

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PLANIFICACION DE UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES RURALES  
PARA EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

POR

CARLOS HORACIO FERNANDEZ SOLORZANO

Al conferírsele el título de

INGENIERO ELECTRICISTA

Guatemala, Abril de 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08  
T (3869)  
94

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

**PLANIFICACION DE UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES RURALES  
PARA EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

tema que me fuera asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

Carlos Horacio Fernández Solórzano

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL QUINTO	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIA	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. EDWIN R. RODAS
EXAMINADOR	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ
EXAMINADOR	ING. MIGUEL ANGEL GARCIA DE LA TORRE
EXAMINADOR	ING. JORGE MARIO MORALES
SECRETARIO	ING. EDGAR BRAVATTI CASTRO

Guatemala, 5 de agosto de 1994

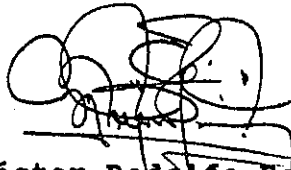
Ing.  
Pedro Quiroa Méndez  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador

De manera atenta le informo que he asesorado el trabajo de Tesis titulado "Planificación de un Proyecto de Telecomunicaciones Rurales para el Departamento de Alta Verapaz" realizado por el Sr. Carlos Horacio Fernández Solórzano.

Considero que con dicho trabajo se han alcanzado satisfactoriamente los objetivos propuestos, razón por la cual lo apruebo y me hago responsable, conjuntamente con el autor, de su contenido y conclusiones.

Atentamente,



Ing. Héctor Rodolfo Reyes Gómez  
Colegiado No. 3066



FACULTAD DE INGENIERIA  
Unidad de Prácticas de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12  
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.092.94

Guatemala, 23 de agosto de 1,994

Señor  
Ing. Edgar Montúfar Urizar  
Director de la Escuela  
de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Presente

Señor Director:

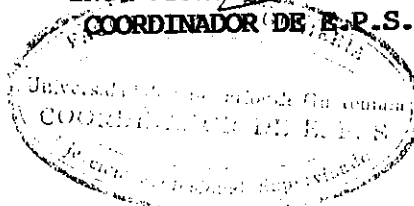
Dentro del marco general para el Proyecto TELEFONIA RURAL IV FASE, acordado y convenido con la Sub-División de Planeamiento de la Empresa Guatemalteca de Telecomunicaciones (GUAATEL), estoy remitiendo el INFORME FINAL, que de acuerdo con el Reglamento del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), para la Facultad de Ingeniería, equivale al trabajo de TESIS del estudiante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, CARLOS HORACIO FERNANDEZ SOLORZANO, el trabajo se tituló PLANIFICACION DE UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES RURALES PARA EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ; al Informe mencionado se le dió forma de Tesis y fue Asesorado y APROBADO por el Ingeniero Electricista Héctor Rodolfo Reyes Gómez, Colegiado No. 3066.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

ING. PEDRO OLTROA MENDEZ  
COORDINADOR DE E.P.S.



PQM/lgg.  
c.c.: Archivo



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Carlos Horacio Fernández Solórzano, titulado: Planificación de un proyecto de telecomunicaciones rurales para el departamento de alta Verapaz, procede a la autorización del mismo.

Ing. Edgar F. Montúfar Urizar  
Director

Guatemala, 22 de marzo de 1,995.





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

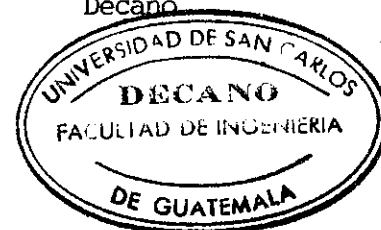
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis titulado: **Planificación de un proyecto de telecomunicaciones rurales para el departamento de Alta Verapaz**, del estudiante **Carlos Horacio Fernández Solórzano**, procede a la autorización del mismo.

IMPRIMASE:

  
Ing. Julio Ismael González Podszueck

Decano



Guatemala, 2 de septiembre de 1,996.

PLANIFICACION DE UN PROYECTO  
DE TELECOMUNICACIONES RURALES  
PARA EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



## INDICE

	Página
INTRODUCCION	i
GLOSARIO	iii
I. COBERTURA DEL PROYECTO	1
I.1. Circunstancias que motivan una selección de comunidades rurales.	1
I.2. Metodología empleada.	2
I.3. Resultados obtenidos para las cabeceras municipales.	7
I.4. Resultados obtenidos para la comunidades rurales.	7
II. DESCRIPCION GENERAL DE LOS MEDIOS A EMPLEAR EN LA RED	15
II.1. Modelo de la red rural.	15
II.2. Radio enlace punto a punto.	16
II.3. Radio enlace digital punto multipunto.	18
II.4. Enlace por cable de fibra óptica.	20
II.5. Distribución por cable multipar de cobre.	22
II.6. Enlace por cable PCM.	23
II.7. Concentradores de líneas.	24
III. ENRUTAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	25
III.1. Premisas que se van a cumplir.	25
III.2. Metodología empleada.	25
III.3. Red existente.	26
III.4. Evaluación de opciones de las rutas de enlace.	28
III.5. Dimensionamiento de la red.	42
III.6. Resultados.	44
IV. DISEÑO	53
IV.1. Radio enlace digital Cana Itzam-Raxrujá.	53
IV.2. Resultados del diseño de los radio enlaces digitales.	76
IV.3. Enlace con fibra óptica Tukurú-La Tinta.	77
IV.4. Resultados del diseño de los enlaces con fibra óptica.	80
IV.5. Enlace con PCM Telemán-Panzos.	80
IV.6. Resultados del enlace con PCM Telemán-Senahú.	85
IV.7. Enlace con cable multipar Tactic-Chíacal.	85
IV.8. Resultados del diseño de los enlaces con cable multipar.	87
V. EVALUACION SOCIO-ECONOMICA	88
V.1. Plan de ejecución.	88
V.2. Fuente de financiamiento.	88
V.3. Ingresos corrientes.	90
V.4. Ingresos de capital.	90
V.5. Gastos corrientes.	96
V.6. Gastos de capital.	98
V.7. Suposiciones utilizadas.	98

V.8.	Flujo de fondos.	102
V.9.	Impacto socio-económico en las poblaciones.	106
CONCLUSIONES		108
RECOMENDACIONES		109
BIBLIOGRAFIA		110
ANEXO A		111
ANEXO B		112
ANEXO C		119

## INTRODUCCION

La Empresa Guatemalteca de Telecomunicaciones, GUATEL basa sus proyectos de desarrollo en el "Plan Maestro de Telecomunicaciones". En este plan se encuentran clasificados los distintos proyectos que se van a desarrollar a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo con el área geográfica de cobertura y por un orden de ejecución. Las distintas áreas en las que dicho plan divide los proyectos de telecomunicaciones son: metropolitana, departamental y rural.

El área de telefonía rural comprende el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones de las cabeceras municipales y de las comunidades con categoría inferior a éstas. En la actualidad, se han ejecutado los proyectos de: "Telefonía Rural I Fase", "Telefonía Rural II Fase" y "Telefonía Rural III Fase". Sin embargo, debido a que aún existen poblaciones que no cuentan con el servicio o que cuentan con el servicio, pero éste no cubre todas sus necesidades, se hace necesario planificar la ejecución del proyecto de "Telefonía Rural IV Fase".

Debido a las características que revisten los proyectos de telefonía rural (gran extensión geográfica, gran número de poblaciones rurales, alto costo y baja rentabilidad), la inclusión, dentro del proyecto, de todas las poblaciones del país resulta imposible para la capacidad financiera de GUATEL; situación que hace necesaria, dentro del trabajo de planificación, la optimización de los recursos que se van a utilizar en el proyecto.

Partiendo de los hechos, si se contara con recursos limitados para ejecutar un proyecto de este tipo, la gran cantidad de poblaciones rurales existentes, la necesidad de optimizar los recursos y beneficiar al mayor número de poblaciones posible, se determinó que era necesario un minucioso trabajo de campo, lo que implicaba una considerable cantidad de personal capacitado con el cual no contaba GUATEL. Asimismo, tomando en cuenta que un proyecto de este tipo conlleva una fuerte proyección hacia las comunidades y exige conocimientos de ingeniería eléctrica; la División de Planeamiento y Diseño procedió a solicitar a la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Escuela de Mecánica Eléctrica, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la aprobación de los trabajos de planificación de Telefonía Rural para los distintos departamentos de la República, como Ejercicio Profesional Supervisado, previo a optar al título de Ingeniero Electricista.

El presente trabajo puede ser utilizado como una guía de planificación de telecomunicaciones rurales, ya que el desarrollo del mismo fué estructurado con la finalidad de que

pueda ser utilizado en forma didáctica.

El trabajo parte de la descripción de la metodología empleada para determinar la cobertura del proyecto. Se presentan los resultados del estudio efectuado en las poblaciones, el listado de poblaciones que se van a incluir, y la cantidad y tipo de servicio que éstas requieren.

En el capítulo II, se presenta una breve descripción del funcionamiento y facilidades, de todos los equipos y medios que se utilizan en una red de telecomunicaciones rurales; conocimientos que son necesarios para la planificación del enrutamiento de la red.

Una vez definidas las poblaciones que se van a incluir en el proyecto, la magnitud y tipo de servicio que se les prestará, y el equipo y medios que es posible utilizar, se describen, en el capítulo III, todos los criterios utilizados en la definición del enrutamiento y el dimensionamiento de la red.

En el capítulo IV, se presenta un ejemplo de la forma en que se diseñan los distintos tipos de enlaces de transmisión, y en el capítulo V, se presenta una evaluación socio-económica del proyecto.

## GLOSARIO

### ANALOGICO

Señales eléctricas, cuya información está contenida dentro de rangos continuos de señal.

### ANCHO DE BANDA

Rango de frecuencias dentro de cuyos límites la atenuación no es mayor de 3 db con respecto a la atenuación en el centro de la banda.

### ANCHO ESPECTRAL

Rango de frecuencia que posee un haz de luz.

### ANTENA

Elemento o conjunto de elementos que se utilizan en la irradiación o recepción de las ondas electromagnéticas.

### ANTENA DIRECCIONAL

Antena que capta o irradia mayor proporción de energía en ciertos sentidos.

### BER (Bit Error Rate)

Número de bits erróneos dividido por el número total de bits, sobre un período de tiempo.

### BIT

Unidad de información utilizada en la escala binaria en donde se identifican únicamente dos condiciones.

### BYTE

Grupo binario que consiste generalmente de 8 bits.

### BANDA BASE

La gama de frecuencias que puede transmitirse en un sistema de radio, fibra óptica, cable submarino, etc.

### CIRCULADOR

Dispositivo de ferrita con cuatro aberturas de guías de onda dispuestas esquemáticamente en forma de anillo.

### CONMUTACION

Función dentro de las redes de telecomunicaciones, que consiste en conectar o desconectar un circuito, para establecer o terminar una comunicación.

### DIAFONIA

Interferencia entre dos o más circuitos de comunicación debido al traspaso de energía por acoplamiento inductivo, capacitivo o conductivo.

### DIGITAL

Señales eléctricas, cuya información está contenida dentro de rangos discretos de señal.

**DISTRIBUIDOR PRINCIPAL**

Bastidores que se encuentran en las centrales telefónicas.

**ECUALIZACION**

Acción de suprimir los efectos distorsionadores en las señales.

**ERLANG**

Unidad de medida de tráfico telefónico.

**GANANCIA DE ANTENAS**

Rendimiento de transmisión de una antena direccional en un sentido determinado, respecto a un patrón que consiste generalmente en una antena isotrópica. Se expresa como la relación entre una potencia en la antena patrón y la potencia aplicada a la antena direccional que produce igual intensidad de campo en una dirección determinada.

**GUIA DE ONDA**

Tubo metálico o cilindro dieléctrico que conduce ondas electromagnéticas, del transmisor/receptor a/de la antena.

**HAZ**

Señal de radiofrecuencia transmitida en un ángulo estrecho por un trayecto preciso entre dos antenas.

**HDB3**

Código digital, en el cual se introduce un bitio artificial de estado 1, después de una secuencia de 3 bitios de estado cero.

**IMPEDANCIA**

Oposición que ofrece un circuito eléctrico al flujo de corriente alterna.

**INTERES TELEFONICO**

Factor utilizado en los estudios de demanda telefónica, el cual consiste en asignar de acuerdo con las características de cada inmueble, un número de líneas. La estimación del factor que se va a utilizar, resulta del promedio de líneas en servicio para un inmueble con características similares.

**MODULACION**

Proceso que permite la variación de alguna característica (amplitud, frecuencia o fase) de una onda en función del valor instantáneo de alguna característica de otra onda.

**MPSK**

Modulación por corrimiento de fases de M estados.

**MQAM**

Modulación de amplitud en cuadratura de M estados.

**NRZ**

codigo digital unipolar, en el cual para una secuencia de bitios 1, la señal no regresa a cero.

**PARADIAFONIA**

Diafonía entre dos líneas bifilares paralelas, que se propaga en la línea interferida en dirección contraria a la que tiene la señal interferente en la otra línea.

**PERFIL TOPOGRAFICO**

Representación del trayecto de un sistema de radiocomunicaciones en papel gráfico especial con indicación de elevaciones de terrenos, obstáculos y alturas de antenas. Estos perfiles se basa en mapas topográficos.

**PCM**

Modulación por pulsos Codificados. Sistema de modulación en el que las señales entrantes son muestreadas y codificadas según niveles definidos, con el fin de representar dichas señales a través de códigos binarios.

**RED**

Sistema de comunicación formado por una serie de interconexiones.

**TCM**

Modulación con codificación de Trellis para protección contra errores.

**TELEDIAFONIA**

Diafonía que circula en la línea interferida en la misma dirección que siguen las señales en la otra línea.

**TRAFICO**

Cantidad de líneas en promedio que se utilizan simultáneamente.

**TRAMA**

Agrupación de bytes en una secuencia.

**TRANSMISION**

Función que consiste en enviar información entre los distintos componentes de la red.

**TRIBUTARIO**

Señal de entrada proveniente de un equipo de transmisión o conmutación.

**VENTANA OPTICA**

Frecuencias lumínicas, para las cuales la atenuación en la fibra óptica es mínima.

## I. COBERTURA DEL PROYECTO

Para determinar la cobertura del proyecto, se realizaron dos actividades:

- a. Selección de poblaciones a incluir en el proyecto.
- b. Determinación del tipo de servicio y capacidad requerida en cada población.

Las poblaciones se dividieron en dos grupos de investigación: cabeceras municipales y poblaciones rurales. Para las cabeceras municipales, GUATEL definió como objetivo del proyecto, brindar el servicio de telefonía domiciliar, a todas aquellas cabeceras municipales no incluidas en el "IV Proyecto de Telecomunicaciones Departamentales", por lo que para éstas, únicamente se hizo necesario efectuar un estudio de demanda de servicios de telecomunicaciones. Para las poblaciones rurales con categoría inferior a cabecera municipal (aldeas, caseríos, parcelamientos, parajes, etc.), hubo necesidad de seleccionarlas en primera instancia, para luego determinar su demanda de servicio de telecomunicaciones.

### I.1. Circunstancias que motivan una selección de comunidades rurales:

En la época actual, el servicio telefónico ha venido a constituirse en un factor de desarrollo y una necesidad social. Sin embargo, el servicio telefónico en sí, no es fuente de desarrollo, si paralelo a éste, las poblaciones no cuentan con la infraestructura de servicios necesarios que lo posibiliten, en cuyo caso, el servicio telefónico es únicamente una necesidad social.

Debido a la geografía del país, lo disperso y pequeño de las áreas de población, y al equipamiento necesario para prestar el servicio, el costo de un proyecto de telefonía rural es bastante alto, costo que dadas las condiciones socioeconómicas del área rural del país, sólo puede ser recuperable a muy largo plazo y en algunos casos, es incluso, irrecuperable.

Dentro de este contexto, resulta claro que, ya sea por motivos de desarrollo o sociales, todas las poblaciones del país tienen necesidad del servicio telefónico, pero debido al alto costo que un proyecto de tal magnitud tiene, su realización actualmente resulta utópica, situación que obliga a efectuar un meticuloso proceso de selección que tome en cuenta el factor de desarrollo y la necesidad social, pero que guarde un balance con la capacidad de inversión que GUATEL tiene.



## I.2 Metodología empleada:

La metodología empleada se encaminó hacia los objetivos siguientes:

- a. Establecer parámetros que permitieran comparar las poblaciones y definir un orden de preeminencia entre ellas.
- b. Establecer la ubicación exacta de cada población para determinar su factibilidad de integración a la red.
- c. Determinar la demanda de servicio de cada población seleccionada.
- d. Justificar el porqué de cada población seleccionada.
- e. Establecer parámetros de juicio que permitan a GUATEL, de acuerdo con el monto total de inversión del proyecto resultante para todo el país y de su capacidad de inversión, analizar la posibilidad de incluir o excluir comunidades rurales.

La metodología fue la siguiente:

- a) Cabeceras municipales:

Se clasificaron tres tipos distintos de servicio telefónico: domiciliario, comercial e institucional, y con base en ello, se elaboró la tabla de interés telefónico que se muestra en el cuadro No.I.1.

CLASIFICACION	INTERES
VIVIENDA:	
Clase A	1
Clase B	0.8
Clase C	0.5
Clase D	0.0
COMERCIO	1
INSTITUCION	1

CUADRO No.I.1  
INTERES TELEFONICO

La tabla está basada en tablas de interés telefónico utilizadas por GUATEL en proyectos de telecomunicaciones metropolitanos, las cuales hubo necesidad de modificar para que se adaptaran al área rural.

Se clasificaron como viviendas clase A, todas aquellas que cumplieron con cinco de los requisitos siguientes: jardín en

el frente, bien pintada, construcción de block o ladrillo, garage, balcones en las ventanas, banqueta en el frente, dos niveles y antena de televisión.

Se clasificaron como viviendas clase B, todas aquellas que cumplieron con tres de los requisitos siguientes: bien pintada, construcción de block o ladrillo, balcones en las ventanas, banqueta en el frente y antena de televisión.

Se clasificaron como viviendas clase C, todas aquellas que cumplieron con tres de los requisitos siguientes: pintada, construcción de block, ladrillo, calicanto o adobe, vidrio en las ventanas, banqueta en el frente y antena de televisión.

Se clasificaron como viviendas clase D, todas aquellas que no cumplieron con tres de los requisitos siguientes: pintada, construcción de block, ladrillo, calicanto o adobe, vidrio en las ventanas, banqueta enfrente y antena de televisión.

Se consideró como demanda comercial, todas las ventas situadas en lugares construidos para ese fin.

Se consideró como demanda institucional, a la demanda requerida por las instituciones del estado, organizaciones de ayuda no gubernamentales, instituciones educativas e instituciones religiosas.

Se procedió a visitar las cabeceras municipales, para hacer un estudio catastral de demanda telefónica utilizando las tablas anteriormente mencionadas.

b) Poblaciones rurales:

Se establecieron características de población que fueran significativas y medibles como parámetros de comparación. Dichas características fueron: comunidades con más de mil habitantes en 1,981 según el "IV Censo Nacional de Habitación y IX de Población", electrificación, puestos de salud, comunidades con más de dos maestros en la escuela primaria, cooperativas agrícolas, solicitudes anteriores de servicio telefónico, camino de acceso y la existencia de un núcleo de viviendas alrededor de una urbanización.

Establecidas las características que van a ser tomadas en cuenta, se procedió a recabar la información de la manera siguiente: las poblaciones con más de mil habitantes en 1,981 en el Instituto Nacional de Estadística (INE), poblaciones con electricidad en el Instituto Nacional de Electrificación (INDE), poblaciones con puestos de salud en la Dirección General de Servicios de Salud, cantidad de maestros en las escuelas primarias de las poblaciones en el Ministerio de

Educación, cooperativas agrícolas en la Federación Nacional de Cooperativas Agrícolas, solicitudes de servicio telefónico en la División de Planeamiento y Diseño de GUATEL, caminos de acceso en la Dirección General de Caminos y la existencia de urbanización por medio de lo observado en planos geográficos escala 1:50,000.

Recabada la información, se procedió a elaborar una base de datos que relacionara a las poblaciones con los parámetros de selección y en el cual se incluyeron todas las poblaciones que tuvieran por lo menos una de las características mencionadas.

Con la lista de poblaciones que van a ser incluidas en el estudio, se procedió a localizarlas en planos geográficos escala 1:50,000.

Debido a la falta de precisión y actualización de los datos recabados, la existencia de otros parámetros de selección cuantificables e importantes pero de difícil obtención en forma estadística, y de la existencia de características no cuantificables propias de cada población, se hizo necesario conocer las poblaciones.

Las otras características cuantificables investigadas en el campo fueron la existencia en las poblaciones de agua potable, agua entubada, drenajes, urbanización, campos deportivos, plantas generadoras de electricidad particulares, edificio de mercado, salón comunal, cantidad de iglesias católicas y protestantes, párroco en la iglesia, centros educativos de segunda enseñanza, centros educativos privados, estado de los caminos de acceso, alcaldías auxiliares regionales y actividad comercial.

Las características poblacionales no cuantificables que serán observadas fueron: principales actividades económicas, situación geográfica e interrelación respecto a otras poblaciones cercanas, composición étnica y la existencia o no de algún tipo de organización formal dentro de la población.

Debido a que la cantidad de poblaciones registradas en la base de datos fue grande, comparada con la posibilidad de alcance del proyecto, se consideró innecesario visitarlas todas, por lo que, previo a efectuar la visita de campo, se efectuó una primera selección. Para ello, se siguió el criterio siguiente: se asignó un punto a cada parámetro de selección, con excepción del número de maestros por población, al cual se le asignó un punto si se tenían de dos a cuatro maestros y dos puntos, si se tenían más de cuatro maestros, por considerársele el parámetro más importante. Las poblaciones con dos o menos puntos o geográficamente comprendidas dentro del área urbana de la cabecera municipal fueron excluidas del estudio. Para las poblaciones con tres puntos se dejó abierta

la posibilidad de visitarlas. Las poblaciones con cuatro o más puntos se consideró necesario visitarlas. Las poblaciones preseleccionadas fueron clasificadas en orden de prioridad con base en el punteo obtenido en el proceso.

El procedimiento seguido en las visitas de campo fue el siguiente:

Entrevistar al Alcalde Municipal para determinar, de acuerdo con su criterio, el orden de importancia que le asigna a las comunidades de su municipio y qué proyectos se tienen contemplados en las comunidades.

