_d = \text{db}$	Otras $A_i = \text{db}$			
Cruz Loma (-) Posasqui	Transmisión	900	17,00	12	4,0	116,09	0,480	1,3	0,3	37	-45	35,370
	Recepción			15			0,600	1,3	0,3			
Cruz Loma (-) Ascátubi	Transmisión	400	30,00	12	2,7	109,68	0,324	1,3	0,3	40	-45	28,609
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3			
Cruz Loma (-) Otón	Transmisión	400	35,00	12	2,7	111,02	0,324	1,3	0,3	40	-45	29,949
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3			
Cruz Loma (-) Cosubamba	Transmisión	400	32,25	12	2,7	110,31	0,324	1,3	0,3	40	-45	29,239
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3			
Cruz Loma (-) Diledu	Transmisión	400	62,32	12	2,7	116,03	0,324	1,3	0,3	40	-45	34,959
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3			
Cruz Loma (-) Machachi	Transmisión	900	35,42	12	4,0	122,47	0,480	1,3	0,3	37	-45	44,750
	Recepción			15			0,600	1,3	0,3			

TABLA XVII
 GANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (4 de 7)

TRAYECTOS		DATOS				P E R D I D A S				P = dba P t	P = dba P + B = db t r		
		Alimentadores											
		f = MHz	d = Km	L = m	P = db/100m	A = db	A1 = db	Fd = db	Otras			Alo = db	
Cruz Loaa (-) Aloag	Transmisión	400	31,25	12	2,7	110,04	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	28,969
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loaa (-) Aloasi	Transmisión	400	36,46	12	2,7	111,38	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	30,309
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loaa (-) Cutuagagua	Transmisión	400	19,70	12	2,7	106,03	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	24,959
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loaa (-) El Chaupi	Transmisión	400	46,97	25	2,7	113,58	0,675	1,3	0,3	4,685	40	-45	33,265
	Recepción			30			0,810	1,3	0,3				
Cruz Loaa (-) Tabacundo	Transmisión	400	43,33	12	2,7	112,88	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	31,809
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				
Cruz Loaa (-) La Esperanza	Transmisión	400	40,00	12	2,7	112,18	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	31,109
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3				

TABLA XVII
 GANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (5 de 7)

TRAYECTOS	DATOS		P E R D I D A S				P = dbm t	P = dbm pr	G + S = db t r
	f = Mhz	Ka Lc = m	Pc = db/100m	Ao = db	Al = db	Fd = db	Dtras Als = db		
Cruz Loma (v) Tocachi	Transmisión	400 35,94	12		0,324	1,3	0,3	40	-45
	Recepción		15	111,25	0,405	1,3	0,3		
Cruz Loma (v) Malchingui	Transmisión	400 35,00	12		0,324	1,3	0,3	40	-45
	Recepción		15	111,02	0,405	1,3	0,3		
Cruz Loma (v) Tupigachi	Transmisión	400 48,85	12		0,324	1,3	0,3	40	-45
	Recepción		15	113,92	0,405	1,3	0,3		
Cruz Loma (v) Sangolquí	Transmisión	1500 17,55	12		0,660	1,8	0,3	31	-32
	Recepción		15	120,81	0,825	1,8	0,3		
Cruz Loma (v) San Rafael	Transmisión	1500 16,00	12		0,660	1,8	0,3	31	-32
	Recepción		15	120,00	0,825	1,8	0,3		
Cruz Loma (v) Cotacocha	Transmisión	400 22,25	12		0,324	1,3	0,3	40	-45
	Recepción		15	107,09	0,405	1,3	0,3		

TABLA IVII
 SANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (6 de 7)

TRAYECTOS		DATOS		PERDIDAS								P = dha P = dba t pr		6 + 6 = db t r	
				Alimentadores											
				f = Mhz	d = Ka	L = m	Pc = db/100m	Ao = db	Al = db	Fd = db	Ut = db	Als = db			
Manegalito(=) Manegalito	Transmisión	400	37,92	15	2,7	111,72	0,405	1,3	0,3	4,010	40	-45	30,730		
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3						
Manegalito(=) Gualea	Transmisión	400	7,96	12	2,7	98,16	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	17,089		
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3						
St.Domingo(=) M. Cornejo Astorga	Transmisión	400	43,93	12	2,7	113,00	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	31,929		
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3						
St.Domingo(=) Alluriquin	Transmisión	400	23,38	12	2,7	107,52	0,324	1,3	0,3	3,929	40	-45	26,449		
	Recepción			15			0,405	1,3	0,3						

TABLA XVII
 GANANCIA DE ANTENAS REQUERIDAS, PERDIDAS DE PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE Y PERDIDAS EN ALIMENTADORES
 (7 de 7)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que se ha realizado el diseño de un enlace de radio, es muy importante proceder a la verificación experimental de los diferentes parámetros obtenidos de manera teórica, con el fin ya sea de confirmar los valores planteados en el diseño o introducir modificaciones mediante las cuales se logre una mejor calidad de transmisión; así como también para hacer una determinación del tamaño de antenas y correspondientes alturas de torres y demás detalles de construcción. En algunas ocasiones la información recabada de las pruebas realizadas, puede posiblemente afectar en las decisiones concernientes a la localización final de los sitios donde se instalarán los equipos.

Estos experimentos de propagación se deben realizar especialmente en zonas en las que no existen mapas topográficos editados por el Instituto Geográfico Militar, en trayectos que presentan obstrucciones del haz de radioenlace o cuando en el estudio de propagación se obtiene la presencia de ondas reflejadas en el punto de recepción; aunque en caso de disponer de las facilidades necesarias es muy conveniente incluir estas pruebas en todo enlace de radio como parte del proceso de optimizar y garantizar la futura instalación y funcionamiento de un

enlace, puesto que en el trabajo de escritorio muchos de los valores calculados son obtenidos en base a ecuaciones deducidas experimentalmente y que si bien se aproximan mucho a la realidad, presentan un margen de variación, ya que las condiciones establecidas para los diferentes cálculos a pesar de ser escogidos en base a características geográficas y atmosféricas presentes en la zona, no son fiel imagen de lo que sucede en la realidad; existiendo además la posibilidad de que se presenten algunas situaciones fortuitas que no son posibles de determinar en el estudio teórico tales como alturas de sembríos, edificaciones presentes en el trayecto, etc, que pueden ser causa de obstrucción de la señal.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CCITT. Planificación de redes locales. Ginebra 1979
- 2.- CCITT. Telecomunicaciones Rurales. Ginebra 1985
- 3.- DEMANDA TELEFONICA. 1985 - 2010
- 4.- DOCUMENTO SDF-B6-27/1. Proyección de la Población Ecuatoriana Concentrada y Dispersa a Nivel Parroquial 1985 - 2010.