Entrevistar al Supervisor Municipal de Educación, para plantearle interrogantes similares a las del alcalde, con el fin de tener un segundo punto de vista.

Es de hacer notar que fue imposible entrevistar a los Alcaldes de Chisec, Chahal, Fray Bartolomé Las Casas, Lanquín y Cahabón; y a los Supervisores de Chahal, Lanquín, Cahabón y Senahú. En los casos de Chahal, Lanquín y Cahabón, no se logró entrevistar a ninguna de las dos autoridades mencionadas, pero se entrevistó a personas conocedoras de la región.

Los resultados obtenidos en las entrevistas fueron comparados con el listado existente. Se consideró necesario visitar también aquellas comunidades que a criterio de las autoridades fueran importantes y no aparecieran en dicho listado.

Efectuado lo anterior, se procedió a efectuar una inspección visual de las poblaciones y se entrevistó al presidente del comité de la comunidad o a una persona conocedora del lugar.

Con en base en los datos recabados y a lo observado, se estimó que la importancia de la población requería el servicio telefónico domiciliario, se procedió a efectuar un estudio de demanda telefónica igual al efectuado para las cabeceras municipales.

Una vez terminada la visita a las poblaciones, se procedió a asignar un punteo a todos los parámetros de selección que se tomaron en cuenta. El valor del punteo se asignó basado en el grado de influencia social que cada parámetro tiene dentro de las poblaciones de acuerdo con lo observado en la totalidad del departamento. El resultado se muestra en el cuadro No.I.2.

Con base en el punteo asignado a los parámetros de selección, se calificó cada comunidad, lo cual permitió ordenarlas según su importancia y priorizarlas para brindarles el servicio.

CARACTERISTICA	PUNTOS
<b>ENERGIA:</b>	
Servicio Eléctrico Público	3
Plantas Eléctricas Privadas	2
<b>EDUCACION:</b>	
Número Maestros Esc. Primaria	
menos de 2	0
2	1
3	2
4	3
entre 5 y 8	4
más de 8	5
Escuela Primaria Privada	3
Instituto Básico Público	3
Instituto Básico Privado	4
Instituto con Diversificado	5
Academia de Mecanografía	2
<b>CAMINO DE ACCESO:</b>	
A:Asfaltado, balastado, dos vías	3
B:Terracería, dos vías, transitable todo el año	2
C:Terracería, una vía; transitable sólo en verano	1
<b>URBANIZACION:</b>	
A:Calles bien trazadas, centro con parque e iglesia	3
B:Calles bien trazadas, sin centro urbano	2
C:Núcleo poblacional definido, no urbanizado	1
<b>COOPERATIVAS:</b>	
De consumo	1
De producción	3
<b>PUESTO DE SALUD:</b>	3
<b>NUMERO DE HABITANTES:</b>	
Menos de 1,000	0
Entre 1,000 y 3,000	3
Entre 3,000 y 5,000	4
Más de 5,000	5
<b>SERVICIO DE AGUA:</b>	
Potable	3
Entubada	1
<b>DRENAJES:</b>	4
<b>ALCALDIA AUXILIAR REGIONAL:</b>	3
<b>COMERCIO:</b>	
Edificio formal de Mercado	2
Abarroterías	3
Farmacias	1 C/U
Agropecuarias	2 C/U
<b>PUERTO FLUVIAL:</b>	2
<b>CASA PARROQUIAL:</b>	2
<b>SALON COMUNAL:</b>	2
<b>CAMPOS DEPORTIVOS:</b>	1 C/U

CUADRO No.1.2

PUNTEO DE LOS PARAMETROS DE CALIFICACION

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

### I.3 Resultados obtenidos para las cabeceras municipales:

El cuadro No.I.3 muestra los resultados obtenidos del estudio de demanda:

No.	POBLACION	DEMANDA DOMICILIAR	DEMANDA COMERCIAL	DEMANDA INSTITUCIO.	DEMAND ACTUAL	DEMANDA AÑO 2003
1	Cahabón	39	17	15	71	98
2	Chahal	13	0	4	17	24
3	Chisec	10	11	10	31	43
4	Lanquín	32	9	10	51	70
5	Panzós	28	6	9	43	59
6	Senahú	53	16	10	79	109
7	Tamahú	20	3	9	32	44
8	Tucurú	33	19	11	63	87

CUADRO No.I.3  
RESULTADOS DEL ESTUDIO DE DEMANDA TELEFONICA

### I.4 Resultados obtenidos para las comunidades rurales:

#### a) Comunidades visitadas:

En el cuadro No.I.4, se listan las comunidades visitadas:

COMUNIDAD	CATEGORIA	MUNICIPIO
Pasmolón	Aldea	Tactic
Chiactal	Aldea	Tactic
Baleu	Caserío	San Cristobal Verapaz
Santa Elena	Aldea	San Cristobal Verapaz
El Rancho	Aldea	San Cristobal Verapaz
Chiborrom	Aldea	San Cristobal Verapaz
Saxoc	Aldea	Cobán
Balbatzul	Aldea	Cobán
Sonté	Aldea	Cobán
Secocpur	Aldea	Cobán
Samococh	Aldea	Cobán
Río Tzetoc	Aldea	Cobán
San Benito	Comunidad	Cobán
Santa Lucia	Comunidad	Cobán
Salacuin	Aldea	Cobán
Saholom	Comunidad	Cobán
Sesuchaj	Aldea	Chisec
Tierra Linda	Comunidad	Chisec
Rubelsanto	Campamento	Chisec
Playitas	Caserío	Chisec
Yalpemech	Aldea	Chisec
La Isla	Comunidad	Chisec
Raxujá	Aldea	Chisec
Holonó	Aldea	Fray Bartolomé L. C.
Chajmaic	Caserío	Fray Bartolomé L. C.
El Naranjal	Comunidad	Fray Bartolomé L. C.
Sechacl	Aldea	Fray Bartolomé L. C.
San Agustín	Caserío	Chahal
Sesajal	Comunidad	San Pedro Carchá
Campur	Caserío	San Pedro Carchá
Cojaj	Aldea	San Pedro Carchá
Pocolá	Aldea	San Pedro Carchá
Chiquixil	Caserío	San Pedro Carchá
Sarraxoch	Caserío	San Pedro Carchá
Chajaneb	Aldea	San Juan Chamelco
Chamit	Aldea	San Juan Chamelco
Cahaboncito	Aldea	Panzós
La Tinta	Aldea	Panzós
Telemán	Aldea	Panzós
Los Alpes	Finca	Senahú
Oxlajujá	Finca	Senahú
Seamay	Finca	Senahú
Chicobán	Aldea	Tucurú
La Playa	Cantón	Tucurú

CUADRO No.I.4  
COMUNIDADES VISITADAS

b) Calificación de las Comunidades:

En los cuadros No.I.5, se muestra la calificación obtenida por cada población.

CARACTERISTICAS	COMUNIDADES								
	La Tinta	Telemán	Raxrujá	Campur	San Agustín	Chamil	Boloncó	Salacum	Pasmolón
<b>ENERGÍA:</b>									
Electricidad Pública	3	3	3						
Plantas Eléctricas Privadas				2	2	2	3		3
<b>EDUCACION:</b>									
Número de Maestros	5	5	5	5	5	5	4	4	4
Escuelas Privadas									
Institutos Básicos Públicos					3	3		3	
Institutos Básicos Privados			8						
Institutos con Diversificado	5	5							
Academias de Mecanografía	2	2	2	2					
<b>CAMINOS DE ACCESO:</b>									
Clase A	3	3							
Clase B			2	2	2	2	3	3	3
Clase C									
<b>URBANIZACION:</b>									
Clase A	3	3	3		3				
Clase B				2					
Clase C						2	2	2	2
<b>COOPERATIVAS:</b>									
De Consumo									
De Producción				3	1	1		1	
<b>PUESTO DE SALUD:</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	
<b>NUMERO DE HABITANTES:</b>									
Entre 1,000 y 3,000									
Entre 3,000 y 5,000			4	4	3	4	3	3	3
Mas de 5,000	5	5							
<b>SERVICIO DE AGUA:</b>									
Potable	3	3	3		3		3		
Entubada									3
<b>DRENAJES:</b>	4	4	4			1			
<b>CAMPOS DEPORTIVOS:</b>	3	3	2	2	4	4			4
<b>COMERCIO:</b>									
Mercado Formal	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Abarroterías	3	3	3	2					
Farmacias	4	6	2		3		3		
Agropecuarias	6	4	4				2		
<b>PUERTO FLUVIAL:</b>									
<b>ALCALDIA AUXILIAR REGIONAL:</b>			3	3					
<b>CASA PARROQUIAL:</b>	2	2	2	2	2			3	
<b>SALÓN COMUNAL:</b>	2	2		2		2	2		
<b>TOTAL DE PUNTOS</b>	58	58	55	39	36	33	30	26	25

CUADRO No.1.5.A  
CALIFICACION DE LAS COMUNIDADES

CARACTERISTICAS	COMUNIDADES								
	Balbatzul	Cojaj	Río Tzotoc	Chíacal	Rubelsanto	Sesuchaj	Sechactl	La Playa	Seamay
<b>ENERGIA:</b>									
Electricidad Pública				3				3	3
Plantas Eléctricas Privadas			2		2				
<b>EDUCACION:</b>									
Número de Maestros	4	4	1	4			3	4	5
Escuelas Privadas			3			3			
Institutos Básicos Públicos									
Institutos Básicos Privados									
Institutos con Diversificado									
Academias de Mecanografía									
<b>CAMINOS DE ACCESO:</b>									
Clase A					3		3	3	
Clase B	2	2		2					2
Clase C			1			1			
<b>URBANIZACION:</b>									
Clase A			3		3				
Clase B		2		2		2	2		
Clase C	1							1	
<b>COOPERATIVAS:</b>									
De Consumo			1			1			
De Producción						3			
<b>PUESTO DE SALUD:</b>	3	3	3		3	3	3		
<b>NUMERO DE HABITANTES:</b>									
Entre 1,000 y 3,000	3	3	3	3			3		3
Entre 3,000 y 5,000									
Mas de 5,000									
<b>SERVICIO DE AGUA:</b>									
Potable				3	3		3	3	3
Entubada	1								
<b>DRENAJES:</b>					4				
<b>CAMPOS DEPORTIVOS:</b>	2	2	3	1	2	1	1	4	2
<b>COMERCIO:</b>									
Mercado Formal	2	2				2			
Abarroterías	3	3	3						
Farmacias	1					1			
Agropecuarias									
<b>PUERTO FLUVIAL:</b>									
ALCALDIA AUXILIAR REGIONA	3								
<b>CASA PARROQUIAL:</b>									
<b>SALON COMUNAL:</b>									
TOTAL DE PUNTOS	25	23	23	20	20	19	18	18	18

CUADRO No.1.5.B  
CALIFICACION DE LAS COMUNIDADES



CARACTERISTICAS	COMUNIDADES								
	Chamaic	Pocotá	Oxlajujá	Los Alpes	Playitas	Chiquixil	La Isla	Baleu	Santa Elena
<b>ENERGIA:</b>									
Electricidad Pública									
Plantas Eléctricas Privadas			2	2			2		
<b>EDUCACION:</b>									
Número de Maestros	1	4	5	4		4	2	3	
Escuelas Privadas									
Institutos Básicos Públicos									
Institutos Básicos Privados									
Institutos con Diversificado									
Academias de Mecanografía									
<b>CAMINOS DE ACCESO:</b>									
Clase A									
Clase B	2				2			2	2
Clase C		1	1	1		1	1		
<b>URBANIZACION:</b>									
Clase A									
Clase B					2		2		
Clase C		1				1			
<b>COOPERATIVAS:</b>									
De Consumo									
De Producción						3			
<b>PUESTO DE SALUD:</b>	3	3	3	3				3	3
<b>NUMERO DE HABITANTES:</b>									
Entre 1,000 y 3,000	3	3	3			3	3		
Entre 3,000 y 5,000				4					
Mas de 5,000									
<b>SERVICIO DE AGUA:</b>									
Potable	3								
Entubada								1	1
<b>DRENAJES:</b>									
<b>CAMPOS DEPORTIVOS:</b>	1	1	1	1	2	1		2	2
<b>COMERCIO:</b>									
Mercado Formal		2							2
Abarrotorias	3				3				
Farmacias							1		
Agropecuarias									
<b>PUERTO FLUVIAL:</b>	2				2				
<b>ALCALDIA AUXILIAR REGIONAL:</b>									
<b>CASA PARROQUIAL:</b>									
<b>SALON COMUNAL:</b>		2			2		2	2	
<b>TOTAL DE PUNTOS</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

CUADRO No. I.5.C  
CALIFICACION DE LAS COMUNIDADES

CARACTERISTICAS	COMUNIDADES								
	San Benito	Sesajal	Chicobán	Chajaneb	El Rancho	Santa Lucí	Tierra Linda	El Naranjal	Samococh
ENERGIA:									
Electricidad Pública									
Plantas Eléctricas Privadas									
EDUCACION:									
Número de Maestros	1		3	4	2	2	2	1	1
Escuelas Privadas									
Institutos Básicos Públicos									
Institutos Básicos Privados									
Institutos con Diversificado									
Academias de Mecanografía									
CAMINOS DE ACCESO:									
Clase A	3					3	3		
Clase B					2				2
Clase C		1	1	1				1	
URBANIZACION:									
Clase A									
Clase B	2	2					2		
Clase C			1			1		1	
COOPERATIVAS:									
De Consumo			1					1	
De Producción									
PUESTO DE SALUD:				3	3				
NUMERO DE HABITANTES:									
Entre 1,000 y 3,000			3					3	
Entre 3,000 y 5,000									
Mas de 5,000									
SERVICIO DE AGUA:									
Potable									
Entubada					1				
DRENAJES:									
CAMPOS DEPORTIVOS:	1	1			1		1		1
COMERCIO:									
Mercado Formal		2							
Abarroterías									
Farmacias	2							1	
Agropecuarias									
PUERTO FLUVIAL:									
ALCALDIA AUXILIAR REGIONA		3				3			
CASA PARROQUIAL:									
SALON COMUNAL:	2	2	2	2					2
TOTAL DE PUNTOS	11	11	11	10	9	9	8	8	6

CUADRO No.1.5.D  
CALIFICACION DE LAS POBLACIONES

CARACTERÍSTICAS	COMUNIDADES							
	Saxoc	Saholom	Yalpemech	Sarraxoch	Cahaboncito	Secocpur	Sonté	Chiborrom
<b>ENERGIA:</b>								
Electricidad Pública								
Plantas Eléctricas Privadas								
<b>EDUCACION:</b>								
Número de Maestros		1				1		
Escuelas Privadas								
Institutos Básicos Públicos								
Institutos Básicos Privados								
Institutos con Diversificado								
Academias de Mecanografía								
<b>CAMINOS DE ACCESO:</b>								
Clase A		3			3			
Clase B	2					2	2	
Clase C			1	1				
<b>URBANIZACIÓN:</b>								
Clase A								
Clase B								
Clase C			1	1				
<b>COOPERATIVAS:</b>								
De Consumo								
De Producción								
PUESTO DE SALUD:	3							
<b>NUMERO DE HABITANTES:</b>								
Entre 1,000 y 3,000			3					
Entre 3,000 y 5,000								
Más de 5,000								
<b>SERVICIO DE AGUA:</b>								
Potable								
Entubada								
<b>DRENAJES:</b>								
CAMPOS DEPORTIVOS:	1	1		1				
<b>COMERCIO:</b>								
Mercado Formal								
Abarroterías								
Farmacias								
Agropecuarias								
<b>PUERTO FLUVIAL:</b>								
<b>ALCALDIA AUXILIAR REGIONAL:</b>								
<b>CASA PARROQUIAL:</b>								
<b>SALON COMUNAL:</b>								
TOTAL DE PUNTOS:	6	5	5	3	3	3	2	0

CUADRO No.1.5.E  
CALIFICACION DE LAS POBLACIONES

c) Selección de comunidades rurales:

En el cuadro No.I.6, aparecen las comunidades en orden de prioridad de acuerdo con el punteo obtenido. Se incluye también la demanda actual estimada y la demanda proyectada al año 2003. Las poblaciones que en la columna de demanda actual tienen un asterisco, no serán incluidas dentro del proyecto.

No.	COMUNIDAD	PUNTEO	DEMANDA AÑO 1993	DEMANDA AÑO 2003
1	La Tinta	58	100	137
2	Telemán	58	69	95
3	Raxrujá	55	54	74
4	Campur	39	15	21
5	San Agustín	36	20	28
6	Chamil	33	10	14
7	Boloncó	30	6	9
8	Salacuim	26	2	*
9	Pasmolón	25	2	*
10	Balbatzul	25	2	*
11	Cojaj	23	2	*
12	Río Tzetoc	23	2	*
13	Chiacal	20	2	*
14	Rubelsanto	20	6	*
15	Sesuchaj	19	2	*
16	Sechactl	18	2	*
17	La Playa	18	10	14
18	Seamay	18	2	*
19	Chajmaic	18	2	*
20	Pocolá	17	2	*
21	Oxlajujá	15	2	*
22	Los Alpes	15	2	*
23	Playitas	13	2	*
24	Chiquixjl	13	*	*
25	La Isla	13	*	*
26	Baleu	13	*	*
27	Santa Elena	12	*	*
28	San Benito	11	*	*
29	Sesajaj	11	*	*
30	Chicobán	11	*	*
31	Chajaneb	10	*	*
32	El Rancho	9	*	*
33	Santa Lucía	9	*	*
34	Tierra Linda	8	*	*
35	El Naranjal	8	*	*
36	Samococh	6	*	*
37	Saxoc	6	*	*
38	Saholom	5	*	*
39	Yalpemech	5	*	*
40	Sarraxoch	3	*	*
41	Cahaboncito	3	*	*
42	Secocpur	3	*	*
43	Sonté	2	*	*
44	Chiborrom	0	*	*

CUADRO No.I.6  
CLASIFICACION DE LAS COMUNIDADES

En los casos de Rubelsanto, La Playa y San Benito, es necesario hacer los comentarios siguientes:

- Rubelsanto es un campamento para el personal que trabaja en la administración y operación de pozos de petróleo. Por tal motivo, diariamente hay en el campamento alrededor de noventa personas con residencia en la ciudad capital o Cobán. Además, a su costado existe un destacamento militar y enfrente, ventas de comida e insumos.
- La Playa es un cantón de Tukurú, que a pesar de ser parte del núcleo habitacional de éste, dista del pueblo dos kilómetros, razón por la cual, se estimó su demanda como parte de la cabecera municipal.
- San Benito es una comunidad que con base en el punteo obtenido no deberia incluirse en el proyecto. Sin embargo, existen siete beneficios de cardamomo y está situada sobre la franja transversal del norte a mitad del camino entre Rubelsanto y Playa Grande. Además, debido a que se encuentra en el cruce de caminos, es el centro de varias comunidades cercanas, cuenta con varios comedores y es parada de los transportistas de la región.

Se estimó la demanda telefónica catastral, en todas las comunidades rurales con características similares a una cabecera municipal. En el resto de comunidades, se consideró necesario brindar únicamente servicio comunitario.

La demanda al año 2,003, se estimó sumándole a la demanda actual el 37% de su valor al año 1,993, ya que éste es el crecimiento poblacional proyectado por el Departamento de Estudios Económicos de la División de Planeamiento y Diseño de GUATEL. No hubo otro criterio sobre el cual se debería basar la proyección.

## II. DESCRIPCION GENERAL DE LOS MEDIOS A EMPLEAR EN LA RED

### II.1 Modelo de la red rural:

En el diagrama No.II.1, se muestra el modelo general de red que se utilizará en el departamento de Alta Verapaz.

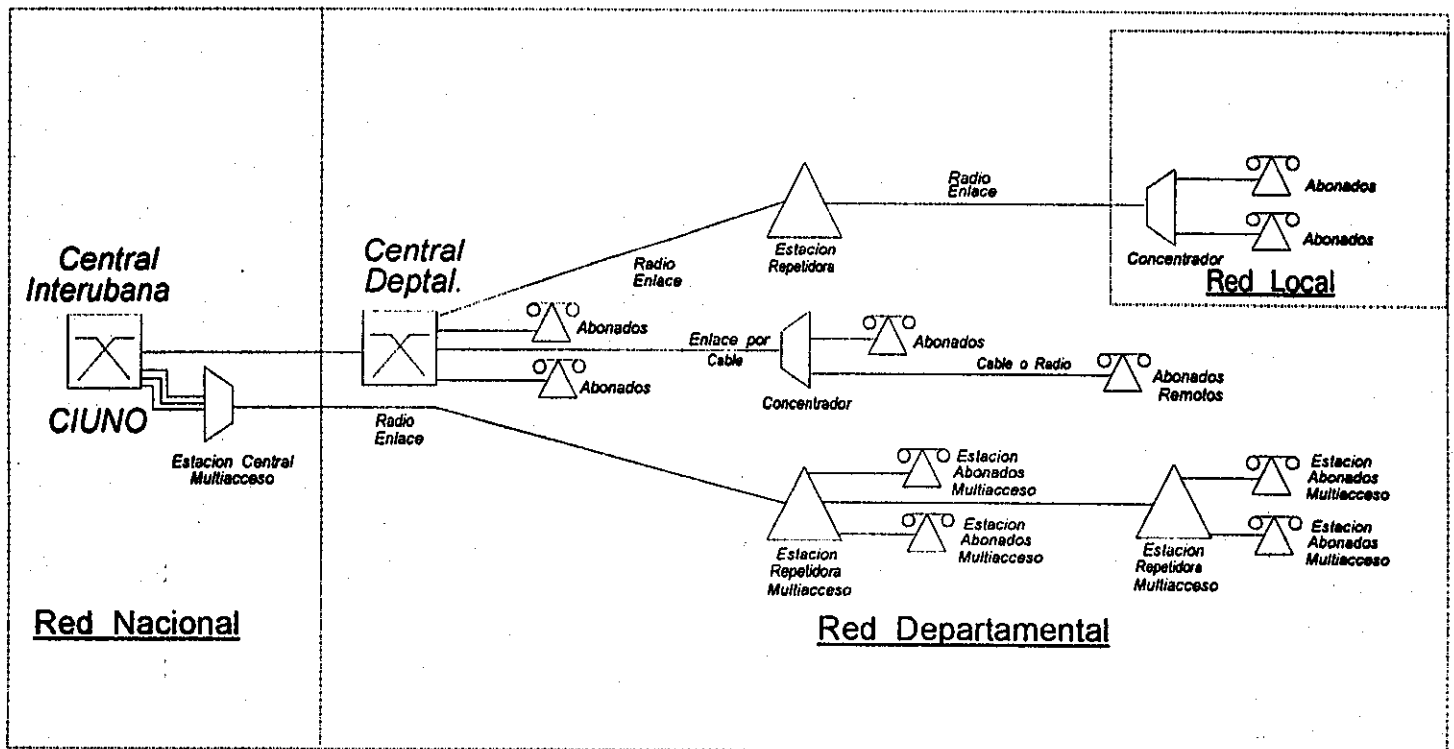


DIAGRAMA No.II.1

### MODELO DE RED RURAL

La red rural es parte de la red nacional, y de acuerdo con ello, en el modelo se indica la forma como se interconectará con la red nacional.

En el diagrama, se pueden apreciar las distintas funciones de conmutación y transmisión que existirán. En lo que se refiere a las funciones de conmutación, éstas existirán en la central local y en los concentradores ubicados en las poblaciones. Los concentradores de líneas no son propiamente equipos de conmutación, sino equipos que optimizan el uso de los sistemas de transmisión, a los cuales se les han agregado algunas funciones de conmutación. Las funciones de transmisión dependerán del medio de transmisión que se utilice, y éstos serán básicamente dos: cable y radio enlace digital.

El medio de transmisión por cable tendrá dos funciones: de acceso de abonados remotos a la central local o a los concentradores, y de enlace entre sistemas de conmutación. Para la función de acceso de abonados remotos, se utilizará cable multipar, y para la función de enlace entre sistemas de conmutación, fibra óptica o cable PCM.

Para el medio de transmisión por radio enlace digital, existirán dos funciones distintas que actuarán en paralelo dentro de la red. La primera consiste en establecer radio enlaces digitales entre dos puntos, con el fin de enlazar dos sistemas de conmutación o para permitir el acceso a la red de abonados remotos. La segunda consiste en establecer radio enlaces digitales entre un punto y múltiples puntos con terminales de línea o repetidores, por medio de sistemas de multiplexación por división de tiempo y acceso múltiple por división de tiempo.

El equipamiento necesario en la red, depende de las funciones de conmutación y medio de transmisión que se utilice.

## II.2 Radio enlace punto a punto:

En el diagrama de bloques No.II.2, se muestra la estructura general de una red de enlaces punto a punto.

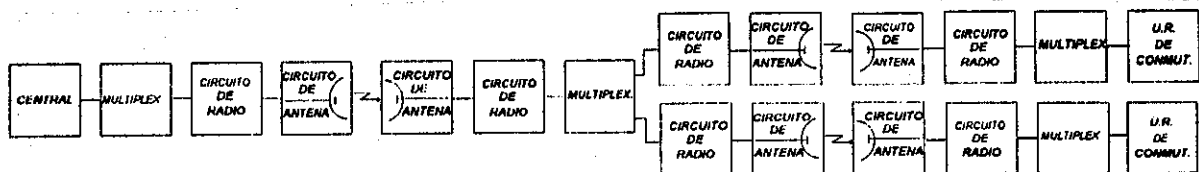


DIAGRAMA No.II.2  
ESTRUCTURA GENERAL DE UNA RED  
DE ENLACE PUNTO A PUNTO

La función dentro de cada bloque es la siguiente:

### a) Multiplexor digital:

La función de multiplexar consiste en unir varios flujos de información digital en uno solo de mayor velocidad. Los multiplexores realizan la multiplexación de una señal en un sentido y demultiplexación en sentido inverso, para lo cual efectúa las mismas funciones pero en orden inverso.

Están clasificados de acuerdo con la función que realizan por un número de orden. El Multiplexor de 1er. orden, recibe en el sentido de multiplexación 30 señales analógicas, las modula en pulsos codificados (PCM) a 64 kb/s, las multiplexa en un flujo de 2,048 kb/s y lo trasmite.

Los multiplexores de 2o. orden reciben 4 tributarios de 2,048 kb/s; los multiplexa en un sola trama de 8,448 kb/s y la trasmite.

Los multiplexores de 3er. orden reciben 4 tributarios de 8,448 kb/s; los multiplexa en un sola trama de 34,368 kb/s y la trasmite.

Los multiplexores de 2o.-3er. orden reciben 16 tributarios de 2,048 kb/s; los multiplexa en un sola trama de 34,368 kb/s y la trasmite.

Existen multiplexores de ordenes mayores, pero no se utilizarán en este proyecto.

En el proceso de multiplexación y demultiplexación, los equipos efectúan las siguientes funciones internas: adaptan el nivel de impedancia para la entrada y salida, efectúan una ecualización de la señal de línea, reciben el código de entrada HDB3 y lo convierten en NRZ, recuperan el reloj de entrada, reducen la fluctuación de fase entre los distintos tributarios, luego se envía el código de alineación de trama, se envían los bits de control de justificación, se envían los bits de justificación y se convierte el código NRZ en código HDB3 para la transmisión de la señal.

La cantidad de canales que puede ser transmitida en cada trama es: 30 canales en la trama de 2 Mb/s (2,048 kb/s), 120 canales en la trama de 8 Mb/s (8448 kb/s) y 480 canales en la trama de 34 Mb/s (34,368 kb/s).

b) Radio digital:

En el lado de transmisión del radio, ingresa una señal en banda base proveniente del Multiplexor en código HDB3 y dentro de éste se efectúan las funciones siguientes: se ecualiza la atenuación del circuito de interfase, se extrae el reloj de la trama, se convierte la señal a código NRZ, mediante la técnica de inserción de bit se entrelazan los canales principales con los canales de servicio, se aleatoriza la información, la señal se modula en MPSK, TCM o MQAM y se traslada a una frecuencia intermedia entre la frecuencia base y la radio frecuencia. La señal se traslada al nivel de radiofrecuencia por medio del circuito oscilador del radio, se amplifica y luego se filtra antes de salir.



En el lado de recepción, el proceso es similar pero en orden inverso, con la diferencia de que antes que la señal ingrese al demodulador, pasa por un circuito de control de ganancia de frecuencia intermedia, que compensa la diferencia de los niveles de potencia de la señal recibida, y de que la señal que se transmite al Demultiplexor es modulada en HDB3.

c) Circuito de antena:

El circuito de antena está constituido por tres módulos: el circuito de derivación (Branching, en inglés), un cable coaxial o una guía de onda y la antena.

La señal proveniente del circuito de radio ingresa al circuito de derivación por medio de un conector, luego pasa por un filtro pasabanda, del filtro la señal es guiada hacia los circuladores, los cuales permiten combinar o distribuir las señales de los distintos transmisores.

De los circuladores la señal, es guiada hacia un cable coaxial o una guía de onda, los cuales conducen la señal hasta la antena. El cable coaxial se utiliza para frecuencias inferiores a 3 GHz.

Las antenas que se utilizan son directivas con reflector parabólico, y sus diámetros y ganancias dependen de los requerimientos de cada enlace.

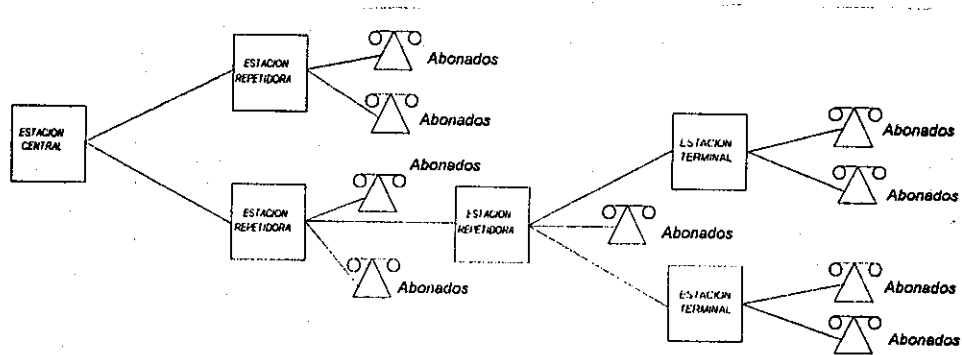
d) Equipo auxiliar, accesorios y requerimientos de montaje:

Para montar este equipo de transmisión en las localidades o repetidoras, se requiere de una fuente de energía eléctrica, sistema auxiliar de energía, aire acondicionado tipo ventana, área de terreno, caseta y una torre autosoportada para las antenas.

### II.3 Radio enlace digital punto multipunto (multiacceso):

La configuración general es la que se muestra en el diagrama No.II.3.

Los sistemas de radio enlace punto multipunto, tienen como característica principal, permitir con un mínimo de radio frecuencias, el acceso a la red de pequeños núcleos de abonados dispersos dentro de un área geográfica. Para realizar su función, en sentido descendente, emplea el sistema de multiplexación por división de tiempo (TDM) y en sentido ascendente, emplea el sistema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).



**DIAGRAMA No.II.3  
CONFIGURACION GENERAL DE UNA RED  
DE ENLACE PUNTO MULTIPUNTO**

El proceso de transmisión es el siguiente:

En la estación base, las señales provenientes de la central local ingresan a un concentrador de líneas, el cual tiene la función de servir de interfase entre toda la red de transmisión punto multipunto y la central local. El concentrador tiene circuitos a nivel de abonado en el lado de la central y uno o varios flujos de enlace a 2 Mb/s con la unidad de control de transmisión.

En la unidad de control de transmisión, a las señales que ingresan, se les extrae el reloj, se regeneran, modulan y multiplexan en el tiempo, en una banda de frecuencia entre 1.5 y 2.5 GHz. A dichas señales, se les insertan las señales de servicio, supervisión y mantenimiento. Luego, se transmiten hacia las diversas estaciones repetidoras o hacia las estaciones de abonado.

En la estación repetidora, la señal proveniente de la estación base, se regenera y transmite hacia las estaciones de abonado o hacia otra repetidora, en una frecuencia distinta a la de llegada.

En la estación de abonado, la señal proveniente de la estación base o de la estación repetidora, se regenera y demultiplexa a nivel de abonado.

El proceso de transmisión desde el abonado hacia la central es similar al descrito anteriormente, pero con orden de operación inverso, y en ambos casos, el acceso hacia o desde las distintas estaciones de la red, se realiza en forma secuencial y con intervalos de tiempo definidos, los cuales se asignan y

controlan desde la unidad de control de la estación central.

Debido a que en las estaciones base y repetidoras, se deberán entrelazar dentro de la trama TDM, señales provenientes de diferentes lugares, y por ende con distintos retardos de transmisión, existen en ellas dos controles de ajuste de demora: el primero, de tipo manual, se emplea en la fase de montaje y prueba, y el segundo, de tipo automático, se emplea en la fase de operación.

Las principales ventajas que se obtienen de la utilización de este tipo de sistemas, son: bajo costo, optimización del uso de las bandas de radio frecuencia y facilidades de montaje.

El bajo costo del sistema y su facilidad de montaje, se debe a que: las distintas estaciones requieren un área mínima de construcción para la instalación del equipo y no requieren sistemas de aire acondicionado; las estaciones repetidoras utilizan una sola antena omnidireccional para radiar hacia todas las estaciones de abonado; el equipo tiene la facilidad de crecer en forma modular a partir de un equipamiento base; tienen un bajo consumo de energía eléctrica, por lo que, los equipos se pueden alimentar de manera sencilla, con una pequeña fuente de energía solar; y las distintas antenas, en la mayoría de los casos, no requerirán de torres autosoportadas sino de mástiles.

La optimización del uso de las bandas de radio frecuencias se debe al hecho de utilizar los sistemas TDM y TDMA.

#### II.4 Enlace por cable de fibra óptica:

La configuración general de un enlace por cable de fibra óptica se muestra en el diagrama de bloques No.II.4.

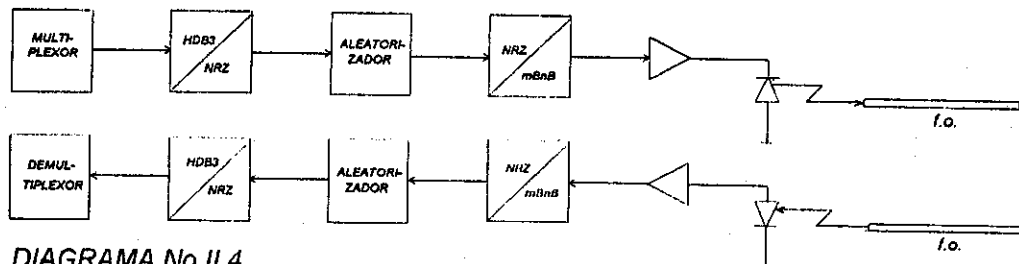


DIAGRAMA No.II.4  
CONFIGURACION GENERAL DE UN ENLACE  
CON CABLE DE FIBRA OPTICA

En el diagrama de bloques, los multiplexores son iguales a los descritos para un radio enlace punto a punto, por lo que describiremos el enlace a partir de la terminal transmisora/receptora de fibra óptica.

La señal proveniente del multiplexor ingresa a un codificador/decodificador, en el cual se codifica en NRZ; luego, se envía a un aleatorizador para evitar secuencias prolongadas de ceros, y seguidamente se ingresa a un codificador/decodificador del tipo mBnB, apropiado para la transmisión por fibra óptica.

La señal proveniente del segundo codificador/decodificador se ingresa a un amplificador y luego a un transductor electro-óptico que transforma la señal eléctrica de entrada en una señal óptica, para transmitirla hacia el otro extremo a través de la fibra óptica.

En la terminal receptora, la señal óptica de llegada se transforma en una señal eléctrica por medio de un transductor electro-óptico de recepción. Luego, sufre un proceso de decodificación similar al del terminal transmisor pero en orden inverso.

El tipo de fibra óptica que se usará será monomodo, apropiada para operar en la segunda ventana óptica (1.3  $\mu\text{m}$ ) y sus características específicas de transmisión y construcción dependerán de cada fabricante, pero deberán de tener valores cercanos a los siguientes: diámetro del núcleo 6  $\mu\text{m}$ , diámetro del revestimiento 125  $\mu\text{m}$ , atenuación inferior a 1 dB/km y un ancho de banda de 10 GHz/km.

Al igual que la fibra, los detalles constructivos del cable dependen de cada fabricante, pero en general, deberá ser apropiado para instalarlo directamente enterrado. Contará con un núcleo de cable de acero alrededor del cual irán las fibras, las cuales llevarán recubrimiento primario del tipo adherente. El conjunto de fibras y núcleo tendrá una cubierta interior de acero y una cubierta exterior de cloruro de polivinilo (PVC) o polietileno (PE). El espacio intersticial entre las fibras y la cubierta deberá ser relleno con un compuesto apropiado.

De igual manera, los detalles constructivos de los terminales transmisores y receptores dependen de cada fabricante, pero el transmisor deberá de ser de tipo láser, con características de emisión cercanas a las siguientes: longitud de onda de los fotones emitidos entre 0.8 y 0.9  $\mu\text{m}$ , potencia óptica transmitida entre 5 y 8 mW, pérdidas de acoplamiento inferiores a 5 dB y un ancho espectral menor a 2 nm. Asimismo, el receptor estará constituido por un fotodiodo de avalancha (APD), el cual deberá tener potencias umbrales de recepción cercanas a las siguientes: -47 dBm para velocidad de transmisión de 2 Mb/s, -45 dBm para velocidad de transmisión de 8 Mb/s y -43 dBm para velocidad de transmisión de 34 Mb/s. En este proyecto, no se utilizarán velocidades mayores a las mencionadas.

## II.5 Distribución por cable multipar de cobre:

La configuración general de distribución por cable multipar de cobre se muestra en el diagrama No.II.5.

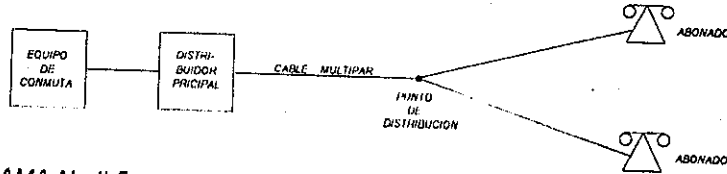


DIAGRAMA No.II.5  
CONFIGURACION GENERAL DE  
DISTRIBUCION POR CABLE MULTIPAR

La señal proveniente de una unidad de conmutación (central, concentrador de líneas o unidad remota), ingresa a un distribuidor principal a nivel de abonado. El distribuidor posee dos tipos de regletas: en las primeras se conectan las líneas provenientes de la unidad de conmutación, y en las segundas se conectan los cables multipares que van hacia el abonado. Los abonados se unen a la unidad de conmutación por medio de puentes entre las distintas conectores de las regletas.

Los cables multipares, salen de la central y llevan la señal hasta un punto de distribución, desde donde se conecta el terminal de abonado a través de un cable con un par de hilos de cobre.

Los cables multipares de cobre que se utilizarán en el proyecto, se clasifican de acuerdo con sus características de montaje en: cable para uso directamente enterrado y cable para uso aéreo.

La estructura constructiva general de los cables que se van a utilizar es la siguiente: los conductores de cobre se aíslan con polietileno, se entorchan en pares, y se colocan en capas concéntricas de 10 pares para conformar las distintas unidades que forman el núcleo del cable. Si el cable es para uso aéreo, se cubre el núcleo con una pantalla de aluminio, y si es para uso enterrado con una cubierta de aluminio y otra de acero, la pantalla se cubre con una capa de polietileno o PVC. En los cables para uso directamente enterrado, los espacios intersticiales del núcleo se inundan con una jalea de petróleo. Los cables para uso aéreo tienen un cable guía de acero, el cual va cubierto conjuntamente con el núcleo con la capa de polietileno o PVC.

Las capacidades de los cables que se utilizarán en el proyecto son: 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150 y 200 pares para cables aéreos, y 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400 y 600 pares para cables enterrados.

Las características eléctricas de los cables dependen del diámetro de los conductores y de las características constructivas propias de cada fabricante. En el proyecto, se usarán conductores con diámetros de 0.4, 0.65 y 0.91 milímetros para los cables directamente enterrados, y 0.4 y 0.65 milímetros para los cables aéreos. Las características aproximadas de éstos serán las que se muestran en el cuadro No.II.1.

Diámetro del conductor (mm)	Resistencia c.c. ohm/km	Capacitancia Mutua uF/km	Impedancia Carac. a 800 Hz ohms	Atenuacion a 800 Hz dB/km
0.4	285.4	0.056	1,029	1.73
0.65	108.0	0.056	633	1.06
0.91	56.4	0.056	458	0.75

CUADRO No.II.1

CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LOS CABLES

Los puntos de distribución estarán constituidos por cajas terminales especiales, las cuales poseen la característica de permitir el ingreso de un cable multipar, y permitir el egreso hasta de 10 cables de un par, efectuar los empalmes de los cables en su interior, ser herméticos y soportar las condiciones del medio ambiente.

En el proceso de montaje del cable, se hace necesario efectuar empalmes en el trayecto, para lo cual se usarán conectores especiales. Dichos conectores se cubrirán con un material aislante a la humedad y se encapsularán en un contenedor especial.

II.6 Enlace por cable PCM:

La configuración general de un enlace por cable PCM es la que se muestra en el diagrama de bloques de la figura II.6.

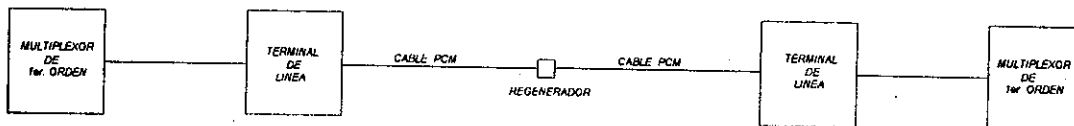


DIAGRAMA No.II.6  
CONFIGURACION GENERAL  
DE UN ENLACE POR CABLE PCM

La señal proveniente del multiplexor de 1er. orden ingresa a una terminal de línea, la cual, en el lado transmisor, adapta las impedancias, alimenta los regeneradores de línea, y regenera, amplifica y trasmite la señal.

Los regeneradores de línea, al igual que las terminales de línea en el lado receptor, reciben la señal, adaptan las impedancias, corrigen el corrimiento de fase, y regeneran, amplifican y transmiten la señal.

Las características constructivas y eléctricas de este cable, son similares a las del cable multipar, con la diferencia de que éstos poseen un blindaje interior de aluminio, el cual separa los conductores de ida y regreso del cable, con el fin de disminuir el efecto de diafonía entre conductores, el cual es considerable en las frecuencias de transmisión PCM.

Los diámetros de los conductores que se utilizarán en el proyecto serán 0.65 y 0.91 milímetros, y la capacidad de pares del cable de 10, 20 y 30 pares. Asimismo, el cable podrá ser adecuado para uso directamente enterrado o aéreo.

## II.7 Concentradores de líneas:

Los concentradores de líneas son equipos de conmutación que poseen la función de optimizar el uso de los medios de transmisión, al permitir la conexión de varios terminales a nivel de abonado e interconectarlos con la central a nivel de selector de grupo por medio de canales troncales. El concentrador de línea genera también, a nivel local, todos los tonos de línea de abonado.

La capacidad de los concentradores de líneas que se utilizarán en el proyecto serán de 128 y 256 abonados.

### III. ENRUTAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

#### Introducción:

En este capítulo, se determinará la forma en que se le dará servicio a las comunidades seleccionadas, los puntos de transmisión, recepción y repetición, la magnitud de los enlaces, la magnitud de los sistemas de conmutación, la cantidad de equipo que se necesitará y el equipo que va a ser trasladado.

#### III.1 Premisas que se deben cumplir:

La red resultante deberá ser lo más sencilla y económica posible; tener la mayor calidad posible en cuanto a su grado de accesibilidad, retenibilidad de la comunicación y fiabilidad de utilización; ser capaz de cubrir la demanda futura estimada para las comunidades; utilizar al máximo la infraestructura existente; minimizar la cantidad de cambios en la red existente y minimizar los problemas de mantenimiento.

#### III.2 Metodología empleada:

- a) Se determinó la red existente en el departamento.
- b) Se determinó a cuáles comunidades se les puede dar servicio por radio enlace digital desde una repetidora existente.
- c) Se analizaron varios nuevos puntos de repetición, determinando todas las comunidades que sería posible cubrir desde ellos y el tamaño de torres que se necesitaría.
- d) Se compararon los puntos de repetición y se determinaron cuáles serían los óptimos.
- e) Se realizó una inspección ocular, para determinar la factibilidad de montaje en los puntos de repetición seleccionados.
- f) Se establecieron las comunidades más cercanas a un centro de conmutación y que por ende es más factible darle servicio por cable multipar.
- g) Se analizó a que comunidades se les podría dar el servicio por cable PCM o cable de fibra óptica.
- h) Se hizo una evaluación económica entre las dos posibilidades de enlace por cable.



- i) Para las comunidades con dos o más opciones de enlace, se efectuó una evaluación económica para determinar la menos costosa.
- j) Se analizó y definió entre los servicios de radio enlace digital punto a punto y punto multipunto, cuál sería el más conveniente para cada comunidad, en función de economía y calidad de servicio.
- k) Se definió el enrutamiento, la magnitud de los enlaces y el equipamiento de conmutación.
- l) Se cuantificó la cantidad de equipo necesario para cada comunidad y para todo el departamento.

### III.3 Red existente:

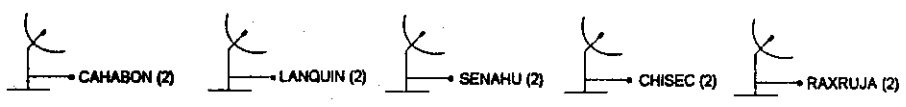
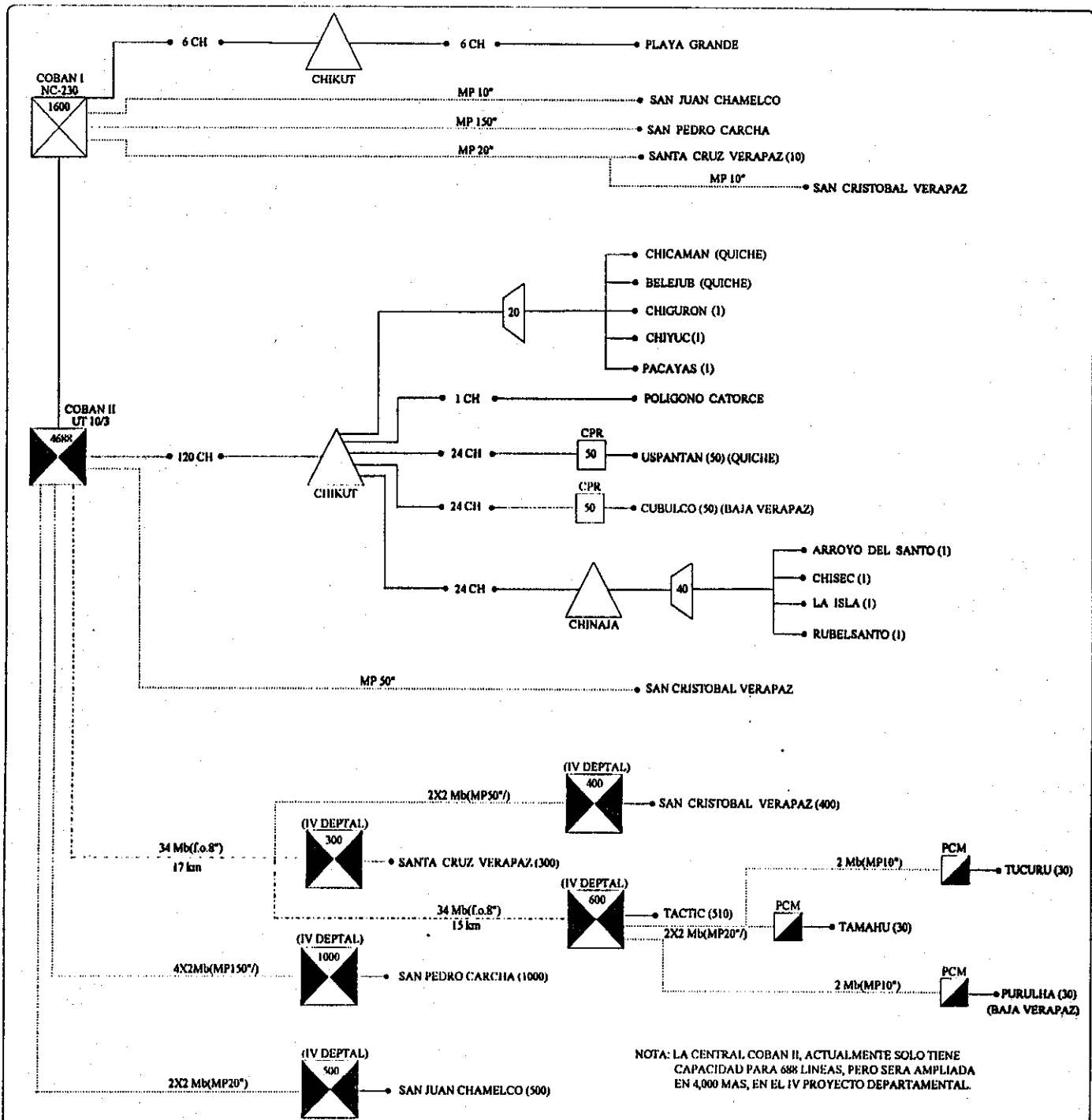
La red actual será modificada con el "IV Proyecto de Telecomunicaciones Departamentales" de GUATEL. La red existente se considerará tomando en cuenta dicho proyecto, dado que servirá de base y se ejecutará antes que el de telefonía rural. La red existente se muestra en el diagrama No.III.1. (La simbología utilizada en los diagramas de red, se muestra en el Anexo A)

Es de hacer notar, que debido a que la red que se propone en este proyecto es completamente digital y que todas las poblaciones del departamento se enrutarán hacia Cobán; de la red de radio transmisión sólo se utilizará la infraestructura de obra civil y energía existentes en las repetidoras. Las características de éstas se muestran en el cuadro No.III.1.

REPETIDORA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	TAMAÑO TORRE
Chikut	15°23'04"	90°03'53"	2,200 m	50.00 m
Chinajá	15°59'36"	90°14'15"	735 m	30.00 m

CUADRO No.III.1  
CARACTERISTICAS DE LAS REPETIDORAS EXISTENTES

En cuanto al diagrama de red existente, se debe aclarar que sólo existe un cable multipar de 150 pares entre Cobán y Carchá, y de 50 pares entre Cobán y San Cristóbal Verapaz, los cuales aparecen dos veces en el diagrama por estar efectuando doble función. Asimismo, debido a que el destino de los cables multipares existentes, son para poblaciones en las cuales se instalarán centrales en el "IV Proyecto Departamental", éstos se utilizarán para cubrir la demanda dispersa sobre las carreteras.



**RED EXISTENTE**

**DIAGRAMA No.III.1**

**USAC**  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: TELEFONIA RURAL IV FASE  
DIAGRAMA DE ENRUTAMIENTO  
**ALTA VERAPAZ**  
DISEÑO: HORACIO FERNANDEZ SOLORZANO  
DIBUJO: HORACIO FERNANDEZ SOLORZANO  
FECHA: JULIO 1, 1993    HOJA No. 1/1

El equipo NC-230 es una central analógica marca NEC. El equipo de la línea UT es una central digital marca Italtel.

Las centrales del "IV Proyecto de Telecomunicaciones Departamentales" serán digitales. No se indica la marca pues aún no se han adquirido.

Los equipos descritos por las siglas PCM son equipos compuestos por un multiplexor de 1er. orden y un terminal de línea PCM.

#### III.4 Evaluación de opciones de las rutas de enlace:

Para la correcta evaluación entre dos o más posibilidades de enlace, deben analizarse los factores siguientes: calidad de transmisión, factibilidad de montaje, costo de equipamiento, costo de montaje y costo de mantenimiento.

Los valores de costos de equipamiento y montaje que se utilizarán, son los utilizados por la División de Planeamiento y Diseño para evaluar sus proyectos.

En cuanto a los costos de mantenimiento, éstos no se tomaron en cuenta, ya que la División de Mantenimiento de GUATEL no cuenta con un historial estadístico. Sin embargo, cuando el caso lo amerite, se harán comentarios desde un punto de vista cualitativo.

##### a) Ubicación de nuevas repetidoras:

Debido a que las repetidoras existentes están ubicadas en la parte suroccidental y noroccidental del departamento, a la extensión y topografía del mismo, y a lo disperso de las poblaciones seleccionadas, se hace necesario habilitar nuevos puntos de repetición para una expansión de telefonía rural.

Debido al difícil acceso que por lo general tienen los lugares adecuados para repetidoras y que éstas requieren de camino de acceso, suministro de energía e infraestructura de obra civil, habilitar un punto de repetidora trae consigo grandes problemas de construcción, y por ende altos costos en la expansión de una red de transmisión. Por estas razones, se hace necesario un meticoloso estudio de los puntos adecuados para nuevas repetidoras, con el fin de minimizar su cantidad y costo.

En concordancia con lo expuesto, como primer paso para el estudio de habilitación de nuevas repetidoras, se realizaron perfiles topográficos desde las repetidoras existentes hacia todas las poblaciones que tuviesen alguna posibilidad de ser

enlazadas a través de estas.

Se determinó que desde Chikut, pueden ser enlazadas Chamil y Pocolá; asimismo, que desde Chinajá pueden ser enlazadas Chisec, Rubelsanto, Playitas y San Benito.

Los perfiles topográficos para estos enlaces se muestran en el Anexo B.

En vista de que la mayoría de las poblaciones no pueden ser enlazadas desde las repetidoras existentes, se estudiaron como posibles puntos de repetición los lugares que se muestran en el cuadro No.III.2.

REPETIDORA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Cana Itzam	15°36'10"	89°54'45"	1,439 m
Piedras Blancas	15°24'14"	89°54'45"	1,940 m
Yalijux	15°23'47"	90°02'58"	2,436 m
Sacranix	15°30'36"	90°25'19"	1,904 m

CUADRO No.III.2  
CARACTERISTICAS DE POSIBLES  
PUNTOS DE REPETIDORAS

Las poblaciones que es posible enlazar desde estos puntos son:

Desde Cana Itzam: Cahabón, Lanquín, Chahal, Raxrujá y Boloncó.

Desde Piedras Blancas: Senahú, La Tinta, Telemán, Cojaj, Pocolá y Los Alpes.

Desde Yalijux: Cojaj.

Y Desde Sacranix: Chamil, Balbatzul y Sesuchaj.

Como se puede ver, Yalijux queda descartado, pues únicamente se le puede dar servicio a una población. En el mismo caso, se encuentra Sacranix, pues aunque le puede dar servicio a tres poblaciones, Chamil puede ser enlazado desde Chikut y es demasiado oneroso habilitar una repetidora para dos comunidades pequeñas.

Los casos de Piedras Blancas y Cana Itzam, merecen especial atención:

a.1) Piedras Blancas:

Dado que desde este punto es posible enlazar una cabecera municipal y las dos aldeas más importantes del departamento,

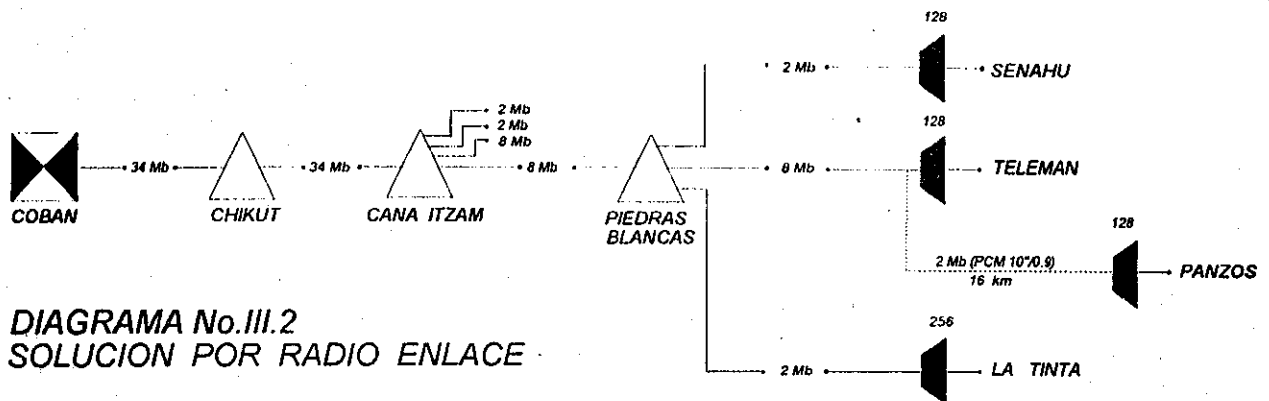
se analizó la forma como ésta se integraría a la red, y se comprobó que deberá ser enlazada con Cobán a través de una repetidora ubicada en Cana Itzam, por lo que su factibilidad de habilitación depende de la factibilidad de habilitación de Cana Itzam.

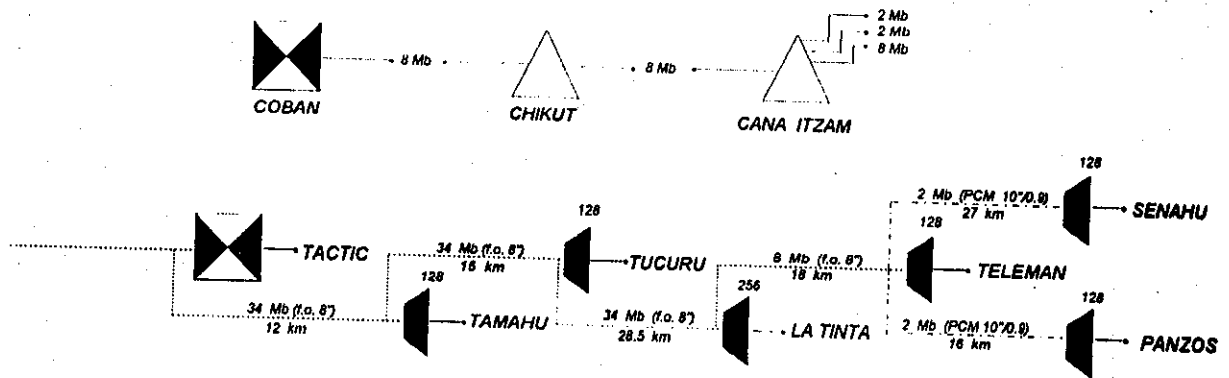
Como siguiente paso de análisis, se efectuó una inspección visual del lugar, en la que se comprobó que se encuentra alejado del camino de acceso más cercano, aproximadamente 6 km; la red de energía eléctrica se encuentra aproximadamente a 15 km y además, que éste es un lugar de selva tupida con árboles de alrededor de 20 m. de alto. Todas estas circunstancias implican una alta dificultad de montaje y un alto costo, razones por las cuales, previo a quedar definido como punto de repetidora, se analizó la posibilidad de solución para estas poblaciones a través de una red de fibra óptica.

Las razones en que se sustentó la posibilidad de solución a través de fibra óptica, se basa en el hecho que en el IV Proyecto Departamental, la población de Tactic será enlazada con Cobán por medio de un cable de fibra óptica, y que partiendo de esta población, sobre la misma ruta se encuentran Tamahú, Tukurú, La Tinta y Telemán. De Telemán a Senahú hay 27 km por una ruta y de Telemán a Panzós hay 16 km por otra ruta.

La solución por fibra óptica, plantea la posibilidad de montar un cable de 8 pares, desde Tactic a Telemán, con una distancia de 76 km y desde Telemán a Senahú un cable para PCM de 10 pares. Es de hacer ver que en ambas soluciones, Panzós será enlazado con cable para PCM desde Telemán, debido a que ésta es la única posibilidad que se tiene para su integración a la red.

Los esquemas de enrutamiento para las dos posibles soluciones se muestran en los diagramas No.III.2 y No.III.3.





**DIAGRAMA No. III.3**  
**SOLUCION POR FIBRA OPTICA**

Para adoptar la solución más adecuada, fue necesario comparar los costos de ambas soluciones, utilizando los costos estimados de equipamiento de la División de Planeamiento y Diseño de GUATEL. No se tomaron en cuenta los costos comunes en ambas soluciones, tales como: unidades remotas, casetas para equipo, algunos multiplexores, etc. Los resultados se detallan a continuación:

Costo de la solución por radioenlace:

LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
<u>Cobán:</u>		
Radio Tx/Rx de 34 Mb	1	49,410.00
Multiplexor de 2 a 34 Mb	1	<u>10,958.00</u>
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>60,368.00</u></b>
<u>Repetidora en Chikut:</u>		
Radio Tx/Rx de 34 Mb	2	<u>98,820.00</u>
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>98,820.00</u></b>
<u>Repetidora en Cana Itzam:</u>		
Radio Tx/Rx de 34 Mb	1	49,410.00
Antena	1	6,193.00
Alimentadores	20 m	580.00
Conectores	2	988.00
Multiplexores de 2 a 34 Mb	1	<u>10,958.00</u>
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>68,129.00</u></b>
<u>Repetidora en Piedras Blancas:</u>		
Radio Tx/Rx de 8 Mb.	2	70,188.00
Radio Tx/Rx de 2 Mb.	2	62,938.00
Antenas	4	24,772.00

LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
Alimentadores	100 m	2,900.00
Conectores	8	3,952.00
Multiplexores de 2 a 8 Mb	2	17,964.00
Motor generador (10 kW)	1	17,000.00
Rectificadores		11,000.00
Banco de baterías		16,000.00
Reguladores		1,200.00
Sistema de tierra		150.00
Aire acondicionado		4,165.00
Montaje del sistema de energía		1,000.00
Línea de acometida eléctrica	15 km	60,000.00
Caseta	60 m <sup>2</sup>	90,000.00
Terreno	700 m <sup>2</sup>	840.00
Camino de acceso	6 km	1,200,000.00
Torre	30 m	10,650.00
Montaje de torre		<u>2,663.00</u>
		<u>TOTAL: 1,597,382.00</u>

Senahú:

Radio Tx/Rx de 2 Mb.	1	31,469.00
Antena	1	6,193.00
Alimentadores	20 m	580.00
Conectores	2	988.00
Cable aéreo 0.4 de 150 pares	1 km	3,476.00
Postes	20	9,440.00
Montaje de cable	1 km	443.00
Torre	30 m	10,500.00
Montaje de torre		<u>2,625.00</u>
		<u>TOTAL: 65,714.00</u>

La Tinta:

Radio Tx/Rx de 2 Mb.	1	31,469.00
Antena	1	6,193.00
Alimentadores	20 m	580.00
Conectores	2	988.00
Torre	30 m	10,500.00
Montaje de torre		<u>2,625.00</u>
		<u>TOTAL: 52,355.00</u>

Telemán:

Radio Tx/Rx de 8 Mb.	1	35,094.00
Antena	1	6,193.00
Alimentadores	20 m	580.00
Conectores	2	988.00
Cable aéreo 0.4 de 150 pares	0.5 km	1,738.00
C. Enterrado 0.4 de 150 pares	1.5 km	5,106.00
Montaje cable aéreo	0.5 km	222.00

LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
Montaje cable enterrado	1.5 km	3,729.00
Postes	10	4,720.00
Torre	30 m	10,500.00
Montaje de torre		<u>2,625.00</u>
	TOTAL:	<u>71,495.00</u>

GRAN TOTAL: 2,014,263.00

Se puede observar que en Senahú y Telemán existen costos relacionados con el montaje de cable multipar, porque la señal no entra directamente a las poblaciones sino a 1 km y 1.5 km respectivamente. Asimismo, es de resaltar que entre todos los rubros, el mayor costo lo constituye la construcción del camino de acceso.

Costos de la Red de Fibra Optica:

LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
Fibra óptica	74.5 km	196,680.00
Montaje de la fibra	74.5 km	238,400.00
Pozos Tipo VII	76	<u>11,856.00</u>
	TOTAL:	<u>446,936.00</u>

Cobán:

Radio Tx/Rx de 8 Mb	1	35,094.00
Multiplexor de 2 a 8 Mb	1	<u>8,982.00</u>
	TOTAL:	<u>44,076.00</u>

Repetidora en Chikut:

Radio Tx/Rx de 8 Mb.	2	<u>70,188.00</u>
	TOTAL:	<u>70,188.00</u>

Tactic:

Multiplexores de 2 a 34 Mb.	1	10,958.00
Terminales de línea de 34 Mb.	1	<u>5,460.00</u>
	TOTAL:	<u>16,418.00</u>

Tamahú:

Multiplexores de 2 a 34 Mb.	2	21,916.00
Terminales de línea de 34 Mb.	2	<u>10,920.00</u>
	TOTAL:	<u>32,836.00</u>



LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
<u>Tucurú:</u>		
Multiplexores de 2 a 34 Mb.	2	21,916.00
Terminales de línea de 34 Mb.	2	<u>10,920.00</u>
	TOTAL:	<u>32,836.00</u>
<u>La Tinta:</u>		
Multiplexores de 2 a 8 Mb.	1	8,982.00
Multiplexores de 2 a 34 Mb.	1	10,958.00
Terminales de línea de 8 Mb.	1	5,180.00
Terminales de línea de 34 Mb.	1	<u>5,460.00</u>
	TOTAL:	<u>30,580.00</u>
<u>Telemán:</u>		
Terminal de línea de 8 Mb.	1	5,180.00
Terminal de línea PCM	1	<u>2,741.00</u>
	TOTAL:	<u>7,921.00</u>
<u>Senahú:</u>		
Cable PCM, 10 pares, 0.9 E.	27 km	55,377.00
Montaje del cable	27 km	68,796.00
Terminal de línea PCM	1	2,741.00
Regeneradores de línea	12	4,656.00
Cajas para regeneradores	12	20,880.00
Pozos Tipo IV	12	8,232.00
Pozos Tipo VII	16	<u>2,496.00</u>
	TOTAL:	<u>163,178.00</u>
		<u>GRAN TOTAL: 844,969.00</u>

#### Ventajas de la solución con fibra óptica

Es más barata, tiene menores problemas y tiempo de montaje, mayor capacidad de crecimiento con un mínimo de inversión, menos problemas de mantenimiento preventivo y el equipo terminal en todos los casos estará instalado dentro del perímetro urbano.

#### Desventajas de la solución con fibra óptica

No es posible enlazar Cojaj y Los Alpes, presenta problemas para expandir el área de cobertura de la red a aldeas pequeñas, diseminadas y alejadas de las terminales de línea.

Tomando en cuenta todas las circunstancias mencionadas, se tomó la decisión de utilizar cable de fibra óptica.

a.2) Cana Itzam:

Desde este punto se pueden enlazar las cabeceras municipales de Lanquín, Cahabón y Chahal, y dos aldeas grandes: Raxrujá y Boloncó. Como se muestra en los perfiles topográficos del Anexo B.

En la inspección visual efectuada a Cana Itzam, se observaron problemas similares a Piedras Blancas, pues es necesario construir un camino de acceso de 6 km y una línea de energía eléctrica de 6 km. Se tienen, como atenuantes, la existencia de una vereda hasta aproximadamente 500 metros del punto, una vegetación poco densa, árboles de bajo tamaño y una área propicia para el aterrizaje de helicóptero cerca del punto; circunstancias todas que facilitan la labor de montaje.

Otro factor más, a favor de la habilitación de este punto, es el hecho que, a diferencia de Piedras Blancas, las poblaciones que desde este punto se enlazarán, no se encuentran en una sola ruta, sino diseminadas en un área bastante extensa; por lo que una solución por medio de fibra óptica no es factible.

El siguiente paso consistió en determinar la forma en que esta repetidora se integraría a la red de transmisión existente, para lo cual se efectuaron perfiles topográficos hacia Chikut y Cobán, y se determinó que sólo desde Chikut se puede efectuar el enlace, como se muestra en el perfil topográfico del Anexo B.

Con base en lo expuesto, se decidió habilitar este punto como repetidora, por lo que Lanquín, Cahabón, Chahal, Raxrujá y Boloncó, serán enlazadas desde ésta.

b) Definición del tipo de radioenlace para cada población:

Para las poblaciones que van a ser enlazadas por medio de radio se tienen dos posibilidades: la primera consiste en instalar en la población un concentrador de líneas que se enlazará con la repetidora por medio de un enlace punto a punto, y la segunda consiste en instalar en la población un equipo terminal de multiacceso que se enlazará con la repetidora por medio de un enlace punto multipunto.

Debido a que el costo por línea de abonado, al instalar equipo de conmutación, se incrementa a medida que las unidades se hacen más pequeñas y que una de las principales características de los equipos de multiacceso, es su bajo costo por línea para pequeños núcleos de abonados, se tomó la decisión de instalar concentradores únicamente de 128 y 256

abonados, y que las poblaciones con una demanda futura igual o inferior a 50 abonados fueran servidas a través de multiacceso.

Como ejemplo, se presenta la comparación de costos de las dos opciones para la población de Chisec:

PUNTO A PUNTO

RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
Concentrador	128 Ab.	50,000.00
Radio Tx/Rx de 2 Mb.	2	62,938.00
Antenas	2	12,386.00
Alimentadores	60 m.	1,740.00
Conectores	4	1,976.00
Acometida de energía		600.00
Banco de rectificadores		4,500.00
Banco de baterías		6,136.00
Reguladores		300.00
Sistema de tierra		120.00
Aire acondicionado		3,630.00
Caseta	20 m <sup>2</sup> .	12,000.00
Terreno	100 m <sup>2</sup> .	2,000.00
Torre	18 m.	3,750.00
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>162,076.00</u></b>

PUNTO MULTIPUNTO

RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
Estación de abonado	64 Ab.	40,271.24
Antena	1	2,171.00
Alimentadores	30 m.	990.00
Conectores	2	156.00
Acometida		400.00
Banco de rectificadores		2,500.00
Banco de baterías		310.00
Sistema de tierra		120.00
Regulador		310.00
Caseta	9 m <sup>2</sup> .	5,400.00
Terreno	20 m <sup>2</sup> .	400.00
Mástil	18 m.	1,250.00
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>54,278.24</u></b>

El costo por línea para el radio enlace punto a punto y concentrador es de \$1,266.22 /Ab y para el radio enlace punto multipunto es de \$848.10 /Ab. Se puede observar que además de quedar la red sobredimensionada, el radio enlace punto a punto y concentrador es más caro.

Con base en lo anteriormente expuesto, las poblaciones con radio enlace en las que se instalarán concentradores de líneas serán: Lanquín, Cahabón y Raxrujá; y en las que se instalarán estaciones de abonado de multiacceso serán: Chahal, Chisec, Boloncó, Playitas, Rubelsanto, San Benito, Chamil y Pocolá.

c) Selección de poblaciones que van a ser enlazadas con cable multipar:

La máxima distancia a la que un cable multipar puede dar servicio, sin degradar la calidad de transmisión, depende de la atenuación. De acuerdo con recomendaciones internacionales, la atenuación máxima permisible en el circuito de abonado es de 10 dB.

Utilizando los valores de atenuación de los cables multipares descritos en el capítulo II, tenemos que, para el cable de 0.4 mm de diámetro, la distancia máxima será de 5.78 km; para el cable de 0.65 mm de diámetro la distancia máxima será de 9.43 km, y para el cable de 0.91 mm de diámetro la distancia máxima será de 13.33 km. Sin embargo, debido a que la distancia máxima fue calculada con base en valores promedios y a que en esta no se incluye la atenuación en la acometida de abonado, será necesario en el proyecto, utilizar distancias más conservadoras, por lo que se utilizaran 4.5, 8 y 12.5 km como distancia máxima de servicio para los cables de 0.4, 0.65 y 0.91 mm respectivamente.

Las poblaciones que se encuentran dentro de la distancia que es posible cubrir con cable multipar se muestran en el cuadro No.III.3.

POBLACION	POBLACION CERCANA	DISTANCIA
San Agustín	Chahal	5 km
Sechactí	Boloncó	10 km
Pasmolón	Tactic	10 km
Chíacal	Tactic	4 km
Seamay	Senahú	2.5 km
Oxlajujá	Senahú	5.5 km
La Playa	Tucurú	2 km
Río Tzetoc	San Benito	5 km

CUADRO No.III.3

POBLACIONES QUE SE VAN A ENLAZAR CON CABLE MULTIPAR

Para éstas poblaciones, no se analizó alguna posibilidad más, pues es imposible enlazarlas por medio de radio enlace.

d) Selección de poblaciones que van a ser enlazadas con cable PCM:

Las poblaciones que son posibles de enlazar por medio de cable PCM se muestran en el cuadro No.III.4.

POBLACION	POBLACION CERCANA	DISTANCIA
Fray Bartolomé	Boloncó	18 km
Senahú	Telemán	27 km
Panzós	Telemán	16 km

CUADRO No.III.4  
POBLACIONES QUE SE VAN A ENLAZAR CON CABLE PCM

En lo que respecta a Senahú y Panzós, no se analizará alguna posibilidad más, pues no es factible enlazarlas por otro medio.

En lo que respecta a Fray Bartolomé Las Casas, existe como una posibilidad, la solución por medio de radio enlace punto a punto desde Raxrujá, razón por la cual se hace necesaria una comparación entre las dos opciones.

d.1) Fray Bartolomé Las Casas:

Esta población está contemplada dentro del "IV Proyecto de Telecomunicaciones Departamentales" de GUATEL, sin embargo, debido a la falta de una repetidora cercana, se encuentra enlazada con la red nacional a través de la repetidora de Canchacán en Petén, lo cual produce mucha atenuación de la señal, como consecuencia de lo lejano de esta repetidora. Considerando además, que poblaciones cercanas a ésta, serán integradas a la red a través de la nueva repetidora ubicada en Cana Itzam y que la población administrativa, social, económica y culturalmente está integrada a Alta Verapaz; dentro del proyecto, se hace necesario reenrutarla.

La primera opción consiste en instalar la estación de transmisión en Boloncó y luego enlazar Fray Bartolomé Las Casas a través de un cable para PCM, como se muestra en el diagrama No.III.4.

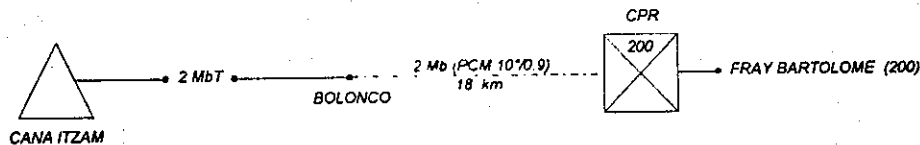
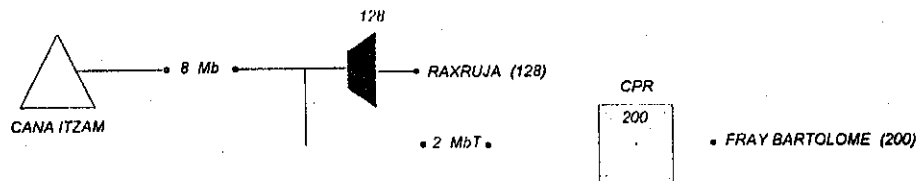


DIAGRAMA No.III.4  
ENLACE ENTRE CANA ITZAM Y FRAY BARTOLOME  
POR MEDIO DE UN CABLE PCM DESDE BOLONCO

La segunda opción contempla la posibilidad de instalar una repetidora en la estación de transmisión de Raxrujá, solución para la cual se hace necesario expresar la situación siguiente: Raxrujá tiene línea vista con Cana Itzam en dos puntos diferentes, cercanos a la población pero fuera del perímetro urbano; el primero, el más cercano y el que se utilizaría si desde esta población no se enlaza Fray Bartolomé Las Casas, se encuentra a 300 metros aproximadamente de la población, es necesario hacer una vereda de acceso y una acometida eléctrica de la misma longitud y desde éste no se tiene línea vista con Fray Bartolomé Las Casas. En el segundo, que se utilizaría para enlazar a Fray Bartolomé Las Casas, se encuentra a 600 metros aproximadamente de la población, para el cual es necesario hacer una vereda de acceso de 400 metros y una línea de acometida eléctrica de 600 metros. Esta opción se muestra en el diagrama No.III.5.



**DIAGRAMA No.III.5**  
**ENLACE ENTRE CANA ITZAM Y FRAY BARTOLOME**  
**POR MEDIO DE UN RADIO ENLACE DESDE RAXRUJA**

Los costos de la primera opción son los siguientes:

LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
<u>Boloncó:</u>		
Terminal de línea PCM	1	2,741.00
Caseta	11 m <sup>2</sup> .	6,600.00
Terreno	30 m <sup>2</sup> .	1,600.00
Torre	30 m.	<u>13,312.00</u>
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>24,253.00</u></b>
<u>Fray Bartolomé Las Casas:</u>		
Cable PCM, 10 pares, 0.9 Ent.	18 Km.	36,918.00
Montaje de cable	18 Km.	45,864.00
Pozos tipo VII	19	2,964.00
Regeneradores	9	3,492.00
Cajas para regeneradores	9	15,660.00
Terminal de línea PCM	1	<u>2,741.00</u>
	<b>TOTAL:</b>	<b><u>107,058.00</u></b>
	<b>GRAN TOTAL:</b>	<b><u>131,311.00</u></b>

Es necesario resaltar, que para Boloncó y Cana Itzam se supone que será trasladado el equipo de radio, energía y aire

acondicionado, y por tal razón no se toman en cuenta en los costos.

Los costos de la segunda opción son los siguientes:

LUGAR Y RUBROS	CANTIDAD	COSTO (\$)
<u>Cana Itzam:</u>		
Radio Tx/Rx de 8 Mb.	1	35,094.00
Multiplexor 2 a 8 Mb.	1	<u>8,982.00</u>
	TOTAL:	<u>44,076.00</u>
 <u>Raxrujá:</u>		
Radio Tx/Rx de 8 Mb.	1	35,094.00
Multiplexor de 2 a 8 Mb.	1	8,982.00
Antenas	1	6,193.00
Alimentadores	30 m.	870.00
Conectores	2	988.00
Acometida de energía	300 m.	1,200.00
Camino de acceso	100 m.	<u>20,000.00</u>
	TOTAL:	<u>73,327.00</u>
	GRAN TOTAL:	<u>117,403.00</u>

Es de hacer notar que para efecto de comparación de costos, sólo se tomaron en cuenta los rubros que varían entre una y otra solución. Por ejemplo, la distancia que se va a construir de camino de acceso y energía es la diferencia entre las dos soluciones.

Como se puede apreciar, el costo de la segunda opción es más bajo. Por tal razón, Fray Bartolomé Las Casas será reenrutado por medio de radio enlace a través de Raxrujá. El perfil topográfico de la solución se muestra en el Anexo B.

e) Solución a poblaciones de difícil integración a la red:

Salacuim, Los Alpes, Balbatzul, Campur, Cojaj, Sesuchaj y Chajmaic se encuentran aún sin ser integradas a la red por las razones siguientes:

No tienen línea vista con ninguna de la tres repetidoras del departamento.

Están demasiado alejadas de los lugares con equipo terminal de red para ser enlazadas por medio de cable.

Se decidió integrar Balbtzul, Campur, Cojaj, Sesuchaj y Chajmaic, por medio de satélite, por las razones siguientes: Una nueva repetidora resulta oneroso.

Los equipos de transmisión por satélite ubicados en Raxrujá, Lanquín, Cahabón, Chisec y Senahú, quedarán sin uso al desarrollarse este proyecto.

Es de resaltar que la demanda de Campur no será satisfecha debido a las circunstancias.

Se decidió incluir a Saholom en el proyecto con un teléfono comunitario y desde allí, instalar tres líneas en Salacuim por medio de un cable multipar, debido a las razones siguientes:

Tiene línea vista con la repetidora de Chikut.  
Dista de Salacuim 6 km.

La carretera que las une es apropiada para el montaje de cable directamente enterrado.

En Salacuim existe alcaldía auxiliar regional.  
Saholom fue estudiada en el proyecto.

Se decidió dejar a Los Alpes fuera del proyecto, debido a las razones siguientes:

Los Alpes es una finca privada.

El camino de acceso no es apropiado para el montaje de cable.

En el casco de la finca existe equipo de radio.

Con excepción de los administradores, la población únicamente habla quekchí.

f) Ubicación de las Antenas en las Poblaciones con Radio Enlace:

Las coordenadas geográficas, del lugar en que deberán instalarse las antenas para las estaciones terminales, se muestran en el cuadro No.III.5.

POBLACION	ALTURA DE ANTENAS (m)		UBICACION	
	Repetidora	Población	Latitud	Longitud
Lanquín	10	15	15°36'10"	89°54'45"
Cahabón	50	30	15°36'18"	89°48'53"
Raxrujá	15	15	15°51'44"	90°01'37"
Chahal	20	15	15°47'43"	89°36'36"
Boloncó	35	15	15°50'46"	89°44'26"
Fray Bartolomé	18	18	15°48'40"	89°52'32"
Chamil	20	15	15°24'53"	90°12'53"
Pocolá	10	15	15°33'34"	90°14'38"
Saholom	15	15	15°53'16"	90°44'25"
Playitas	20	15	16°00'43"	90°27'05"
Rubelsanto	10	15	15°59'24"	90°26'52"
Chisec	15	15	15°48'54"	90°17'36"
San Benito	25	18	15°56'35"	90°34'52"

CUADRO No.III.5  
CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS DE  
ESTACION TERMINAL EN LAS POBLACIONES



### III.5 Dimensionamiento de la red:

#### a) Concentradores de líneas:

Para dimensionar la capacidad que deben tener los concentradores de línea, se tomó la demanda proyectada a diez años de cada población y se le sumó la demanda de las poblaciones que estarán conectadas a ellas por medio de cable multipar. Con el resultado se eligió el concentrador de líneas de capacidad superior más cercana.

Los resultados se observan en el cuadro No.III.6.

POBLACION	DEMANDA AÑO 2,003	CAPACIDAD DE CONCENTRADOR
Cahabón	98	128 L.
Lanquín	70	128 L.
Panzós	59	128 L.
Senahú	109	128 L.
Tamahú	44	128 L.
Tucurú	87	128 L.
La Tinta	137	256 L.
Telemán	95	128 L.
Raxrujá	74	128 L.

CUADRO No.III.6  
CAPACIDAD DE LOS CONCENTRADORES DE LINEA

#### b) Equipo de multiacceso:

El equipo terminal de multiacceso es fabricado en módulos múltiples de 4 hasta 32 abonados y luego en múltiplos de 32. Tomando en consideración estas capacidades, para el equipo terminal de las poblaciones, se procedió de igual manera que para el dimensionamiento del equipo de conmutación. Los resultados se detallan en el cuadro No.III.7.

El equipo de repetidoras de multiacceso para Chinajá y Cana Itzam, se calculó con base en la suma de las cantidades de equipo terminal enlazadas con las mismas, y como Chinajá y Cana Itzam están enlazadas en la red departamental a través de Chikut, el equipo de multiacceso para ésta, se calculó con base en la suma total de equipo terminal para el departamento.

Tomando en cuenta los subtotales y el total del cuadro No.III.7, las capacidades de las repetidoras se muestran en el cuadro No.III.8.

POBLACION	DEMANDA AL AÑO 2,003	CAPACIDAD DE EQUIPO	ESTACION REPETIDORA
Chamil	14	20	Chikut
Pocolá	2	4	Chikut
Saholom	3	4	Chikut
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	
Boloncó	9	12	Cana Itzam
Chahal	24	32	Cana Itzam
San Agustín	28	32	Cana Itzam
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>61</b>	<b>76</b>	
Chisec	43	64	Chinajá
Rubelsanto	6	8	Chinajá
San Benito	3	4	Chinajá
Playitas	2	4	Chinajá
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>54</b>	<b>80</b>	
<b>TOTAL:</b>	<b>134</b>	<b>184</b>	

CUADRO No.III.7  
CAPACIDAD DE EQUIPOS TERMINALES DE MULTIACCESO

REPETIDORA	CAPACIDAD
Chinajá	128 Ab.
Cana Itzam	128 Ab.
Chikut	256 Ab.

CUADRO No.III.8  
CAPACIDAD DE REPETIDORAS  
DE MULTIACCESO

c) Red de Enlaces por PCM:

Para calcular la capacidad de los enlace para cada población con concentrador de líneas, se empleó el procedimiento siguiente:

Se determinó el tráfico promedio para un abonado rural, por medio de un listado de facturación de GUATEL. El resultado fue de 0.04 erlangs de tráfico saliente por abonado. Se estimó la misma cantidad de erlangs para el tráfico entrante y a la suma de los dos se le agregó 0.01 erlangs por abonado como factor de seguridad, lo cual arroja un total de 0.09 erlangs por abonado.

Con el tráfico estimado por abonado, se calculó el tráfico total para cada concentrador y con este dato se determinó la cantidad de canales necesarios por población, para una probabilidad de bloqueo del 1%, utilizando el modelo de Erlang B.

El resultado de los cálculos se muestra en el cuadro No.III.9.

NUMERO DE ABONADOS	TOTAL DE ERLANGS	NUMERO DE CANALES	NUMERO DE FLUJOS	VELOCIDAD DE FLUJOS
128	11.52	20	1	2 Mb/s
256	23.04	34	2	2 Mb/s
256	23.04	34	1	8 Mb/s

CUADRO No.III.9  
CAPACIDAD DE LOS ENLACES

Debido a que el tráfico promedio por abonado rural empleado es alto, los concentradores de línea no se ocupan a un 100%, que el equipamiento necesario para un radio enlace digital de 8 Mb/s o 2 radio enlaces digitales de 2 Mb/s, es bastante caro, se determinó que para los concentradores con capacidad de 256 líneas, se utilizarán 30 canales.

Con base en la cantidad de flujos necesarios por población, en cada punto de multiplexación, se procedió a sumar la cantidad de flujos entrantes y con el resultado se determinó la cantidad de flujos salientes y su velocidad.

d) Enlace por cable multiplexar:

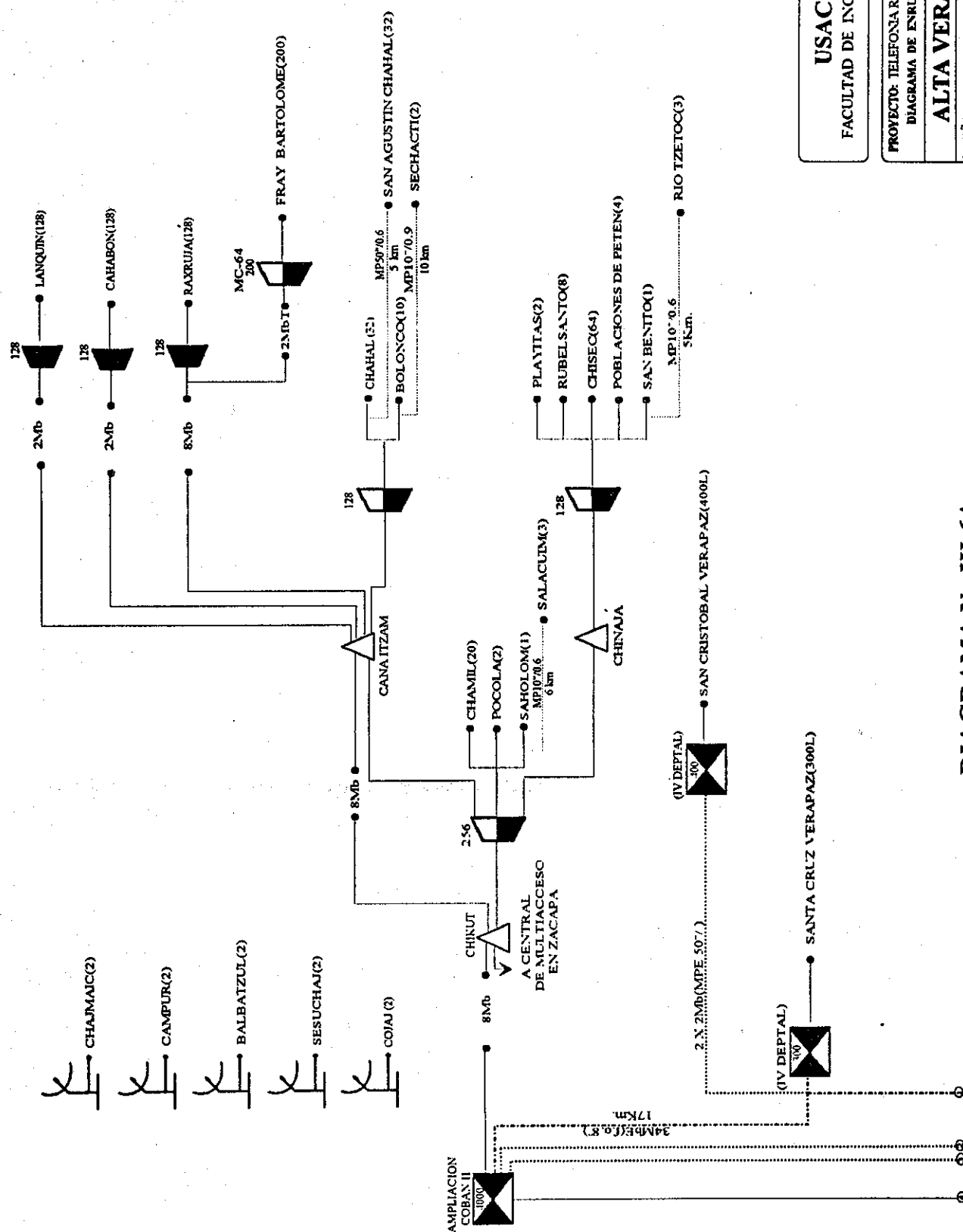
El máximo de ocupación que debe tener un cable multiplexar es el 80% de la totalidad de pares, pues el restante 20 % se reserva para su posible utilización por deterioro de los pares en uso.

Tomando en cuenta lo anterior, la cantidad de pares de los cables, se calculó multiplicando la capacidad que se va a instalar en cada población por 1.25.

### III.6 Resultados:

La red de telefonía rural resultante para el departamento se muestra en los diagramas No.III.6.

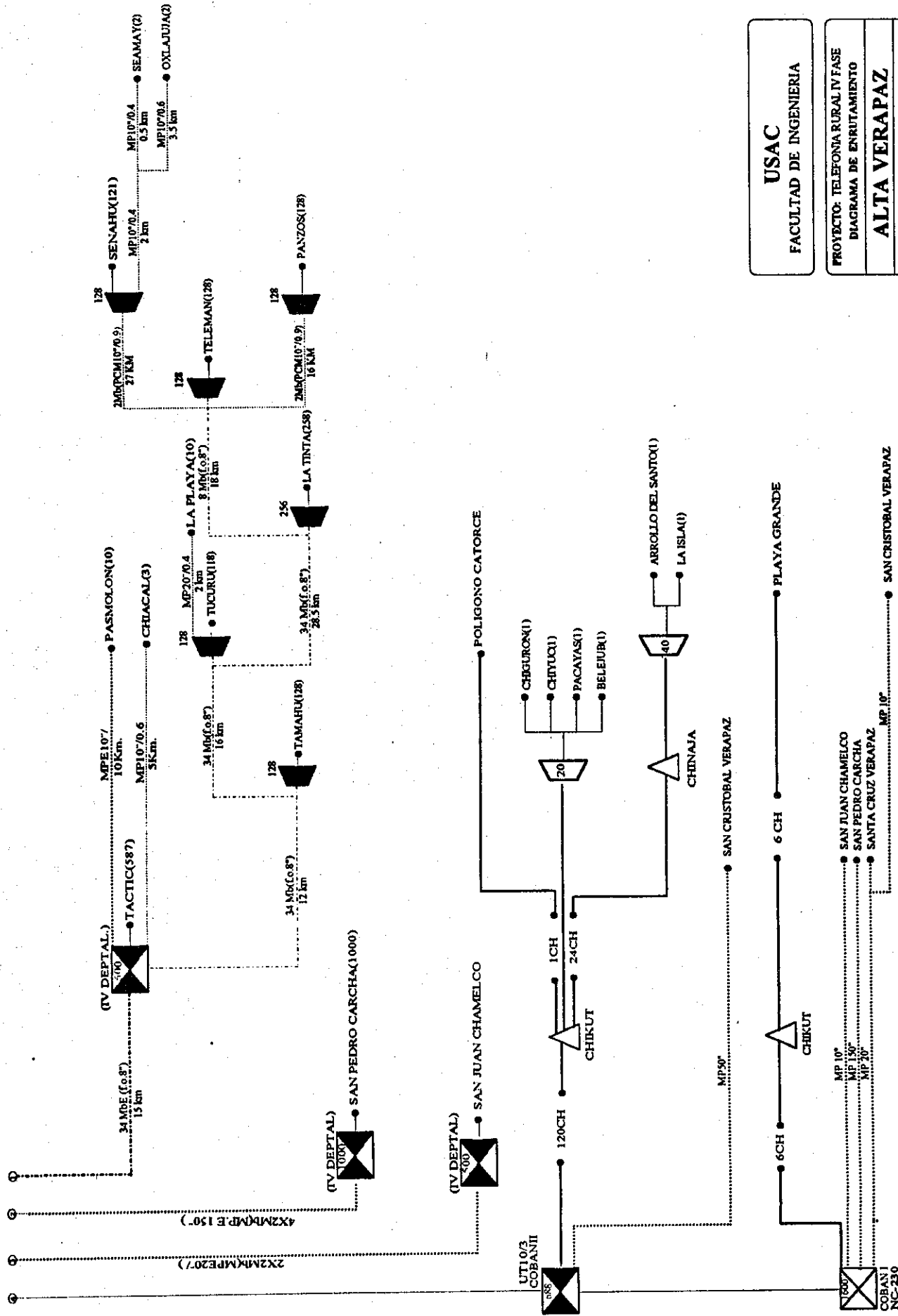
La cuantificación de materiales necesarios para el proyecto se muestra en los cuadros No.III.10.



**USAC**  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: TELEFONIA RURAL IV FASE  
DIAGRAMA DE ENRUTAMIENTO  
**ALTA VERAPAZ**  
DISEÑO: HORACIO FERNANDEZ SOLORIZANO  
DIBUJO: HORACIO FERNANDEZ SOLORIZANO  
FECHA: JULIO 1, 1993 HOJA No. 12

**DIAGRAMA No. III.6A**



**USAC**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

PROYECTO: TELEFONIA RURAL IV FASE  
 DIAGRAMA DE ENRUTAMIENTO  
**ALTA VERAPAZ**  
 DISEÑO: HORACIO FERNANDEZ SOLORIZANO  
 DIBUJO: HORACIO FERNANDEZ SOLORIZANO  
 FECHA: JULIO 1, 1993 | HOJA No. 22

**DIAGRAMA No.III.6B**

**PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
EQUIPAMIENTO REQUERIDO POR POBLACION  
CONMUTACION, PLANTA EXTERNA**

**DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ**

SITIO O POBLACION	CONMUTACION						PLANTA EXTERNA
	CENTRAL 500 L	UNIDAD REMOTA			CONCENT.	DIGITAL	LINEAS ABONADO
		300 L	350 L	400 L	128 L	256 L	
Cahabón					1		128
Chahal							32
Chisec							64
Lanquín					1		128
Panzós					1		128
Senahú					1		124
Tamahú					1		128
Tucurú					1		118
La Tinta						1	256
Telemán					1		128
Raxrujá					1		128
San Agustín Chahal							32
Campur							2
Chamil							20
Boloncó							10
Pásmolón							10
Balbatzul							2
Río Tzetoc							3
Rubelsanto							8
Salacuim							3
Chiacal							3
La Playa							10
Sechactí							2
Seamay							2
Chajmaic							2
Pocolá							2
Oxlajujá							2
Sesuchaj							2
Playitas							2
San Benito							1
Saholom							1
Cobán							
Tactic							
Chikut							
Chinajá							
Cana Itzam							
<b>TOTALES</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1481</b>

PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
EQUIPAMIENTO REQUERIDO POR POBLACION  
TRANSMISION

DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ

SITIO Ó POBLACION	MULTIACCESO																	
	RADIO Tx/Rx (Mb)				MULTIPLEX (ORDEN)				ESTACION CENTRAL	ESTACION REPETIDORA (Ab.)				ESTACION DE ABONADO (Ab)				
	0.7	2	8	34	1er	2o	3er	2o-3er		256	24	48	128	256	4	8	12	20
Cahabón		2																
Chahal																		1
Chisec																		1
Lanquín		2																
Panzós																		
Senahú																		
Tamahú																	2	
Tucurú																	2	
La Tinta						1		1										
Telemán						1												
Raxrujá			2			1												
San Agustín Chahal																		
Campur																		
Chamil																		1
Boloncó																1		
Pasmolón																		
Balbatzul																		
Río Tzetzoc																		
Rubelsanto																	1	
Salacuim																		
Chíacal																		
La Playa																		
Sechactí																		
Searmay																		
Chajmaic																		
Pocolá																	1	
Oxlajuja																		
Sesuchaj																		
Playitas																	1	
San Benito																	1	
Saholom																	1	
Cobán						1												
Tactic																	1	
Chikut			2														1	
Chinajá													1					
Canal Itzam			2			2							1					
<b>TOTALES</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

CUADRO No.III.10B

PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
EQUIPAMIENTO REQUERIDO POR POBLACION  
TRANSMISION

DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ

SITIO O POBLACION	SISTEMAS PCM POR CABLE / DISTRIBUCION POR CABLE						
	TERMINAL DE LINEA	REGENE-RADORES	CABLE		POSTES	POZOS	
			TIPO, CAP / CAL	LONGITUD (Km)		TIPO IV	TIPO VII
Senahú	2	12	PCM10"/0.9	27		12	16
Lanquín							
Cahabón							
Panzós	2	7	PCM10"/0.9	16		7	10
Tucurú							
Tamahú							
Chisec							
Chahal							
La Tinta							
Telemán							
Raxrujá							
San Agustín Chahal			MP50"/0.6	5			6
Campur							
Chamil							
Boloncó							
Pasmolón							
Balbatzul							
Río Tzetoc			MP10"/0.6	5	100		
Rubelsanto							
Salacuim			MP10"/0.6	6			7
Chíacal			MP10"/0.6	5	100		
La Playa			MP20"/0.4	2	40		
Sechactí			MP10"/0.9	10			11
Seamay			MP10"/0.4	2.5	50		
Chajmaic							
Pocolá							
Oxlajujá			MP10"/0.6	3.5	70		
Sesuchaj							
Playitas							
San Benito							
Saholóm							
Cobán							
Tactic							
Chikut							
Chinaja							
Cana Itzam							
<b>TOTALES</b>	<b>4</b>	<b>19</b>		<b>82</b>	<b>360</b>	<b>19</b>	<b>50</b>

CUADRO No.III.10C



PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
EQUIPAMIENTO REQUERIDO POR POBLACION  
TRANSMISION

DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ

SITIO O POBLACION	SISTEMAS PCM POR CABLE DE FIBRA OPTICA						
	TERMINAL DE LINEA	REGENE-RADORES	CABLE		POSTES	POZOS	
			CAPACIDAD	LONGITUD (Km)		TIPO IV	TIPO VII
Senahú							
Lanquín							
Cahabón							
Panzós							
Tucurú	2		8"	16		17	
Tamahú	2		8"	12		13	
Chisec							
Chahal							
La Tinta	2		8"	28.5		30	
Telemán	2		8"	18		19	
Raxrújá							
San Agustín Chahal							
Campur							
Chamil							
Boloncó							
Pasmolón							
Balbatzul							
Río Tzetoc							
Rubelsanto							
Salacuim							
Chíacal							
La Playa							
Sechactí							
Seamay							
Chajmaic							
Pocolá							
Oxlájujá							
Sesuchaj							
Playitas							
San Benito							
Sahólóm							
Cobán							
Tactic							
Chikut							
Chinaja							
Cana Itzam							
<b>TOTALES</b>	8	0		74.5	0	79	0

CUADRO No.III.10D

**PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
EQUIPAMIENTO REQUERIDO POR POBLACION  
ENERGIA, AIRE ACONDICIONADO**

DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ

SITIO O POBLACION	ENERGIA Y AIRE ACONDICIONADO							
	RECTIFI- CADOR	BANCO BATERIAS	MOTOR- GENER.	EXT. LINEA (Km)	SISTEMA TIERRA	PANEL SOLAR	REGULA.	AIRE ACONDIC.
Cahabón	1	1			1		1	1
Chahal	1	1			1		1	
Chisec	1	1			1		1	
Languín	1	1			1		1	1
Panzós	1	1			1		1	1
Senahú	1	1			1		1	1
Tamahú	1	1			1		1	1
Tucurú	1	1			1		1	1
La Tinta	1	1			1		1	1
Telemán	1	1			1		1	1
Raxrujá	1	1			1		1	1
San Agustín Chahal								
Campur								
Chamil		1			1	1	1	
Boloncó	1	1			1		1	
Pasmolón								
Balbatzul								
Río Tzetoc								
Rubelsanto	1	1			1		1	
Salacuim								
Chíacal								
La Playa								
Sechactí								
Seamay								
Chajmaic								
Pocolá		1			1	1	1	
Oxlajujá								
Sesuchaj								
Playitas		1			1	1	1	
San Benito		1			1	1	1	
Saholóm		1			1	1	1	
Cobán								
Tactic								
Chikut								
Chinajá								
Cana Itzam	3	1	1	6	1		1	1
<b>TOTALES</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>10</b>

CUADRO No.III.10E

PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
EQUIPAMIENTO REQUERIDO POR POBLACION  
OBRA CIVIL

DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ

SITIO O POBLACION	OBRA CIVIL														
	CASETA (m <sup>2</sup> )			TERRENO (m <sup>2</sup> )			CAMINO (Km)	TORRE AUTOSOP. (m)				TORRE ARRIO. (m)			MASTIL 18 m
	9	20	60	20	100	700		18	24	30	50	18	24	30	
Cahabón		1			1			1							
Chahal	1			1										1	
Chisec	1			1										1	
Lanquín		1			1			1							
Panzós		1			1										
Senahú		1			1										
Tamahú		1													
Tucurú		1													
La Tinta		1			1										
Telemán		1			1										
Raxrujá		1			1			1							
Sn. Agustín Chahal															
Campur	1				1										
Chamil	1				1									1	
Boloncó	1				1									1	
Pasmolón															
Balbatzul	1				1										
Río Tzetzoc															
Rubelsanto	1				1									1	
Salacuim															
Chiacal															
La Playa															
Sechactí															
Seamay															
Chajmaic	1				1										
Pocolá	1				1									1	
Oxlajuja															
Sesuchaj	1				1										
Playitas	1				1									1	
San Benito	1				1									1	
Saholóm	1				1									1	
Cobán															
Tactic															
Chikut															
Chinaja															
Cana Itzam			1			1	6				1				
<b>TOTALES</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>

CUADRO No.III.10F

## IV. DISEÑO

### Introducción:

En este capítulo, se ejemplificará la forma en que se diseñan los enlaces de transmisión, para lo cual se hará un diseño de cada tipo de enlace.

Debido a que en el proceso de diseño intervienen parámetros propios de los equipos y materiales que se usen y a que éstos difieren dependiendo del fabricante, en la realización de los diseños, se utilizarán parámetros medios internacionales o en su defecto los de un fabricante en particular.

### IV.1 Radio enlace digital Cana Itzam-Raxrujá:

#### a) Datos generales del enlace:

- Estación 1: Cana Itzam.
- Estación 2: Raxrujá.
- Coordenadas geográficas y altitud de Cana Itzam:
  - Latitud: 15°21'42"
  - Longitud: 89°32'51"
  - Altitud: 1,439 m
- Coordenadas geográficas y altitud de Raxrujá:
  - Latitud: 15°51'44"
  - Longitud: 90°01'37"
  - Altitud: 320 m
- Distancia plana entre Cana Itzam y Raxrujá: 31.2 km
- Velocidad del flujo digital: 8 Mb/s
- Frecuencia del enlace: 2 GHz
- Los datos del perfil topográfico del trayecto, se muestran en el cuadro No.IV.1.

#### b) Cálculo de las alturas de las antenas:

Para el cálculo de las alturas de las antenas, se debe tomar en cuenta la curvatura de la tierra y los fenómenos de refracción, difracción y reflexión de las ondas magnéticas.

La curvatura de la tierra tiene el efecto de realzar los obstáculos que se encuentran en la trayectoria del haz electromagnético.

DATO No.	DISTANCIA (km)	ALTURA (m)
1	0.00	1,439
2	1.00	1,120
3	2.00	1,080
4	2.90	1,280
5	4.00	960
6	5.00	1,080
7	6.20	1,040
8	7.30	1,020
9	8.00	780
10	9.00	700
11	10.00	720
12	10.90	800
13	12.10	640
14	13.00	280
15	13.70	440
16	14.00	280
17	15.00	180
18	16.00	180
19	17.00	200
20	18.00	300
21	19.00	280
22	20.10	460
23	21.00	280
24	21.90	320
25	23.00	240
26	23.80	380
27	24.80	180
28	25.70	340
29	26.00	200
30	27.00	160
31	27.90	200
32	29.10	320
33	30.00	180
34	30.65	320
35	31.20	320

CUADRO No.IV.1  
DATOS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO DEL TRAYECTO

El fenómeno de refracción provoca que el haz electromagnético se curve, lo cual puede representarse para efectos de cálculo, como un cambio en la curvatura de la tierra y por tal razón, el radio de curvatura de la tierra se multiplica por un factor K.

Debido a que el índice de refracción de la atmósfera depende de las condiciones climáticas de ésta, el valor de K varía constantemente, por lo que para el cálculo, se tomarán los valores extremos dentro de los cuales estará comprendido el valor de K en el 99.9 % del tiempo. Estos son:  $K=4/3$  para una atmósfera normal y  $K=2/3$  para una atmósfera subestandar.

El fenómeno de difracción en el haz electromagnético queda definido por medio de la familia de elipsoides de Fresnel, las que forman zonas circulares concéntricas dentro de las cuales quedan comprendidos los rayos difractados en fase y contrafase en forma alternada. Para que la pérdida de propagación del enlace posea un valor similar al que se tiene en el espacio libre, el espacio entre los obstáculos del trayecto y el centro del rayo incidente, debe ser mayor que el radio de la primera zona de Fresnel para una atmósfera  $K=4/3$  y 0.6 veces mayor para una atmósfera  $K=2/3$ .

El fenómeno de reflexión hará que bajo ciertas circunstancias, exista una onda reflejada en la superficie de la tierra que provoque interferencia en la antena receptora. Si el haz incidente está en fase con el haz reflejado, la interferencia será aditiva, pero si el haz incidente está en contrafase con el haz reflejado, la interferencia será sustractiva. Sin embargo, debido a que la fase de ambos haces depende de las condiciones atmosféricas, es preferible dentro del diseño del enlace, evitar el haz reflejado.

Debido a que se debe calcular la altura de las dos antenas y sólo se cuenta con una fórmula, y a que los radios de Fresnel varían con la distancia y que por lo tanto, no se conoce con exactitud cuál es el obstáculo que tiene el menor factor de claridad respecto al haz directo, el método de cálculo es un proceso repetitivo que generalmente se realiza por medio de programas para computadora. Sin embargo, a manera de ejemplo, éstas se calculará en forma manual.

El procedimiento que se seguirá será el siguiente:

- Se examinará el perfil topográfico del trayecto con el fin de determinar los posibles obstáculos (puntos críticos).
- Se efectuará el cálculo para cada uno de estos puntos para  $K=4/3$  y  $K=2/3$ .
- Para cada una de las combinaciones de los factores anteriores,

se efectuará el cálculo partiendo del supuesto de una altura de antena en la estación 2 igual a cero, se analizará el resultado y de acuerdo a éste se determinará la necesidad de efectuar un nuevo cálculo para una mayor altura de antena en la estación 2.

- Se determinará el punto del obstáculo crítico.

Las fórmulas que se utilizarán son las siguientes:

$$h_{a1} = \frac{D(h_o + h_s)}{d_2} - \frac{d_1(h_{E2} + h_{a2})}{d_2} + \frac{d_1 D}{2Ka} - h_{E1}$$

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 * d_2}{D}}$$

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

Donde:

$h_{a1}$  = altura de la antena en la estación 1 (en metros).

$h_{a2}$  = altura de la antena en la estación 2 (en metros).

$h_s$  = altura del obstáculo sobre el nivel del mar (en metros).

$h_{E1}$  = altura de la estación 1 sobre el nivel del mar en (metros).

$h_{E2}$  = altura de la estación 2 sobre el nivel del mar en (metros).

D = distancia entre la dos estaciones (en metros).

$d_1$  = distancia de la estación 1 al obtáculo (en metros).

$d_2$  = distancia de la estación 2 al obtáculo (en metros).

a = radio de la tierra ( $6.37 \times 10^6$  m).

$h_o$  = radio de la primera zona de Fresnel.

$\lambda$  = Longitud de onda.

C = velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s).

f = frecuencia de la banda de transmisión (en Hz).

Para el enlace la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^9} = 0.15 \text{ m}$$

Al observar los perfiles topográficos que se muestran en las figuras No.IV.1 y No.IV.2, se puede deducir que existen dos obstáculos que pueden ser el punto crítico, el primero a 2.9 km de Cana Itzam y el segundo a 30.65 km.

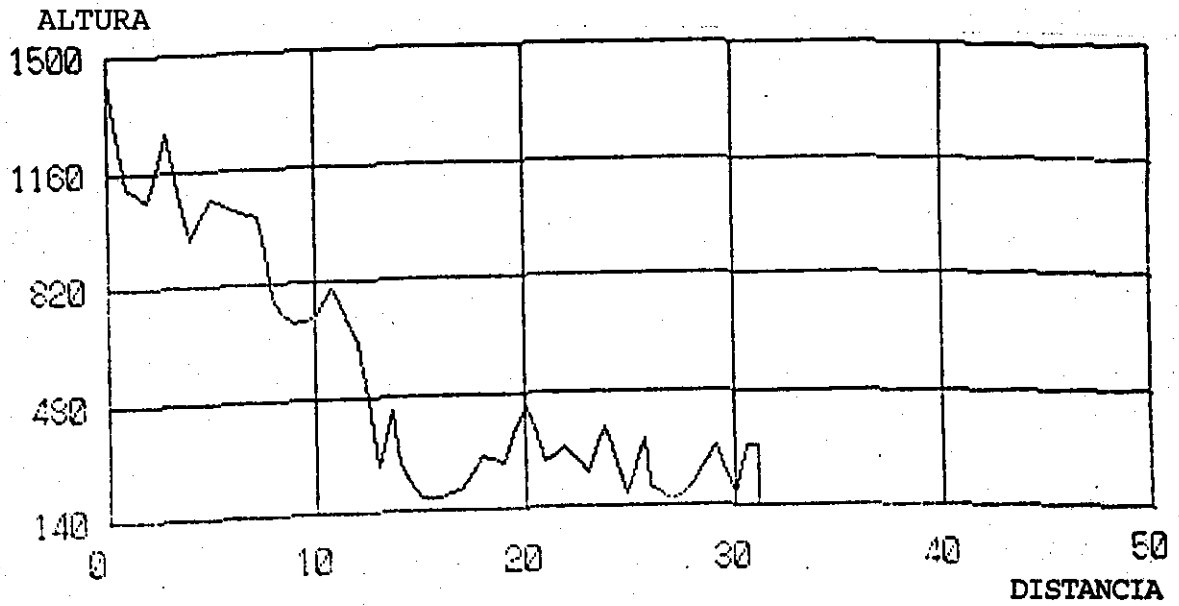


FIGURA No. IV.1  
 PERFIL TOPOGRAFICO PARA K=4/3

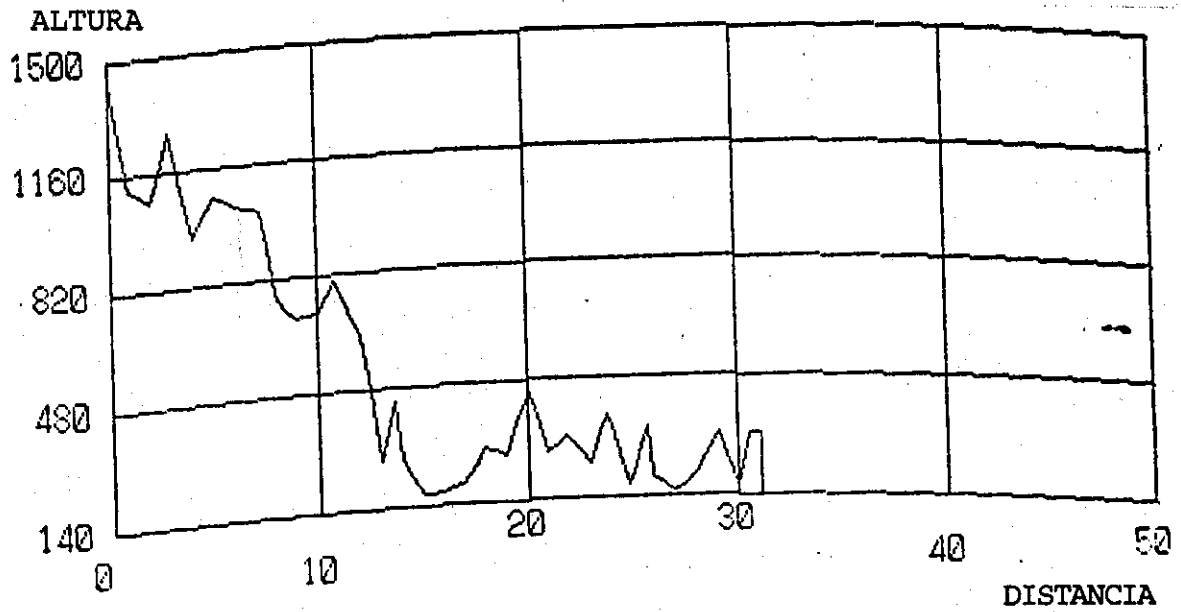


FIGURA No. IV.2  
 PERFIL TOPOGRAFICO PARA K=2/3



Cálculo de altura de antenas para el obstáculo a 2.9 km:

Datos para el cálculo:

$$h_s = 1,280 \text{ m.}$$

$$h_{E1} = 1,439 \text{ m.}$$

$$h_{E2} = 320 \text{ m.}$$

$$D = 31,200 \text{ m.}$$

$$d_1 = 2,900 \text{ m.}$$

$$d_2 = 28,300 \text{ m.}$$

$$a = (6.37 \times 10^6 \text{ m}).$$

Radio de la primera zona de Fresnel:

$$h_o = \sqrt{\frac{0.15 \cdot 2,900 \cdot 28,300}{31,200}}$$

$$h_o = 19.86 \text{ m}$$

Cálculo para la antena 1 cuando  $h_{a2}=0$  y  $K=4/3$ :

$$h_{a1} = \frac{31,200(19.86+1,280)}{28,300} - \frac{2,900(320+0)}{28,300} + \frac{2,900 \cdot 31,200}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6} - 1,439$$

$$h_{a1} = -33.4 \text{ m}$$

Cálculo para la antena 1 cuando  $h_{a2}=0$  y  $K=2/3$ :

$$h_{a1} = \frac{31,200(19.86+1,280)}{28,300} - \frac{2,900(320+0)}{28,300} + \frac{2,900 \cdot 31,200}{2 \cdot 2/3 \cdot 6.37 \times 10^6} - 1,439$$

$$h_{a1} = -28.08 \text{ m}$$

Como los resultados dan una altura negativa, este punto no obstaculiza la señal para alturas de antena de 0 m; por lo que no será necesario efectuar los cálculos para antenas a mayor altura.

Cálculo de altura de antenas para el obstáculo a 30.65 km:

Datos para el cálculo:

$$h_s = 320 \text{ m.}$$

$$h_{E1} = 1,439 \text{ m.}$$

$$h_{E2} = 320 \text{ m.}$$

$$D = 31.2 \text{ km.}$$

$$d_1 = 30.65 \text{ km.}$$

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

$$a = (6.37 \times 10^6).$$

Radio de la primera zona de Fresnel:

$$h_o = \sqrt{\frac{0.15 \times 30,650 \times 550}{31,200}} = 9 \text{ m}$$

Cálculo para la antena 1 cuando  $h_{a2}=0$  y  $K=4/3$ :

$$h_{a1} = \frac{31,200(9+320)}{550} - \frac{30,650(320+0)}{550} + \frac{30,650 \times 31,200}{2 \times 4/3 \times 6.37 \times 10^6} - 1,439$$

$$h_{a1} = -552.15 \text{ m}$$

Cálculo para la antena 1 cuando  $h_{a2}=0$  y  $K=2/3$ :

$$h_{a1} = \frac{31,200(9+320)}{550} - \frac{30,650(320+0)}{550} + \frac{30,650 \times 31,200}{2 \times 2/3 \times 6.37 \times 10^6} - 1,439$$

$$h_{a1} = -495.85 \text{ m}$$

Como los resultados dan una altura negativa, este punto no obstaculiza la señal para alturas de antena de 0 m; por lo que no será necesario efectuar los cálculos para antenas a mayor altura.

Cálculo del factor de claridad para los obstáculos considerados:

Las fórmulas que se utilizarán son las siguientes:

$$h_c \cdot h_{E1} \cdot \frac{d_1(h_{E1} h_{E2})}{D} \cdot \frac{d_1 d_2}{2Ka} \cdot h_s$$

$$F_{cla} = \frac{h_c}{h_o}$$

Donde:

$h_c$  = Distancia vertical entre el centro del haz y el obstáculo.

$F_{cla}$  = Factor de claridad.

Cálculo para el obstáculo a 2.9 km y  $K=4/3$ :

$$h_c = 1,439 - \frac{2,900(1,439 - 320)}{31,200} - \frac{2,900 \cdot 28,300}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6} - 1,280$$

$$h_c = 50.16$$

$$F_{cla} = \frac{50.16}{19.86}$$

$$F_{cla} = 2.53$$

Cálculo para el obstáculo a 2.9 km y  $K=2/3$ :

$$h_c = 1,439 - \frac{2,900(1,439 - 320)}{31,200} - \frac{2,900 \cdot 28,300}{2 \cdot 2/3 \cdot 6.37 \times 10^6} - 1,280$$

$$h_c = 45.33$$

$$F_{cla} = \frac{45.33}{19.86}$$

$$F_{cla} = 2.28$$

Cálculo para el obstáculo a 30.65 km y  $K=4/3$ :

$$h_c = 1,439 - \frac{30,650(1,439 - 320)}{31,200} - \frac{30,650 \cdot 550}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6} - 320$$

$$h_c = 18.74 \text{ m}$$

$$F_{cla} = \frac{18.74}{9}$$

$$F_{cla} = 2.08$$

Cálculo para el obstáculo a 30.65 km y  $K=2/3$ :

$$h_c = 1,439 - \frac{30,650(1,439-320)}{31,200} - \frac{30,650 \cdot 550}{2 \cdot 2/3 \cdot 6.37 \times 10^6} - 320$$

$$h_c = 17.35 \text{ m}$$

$$F_{cla} = \frac{17.75}{9}$$

$$F_{cla} = 1.97$$

#### Conclusiones:

- El punto crítico será el obstáculo que se encuentra a una distancia de 30.65 km con una altura de 320 m; por ser éste el que tiene menor factor de claridad.
- Como el factor de claridad para el punto crítico y alturas de antena de 0 m, es mayor de 1 para  $K=4/3$  y mayor de 0.6 para  $K=2/3$ , la elección de la altura de las antenas es libre. Sin embargo, debido a que para nuestro cálculo, no consideramos la altura de los árboles, ni el grado de precisión de los planos, las antenas se instalarán a 15 m sobre el nivel de las estaciones.
- Los perfiles topográficos, la trayectoria del haz y la primera zona de Fresnel, para altura de antenas de 15 m, se muestran en las figuras No.IV.3 y No.IV.4.

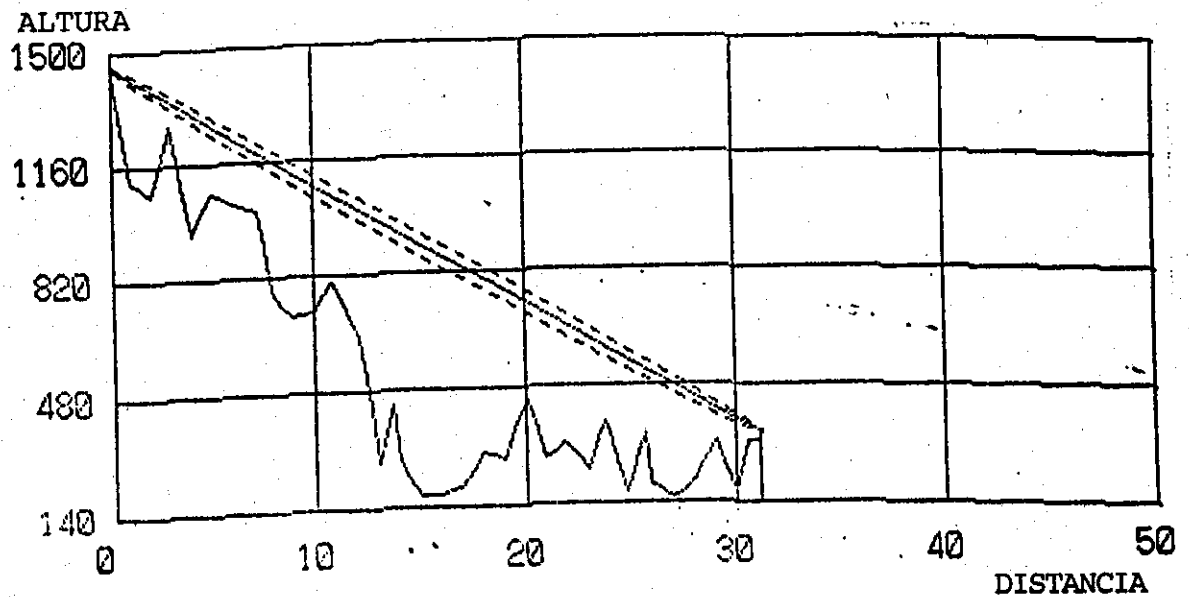


FIGURA No. IV.3,  
PERFIL TOPOGRAFICO, TRAYECTORIA DEL HAZ Y PRIMERA ZONA DE  
FRESNEL PARA  $K=4/3$

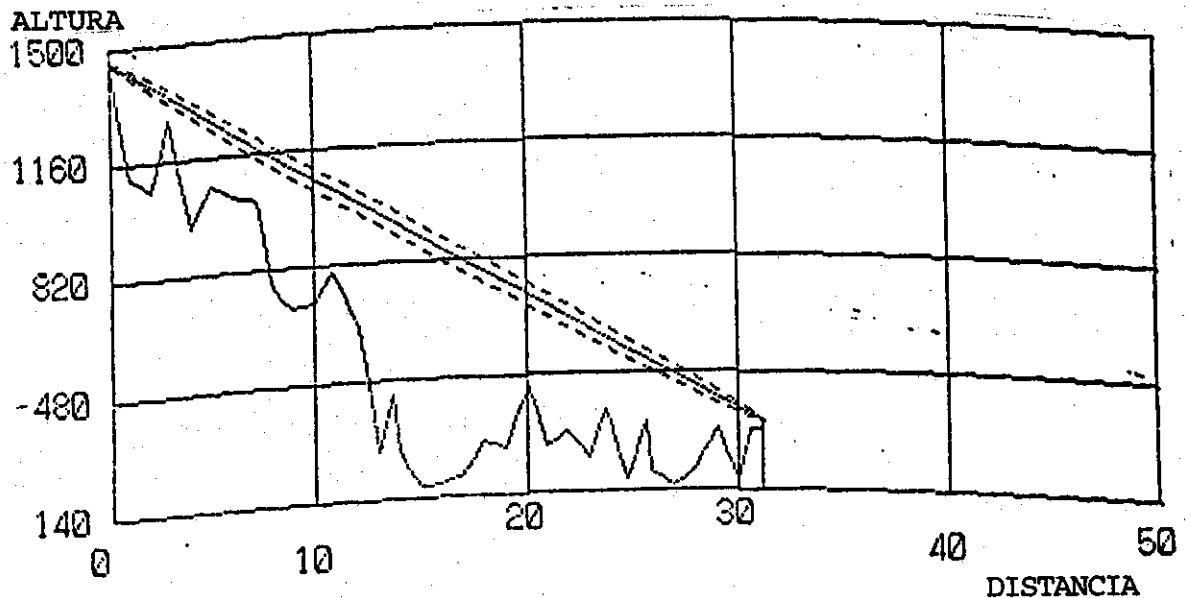


FIGURA No. IV.4,  
PERFIL TOPOGRAFICO, TRAYECTORIA DEL HAZ Y PRIMERA ZONA DE  
FRESNEL PARA  $K=2/3$ .

c) Determinación de los puntos de reflexión:

La determinación de los puntos de reflexión conlleva resolver ecuaciones de tercer grado de muy difícil solución. Por esta razón, se emplean métodos iterativos que se auxilian en gráficas o programas de computadora.

Para encontrar una primera aproximación del punto de reflexión en forma manual, primero se deben calcular los valores X y Y por medio de las ecuaciones siguientes:

$$X = \frac{h_1}{D^2} \quad y \quad Y = \frac{h_2}{D^2}$$

Y con estos valores calcular el valor de  $\eta$  por medio de las gráficas que se muestran en el anexo B.

Con el valor de  $\eta$ , podemos calcular la primera aproximación de los valores de  $d_1$  y  $d_2$  por medio de las ecuaciones siguientes:

$$d_1 = \eta D \quad y \quad d_2 = D - d_1$$

Sin embargo, cuando la diferencia de alturas entre la estación 1 y la estación 2 es bastante grande como en nuestro caso, es posible encontrar una primera aproximación por medio de la ecuación siguiente:

$$d_2 = \frac{Dh_2}{(h_1 + h_2) - \frac{D^2}{2Ka}}$$

Y encontrar el punto de reflexión exacto por medio de iteraciones que permitan igualar las expresiones siguientes:

para  $K=4/3$ :

$$\frac{h_1}{d_1} - \frac{d_1}{17} = \frac{h_2}{d_2} - \frac{d_2}{17}$$

para  $K=2/3$ :

$$\frac{h_1}{d_1} - \frac{d_1}{8.5} = \frac{h_2}{d_2} - \frac{d_2}{8.5}$$

Donde:

$h_1$  = La diferencia de altura en metros, entre la antena situada en la estación más alta y el punto de reflexión.

$h_2$  = La diferencia de altura en metros, entre la antena situada en la estación más baja y el punto de reflexión.

$D$  = Distancia entre estaciones en kilómetros.

$d_1$  = Distancia en kilómetros, entre la estación más alta y el punto de reflexión.

$d_2$  = Distancia en kilómetros, entre la estación más baja y el punto de reflexión.

Debido a que la localización del punto de reflexión, varía con su altura, el proceso de localización es bastante engorroso. Por tal motivo, previo a proceder a su cálculo, se hace necesario analizar el perfil topográfico, con el fin de determinar posibles puntos lógicos de reflexión.

Partiendo del hecho de que el punto de reflexión debe estar a una altura menor o igual que la altura de la estación 2, de los datos del perfil del proyecto, se puede determinar que éste puede estar comprendido entre 14 y 19 km, 21 y 23 km, 24.8 km, y 26 y 31.2 km de distancia a la estación 1.

Sin embargo, con excepción de los puntos situados a 29.1 km y entre 30.6 y 31.2 km, que tienen una altura de 320 m, en todos los casos, el haz incidente o el reflejado es obstruido. Como se puede observar al trazar algunas trayectorias de los haces incidentes, sobre los perfiles topográficos del trayecto que se muestran en las figuras No.IV.5 y No.IV.6.

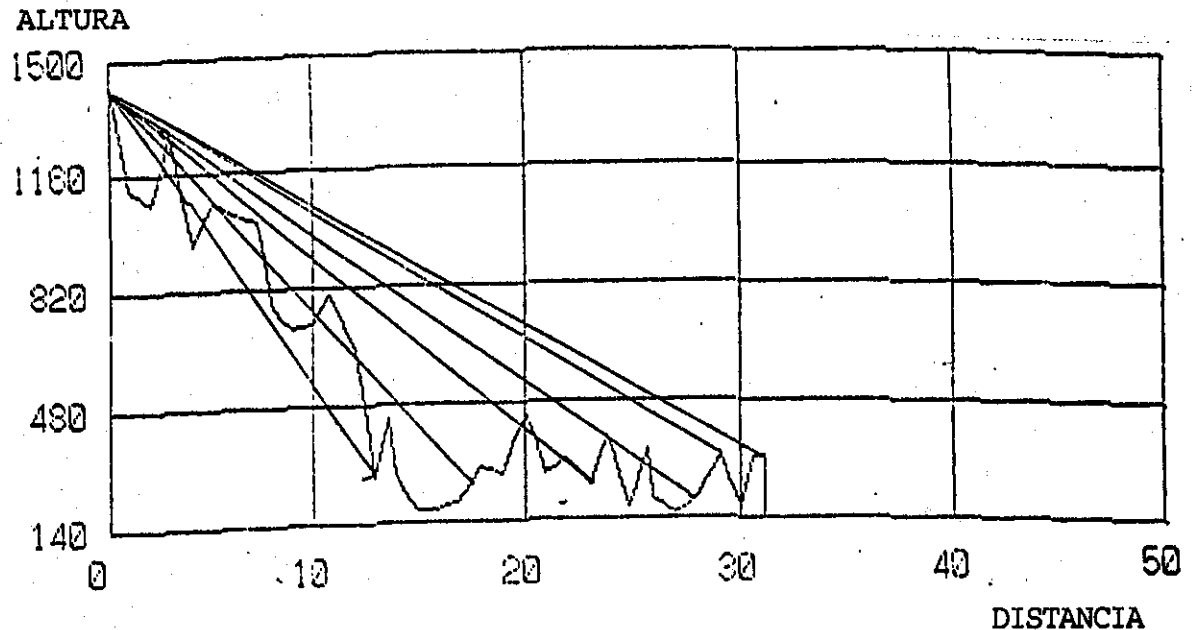


FIGURA No. IV.5  
TRAYECTORIAS DE LOS HACES INCIDENTES PARA  $K=4/3$ .

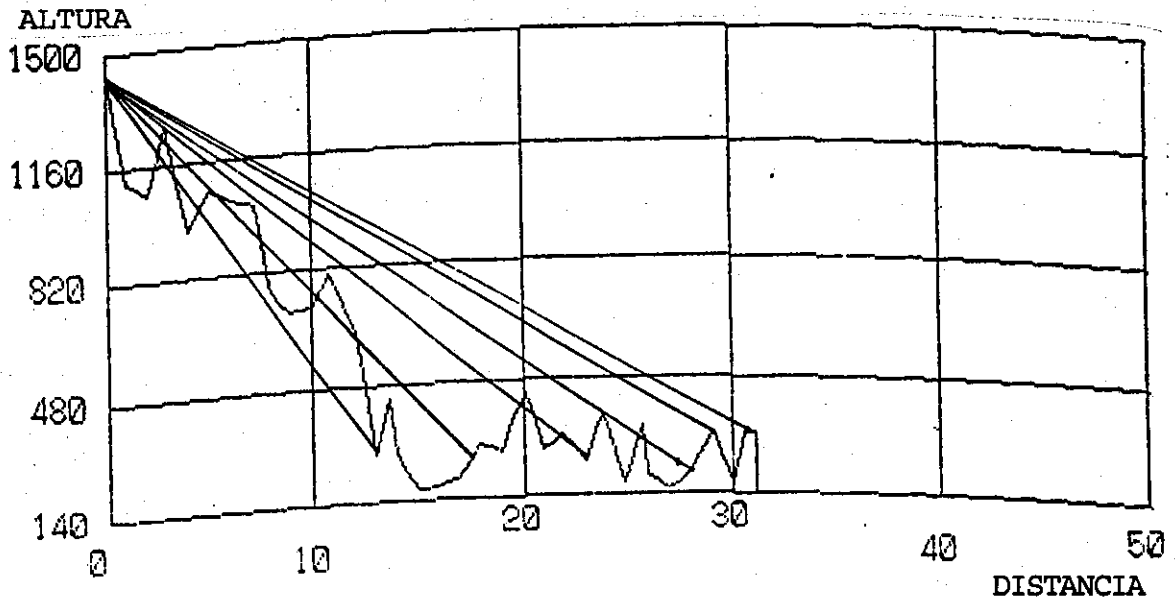


FIGURA No. IV.6  
TRAYECTORIAS DE LOS HACES INCIDENTES PARA  $K=2/3$ .

Por esta razón, procederemos a calcular los puntos de reflexión, únicamente para una altura de 320 m.

Datos para el cálculo:

Altura del punto de reflexión: 320 m.

$h_1 = 1,439 + 15 - 320 = 1,134$  m.

$h_2 = 320 + 15 - 320 = 15$  m.

Cálculo para  $K=4/3$ :

$$d_2 = \frac{31,200 \cdot 15}{(1,134 + 15) - \frac{(31,200)^2}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6}}$$

$$d_2 = 428.69 \text{ m}$$

$$d_1 = D - d_2 = 31,200 - 428.69$$

$$d_1 = 30,771.31 \text{ m}$$

Lo cual nos da la primera aproximación para  $d_1$  y  $d_2$ .



Comparando el resultado se tiene:

$$\frac{1,134}{30.77131} - \frac{30.77131}{17} = \frac{15}{0.42869} - \frac{0.42869}{17}$$

$$35.0424 = 34.9651$$

La diferencia es de: 0.0773

Como segunda aproximación, se escogerá  $d_1=30,772$  m y  $d_2=428$  m.

$$\frac{1,134}{30.772} - \frac{30.772}{17} = \frac{15}{0.428} - \frac{0.428}{17}$$

$$35.042 \quad 35.022$$

La diferencia es de: 0.02

Al analizar los resultados obtenidos en la segunda aproximación, se puede observar que una variación en las distancias de 0.69 m, induce una reducción de 0.0573 en la desigualdad. Por tal razón, se concluye que el resultado exacto varía en el orden de los decímetros alrededor del último punto calculado y que éste es una buena aproximación.

Cálculo para  $K=2/3$ :

$$d_2 = \frac{31,200 \cdot 15}{(1,134 + 15) - \frac{(31,200)^2}{2 \cdot 2/3 \cdot 6.37 \times 10^6}}$$

$$d_2 = 452.4 \text{ m}$$

$$d_1 = D - d_2 = 31,200 - 452.4$$

$$d_1 = 30,747.6 \text{ m}$$

Lo cual da la primera aproximación para  $d_1$  y  $d_2$ .

Comparando el resultado se tiene:

$$\frac{1,134}{30.7476} - \frac{30.7476}{8.5} = \frac{15}{0.4524} - \frac{0.4524}{8.5}$$

$$33.2636 = 33.1033$$

La diferencia es de: 0.1603

Como segunda aproximación, se escogerá  $d_1=30,748$  m y  $d_2=452$  m.

$$\frac{1,134}{30.748} - \frac{30.748}{8.5} = \frac{15}{0.452} - \frac{0.452}{8.5}$$

$$33.2630 = 33.1327$$

La diferencia es de: 0.1303

Como tercera aproximación, se escogerá  $d_1=30,749$  m y  $d_2=451$  m.

$$\frac{1,134}{30.749} - \frac{30.749}{8.5} = \frac{15}{0.451} - \frac{0.451}{8.5}$$

$$33.2617 = 33.2064$$

La diferencia es de: 0.0553

Como cuarta aproximación, se escogerá  $d_1=30,750$  m y  $d_2=450$  m.

$$\frac{1,134}{30.75} - \frac{30.75}{8.5} = \frac{15}{0.45} - \frac{0.45}{8.5}$$

$$33.2604 = 33.2804$$

La diferencia es de: -0.02

Al analizar los resultados obtenidos en la cuarta aproximación, se puede observar que una variación de 1 m, entre las distancias de la tercera y cuarta aproximación, induce una reducción de 0.0753 en la desigualdad. Por tal razón, se concluye que el resultado exacto, varía en el orden de los decímetros alrededor del último punto calculado y que éste es una buena aproximación.

Altura mínima de la antena  $h_2$  para que no exista punto de reflexión:

De acuerdo con los datos del perfil topográfico y en lo que se observa en la gráfica del mismo, a 550 m de distancia de la estación 2, la topografía del terreno presenta una pendiente que evita la reflexión de la onda incidente en dirección a la antena en la estación 2. Por tal razón, para que sea obstruida la onda incidente o la reflejada, la altura mínima de la antena 2 deberá ser de tal magnitud, que evite que  $d_2$  sea menor a 550 m.

Partiendo de la ecuación:

$$d_2 = \frac{Dh_2}{(h_1+h_2) - \frac{D^2}{2Ka}}$$

Y despejándola para  $h_2$  queda:

$$h_2 = \frac{d_2 h_1}{D-d_2} - \frac{D^2 d_2}{2Ka(D-d_2)}$$

Donde:

$$h_1 = 1,134 \text{ m.}$$

$$D = 31,200 \text{ m.}$$

$$d_{2\min} = 550 \text{ m.}$$

Para  $K=4/3$ :

$$h_2 = \frac{1,134 \cdot 550}{31,200 - 550} - \frac{(31,200)^2 \cdot 550}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6 (31,200 - 550)}$$

$$h_2 = 19.32 \text{ m}$$

Y para  $K=2/3$ :

$$h_2 = \frac{1,134 \cdot 550}{31,200 - 550} - \frac{(31,200)^2 \cdot 550}{2 \cdot 2/3 \cdot 6.37 \times 10^6 (31,200 - 550)}$$

$$h_2 = 18.29 \text{ m}$$

Por lo que la altura mínima de la antena 2, será 18.29 m.

Conclusiones:

La atenuación que sufre el haz incidente al ser reflejado, depende de las características de la superficie de reflexión. En una superficie quebrada y boscosa, como es nuestro caso, la atenuación es mayor a 10 dB. Esta atenuación del haz incidente es muy grande, por lo que el efecto del haz reflejado sobre el haz directo será despreciable. Por tal motivo, en los cálculos del enlace, no se considerará el haz reflejado.

d) Cálculo de la distancia entre las dos estaciones:

Debido a que la atenuación de la onda electromagnética depende de la distancia, y a que la distancia fue calculada sobre un plano sin tomar en cuenta la curvatura de la tierra, debe calcularse ésta tomando en cuenta dicha curvatura.

Las fórmulas que se emplearán son las siguientes:

$$\cos \angle AOB = \sin Y_1 \sin Y_2 + \cos Y_1 \cos Y_2 \cos(a_1 - a_2)$$

$$\overline{AB} = \frac{2\pi a \angle AOB}{360^\circ}$$

Donde:

$Y_1$  = Latitud de la estación 1.

$Y_2$  = Latitud de la estación 2.

$a_1$  = Longitud de la estación 1.

$a_2$  = Longitud de la estación 2.

$a$  = Radio de la tierra.

$\angle AOB$  = El ángulo entre los dos radios de las estaciones con respecto al centro de la tierra.

Datos:

Estación 1: Cana Itzam

Latitud: 15.6028°

Longitud: 89.9125°

Estación 2: Raxrujá

Latitud: 15.8622°

Longitud: 90.0269°

De donde:

$$\cos \angle AOB = 0.999987903$$

$$\angle AOB = 0.281820489$$

$$\overline{AB} = \frac{2\pi * 6.37 \times 10^6 * 0.281820489}{360}$$

$$\overline{AB} = 31.332 \text{ km}$$

Por lo que, ésta será la distancia que se usará en el cálculo del enlace.

e) Cálculo de la dirección de las antenas:

Debido a que las antenas que se usarán son direccionales, los ángulos horizontales respecto al norte real y los ángulos verticales con respecto al horizonte deben ser calculados, con el fin de que el haz electromagnético no sufra atenuación debido a la directividad mencionada.

Angulo horizontal:

Para el cálculo de ángulo horizontal, se utilizarán las fórmulas siguientes:

Para la Estación 1:

$$\delta_{12} = \tan^{-1} \frac{\text{Sen}(a_1 - a_2)}{\text{Cos}Y_1 * \text{Tan}Y_2 - \text{Sen}Y_1 * \text{Cos}(a_1 - a_2)}$$

Para la Estación 2:

$$\delta_{12} = 180 + \tan^{-1} \frac{\text{Sen}(a_2 - a_1)}{\text{Cos}Y_2 * \text{Tan}Y_1 - \text{Sen}Y_2 * \text{Cos}(a_1 - a_2)}$$

Donde:

$Y_1$  = Latitud de la estación 1.

$Y_2$  = Latitud de la estación 2.

$a_1$  = Longitud de la estación 1.

$a_2$  = Longitud de la estación 2.

$a$  = Radio de la tierra.

$\delta_{12}$  = El ángulo azimutal desde la estación 1 hacia la estación 2.

$\delta_{21}$  = El ángulo azimutal desde la estación 2 hacia la estación 1.

Cálculo para la antena en Cana Itzam:

$$\delta_{12} = \tan^{-1} \frac{\text{Sen}(89.912^\circ - 90.027^\circ)}{\text{Cos}15.603^\circ \cdot \text{Tan}15.862^\circ - \text{Sen}15.603^\circ \cdot \text{Cos}(89.912^\circ - 90.027^\circ)}$$

$$\delta_{12} = -22.985^\circ$$

Cálculo para la antena en Raxrujá:

$$\delta_{12} = 180 + \tan^{-1} \frac{\text{Sen}(90.027^\circ - 89.9125^\circ)}{\text{Cos}15.862^\circ \cdot \text{Tan}15.603^\circ \text{ Sen}15.862^\circ + \text{Cos}(89.912^\circ - 90.027^\circ)}$$

$$\delta_{12} = 156.983^\circ$$

El resultado se puede observar en la figura No.IV.7.

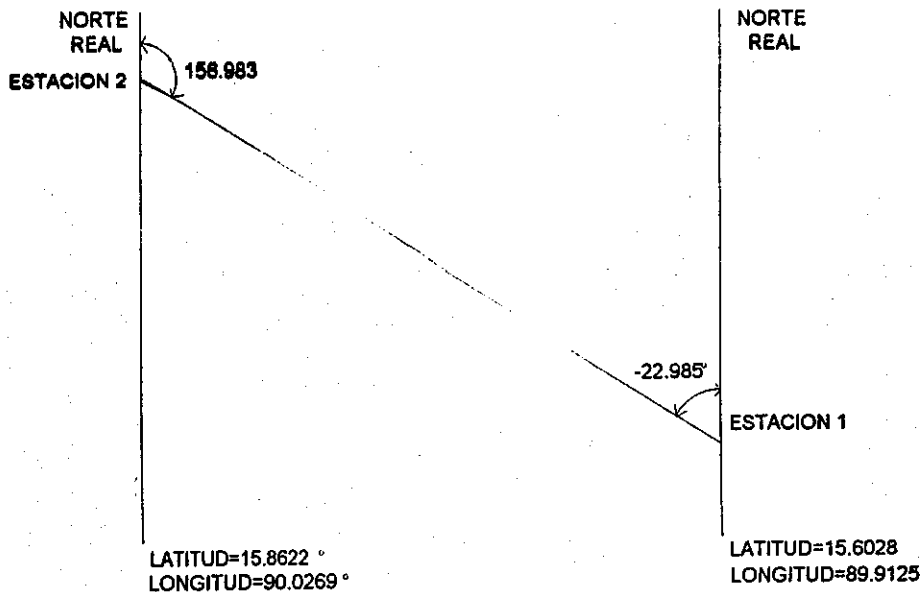


FIGURA No.IV.7  
RESULTADO DEL CALCULO DE ANGULO  
HORIZONTAL DE LAS ANTENAS

Cálculo del ángulo vertical de las antenas:

Como la antena debe ser direccionada para una atmósfera normal, el cálculo se hará para  $K=4/3$ , para lo cual se utilizarán las fórmulas siguientes:

$$\beta_1 = -\left(\frac{h_1 - h_2}{D} + \frac{D}{2Ka}\right)$$

$$\beta_2 = -\left(\frac{h_2 - h_1}{D} + \frac{D}{2Ka}\right)$$

Donde:

$\beta_1$  = Al ángulo vertical en la estación 1, respecto al horizonte, en sentido inverso a las manecillas del reloj.

$\beta_2$  = Al ángulo vertical en la estación 2, respecto al horizonte, en sentido inverso a las manecillas del reloj.

Para Cana Itzam:

$$\beta_1 = -\left(\frac{1,439 - 320}{31,200} + \frac{31,200}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6}\right)$$

$$\beta_1 = -0.037702118 \text{ Rad} = -2.16^\circ$$

Para Raxrujá:

$$\beta_2 = -\left(\frac{320 - 1,439}{31,200} + \frac{31,200}{2 \cdot 4/3 \cdot 6.37 \times 10^6}\right)$$

$$\beta_2 = 0.03402865 \text{ Rad} = 1.95^\circ$$

f) Cálculo de potencias del enlace:

Debido a que para este enlace, el factor de claridad para  $K=4/3$  es mayor que 1 y para  $K=2/3$  es mayor que 0.6, las pérdidas de potencia se calcularán como si fueran en el espacio libre.

Para la selección de la antena, se partirá utilizando la antena con la menor ganancia y se determinará si el resultado nos proporciona un BER mayor de  $10^{-9}$ ; si esto es así, ésta será la antena que se utilizará; si no lo es, se efectuarán los cálculos para otra antena con mayor ganancia.

La potencia de recepción es igual a:

$$P_{R(dB)} = P_{T(dB)} - L_{1(dB)} - L_{2(dB)} - \Gamma_{o(dB)} + G_{1(dB)} + G_{2(dB)}$$

Donde:

- $P_{T(dB)}$  = Potencia de recepción (en decibeles).
- $L_{1(dB)}$  = Pérdida de potencia entre el radio y la antena 1 (en dB).
- $L_{2(dB)}$  = Pérdida de potencia entre el radio y la antena 2 (en dB).
- $\Gamma_{o(dB)}$  = Pérdida de potencia en el espacio libre (en dB).
- $G_{1(dB)}$  = Ganancia de potencia en la antena 1 (en dB).
- $G_{2(dB)}$  = Ganancia de potencia en la antena 2 (en dB).

Cálculo de las pérdidas de potencia entre el radio y la antena:

Entre el equipo de radio y la antena, existen dos fuentes de pérdida de potencia: la guía de onda y los conectores de la guía de onda.

Para el cálculo, se supondrá que la base de la torre se encuentra en las dos estaciones a 10 metros del equipo de radio, y como las antenas se encuentran a 15 metros, el largo total de la guía de onda será de 25 m. La distancia de la base al radio puede ser menor, pero para efecto de cálculo es preferible tomar valores pesimistas.

Dátos de los materiales que se van a utilizar:

- Tipo de guía de onda: cable coaxial.
- Tipo de cable coaxial: de 1/4" y relleno de compuesto esponjoso.
- Largo de los cables: 25 m.
- Atenuación de los cable: 0.3 dB/m.
- Antenuación de los conectores: 1.4 dB.

Cálculo:

Para el cálculo se utilizará la fórmula siguiente:

$$L_{dB} = dl_{ca} + 2l_{co}$$

Donde:

- d = largo del cable coaxial.
- $l_{ca}$  = Atenuación por metro del cable coaxial.
- $l_{co}$  = Atenuación de cada conector.

$$L_1 = L_2 = 25 * 0.3 + 2 * 1.4$$



$$L_1 = L_2 = 10.3 \text{ dB}$$

Cálculo de la pérdida de potencia en el espacio libre:

Para el cálculo, se utilizará la fórmula siguiente:

$$\Gamma_o = 20 \log \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)$$

Donde:

D = Distancia entre las estaciones, tomando en cuenta la curvatura de la tierra.

$\lambda$  = Longitud de onda del haz.

Datos:

D = 31,332 m.

$\lambda$  = 0.15 m.

Cálculo:

$$\Gamma_o = 20 \log \left( \frac{4\pi * 31,332}{0.15} \right)$$

$$\Gamma_o = 128.38 \text{ dB}$$

Ganancia de las antenas:

Tipo de antena: Grid GPLG-19(B)

Diámetro: 18 m.

Ganancia: 29.5 dB.

Potencia de transmisión:

Tipo de radio: Marca NEC, modelo TPR-(1.5G/2G) (4MB/8MB) -600A.

Potencia de transmisión: +30 dBm.

Potencia de recepción:

$$P_R = 30 - 10.3 - 10.3 - 128.38 + 29.5 + 29.5$$

$$P_R = -59.98 \text{ dB}$$

### Análisis del Resultado:

De acuerdo con la curva Potencia de recepción Vrs. BER, para el radio utilizado, que se muestra en la figura No.IV.8., el enlace tiene un margen de 27.02 dBm para llegar al umbral de BER permitido. Por esta razón, se estima que el enlace es adecuado.

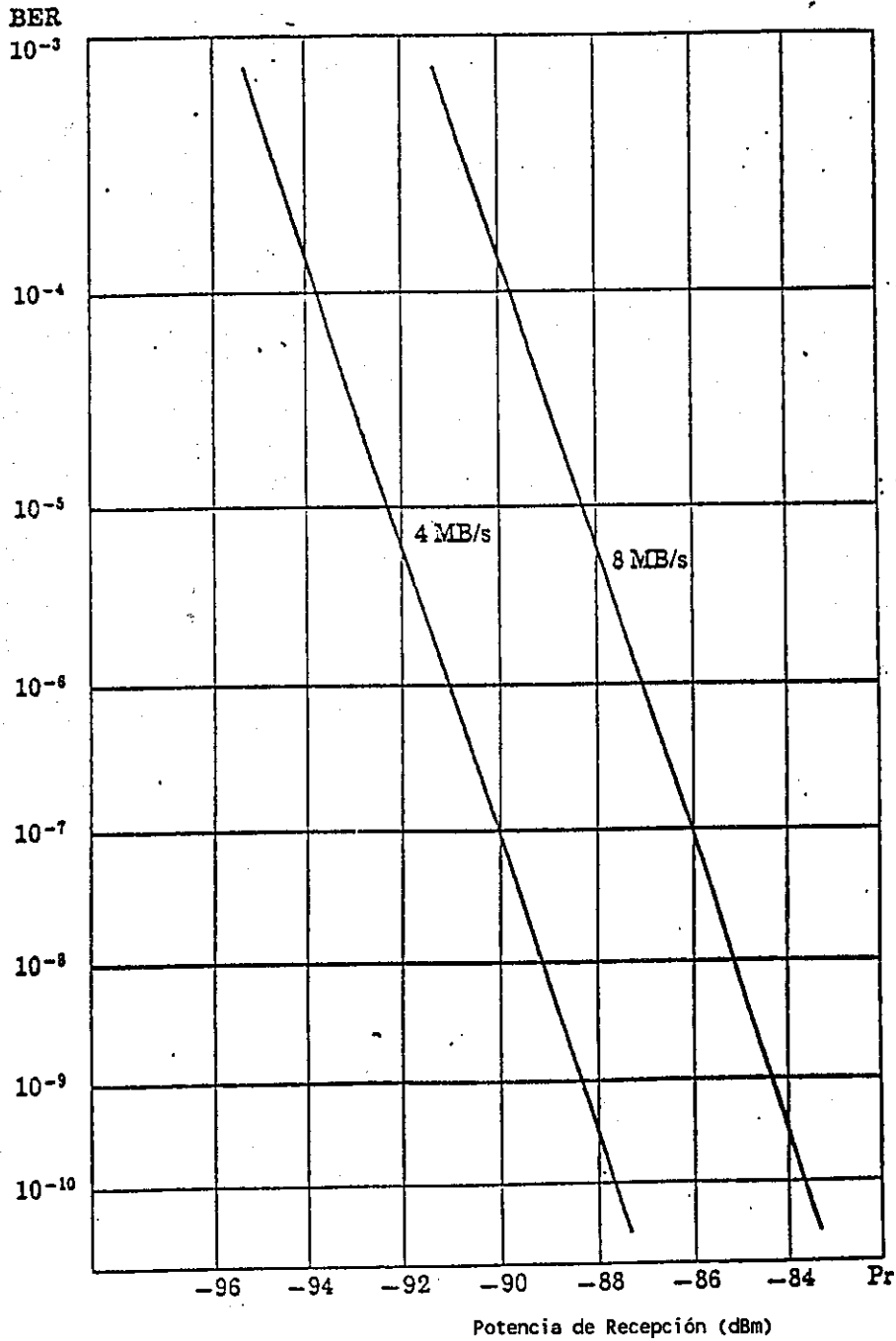


FIGURA No.IV.8  
RELACION ENTRE LA POTENCIA DE RECEPCION Y BER.

#### IV.2 Resultados del diseño de los radio enlaces digitales:

Para el diseño de los radio enlaces digitales, se utilizó el mismo equipamiento que para el radio enlace entre Cana Itzam y Raxrujá, por lo que los parámetros de ganancia de antena, pérdidas de potencia entre la antena y el radio, y relación de potencia de recepción contra BER, serán los mismos.

De acuerdo con la figura No.IV.8, la potencia de recepción umbral para obtener un BER permitido es de -87 dBm, por lo que de acuerdo con los resultados que se muestran en el cuadro No.IV.2, todos los enlaces cumplen con las normas de calidad requeridas.

ENLACE (Estación-Repeticora)	DISTANCIA (km)	FACTOR DE CLARIDAD		ANGULO AZIMUTAL		ANGULO VERTICAL		PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE (dB)	PERDIDAS ENTRE LA ANTENA Y EL RADIO (dB)	POTENCIA DE RECEPCION (dBm)
		PARA K=4/3	PARA K=2/3	REPETIDORA	ESTACION	REPETIDORA	ESTACION			
Cana Itzam-Chikut	73.55	7.44	6.95	214°04'49"	34°02'23"	-0°20'24"	0°50'24"	135.8	26.6	-73.4
Chamil-Chikut	37.50	1.54	1.24	281°46'28"	101°44'05"	-0°28'48"	0°44'24"	130.0	22.1	-63.1
Pocolá-Chikut	38.95	3.33	2.82	315°13'50"	135°10'58"	-1°02'24"	1°18'36"	130.3	19.1	-60.4
Saholom-Chikut	57.90	1.78	0.86	340°59'41"	160°56'47"	-1°46'48"	2°10'12"	133.7	20.6	-65.3
Playtas-Chinajá	22.60	1.81	1.74	275°10'09"	95°08'37"	-1°27'36"	1°36'36"	125.6	22.1	-58.7
Chisec-Chinajá	21.10	2.31	2.28	198°51'36"	16°50'41"	-1°13'12"	1°21'36"	125.0	20.6	-58.6
San Benito-Chinajá	36.60	1.47	1.25	261°26'45"	81°21'05"	-0°47'24"	1°02'24"	129.7	24.5	-65.2
Rubelsanto-Chinajá	22.40	2.40	2.33	269°05'21"	89°01'52"	-1°28'12"	1°37'12"	125.6	19.1	-55.6
Cahabón-Cana Itzam	10.45	1.06	1.03	88°38'38"	168°40'13"	-6°32'24"	6°36'36"	118.9	35.6	-66.5
Langulín-Cana Itzam	8.00	8.40	8.37	191°43'59"	11°43'55"	-7°48'36"	7°51'36"	116.6	19.1	-46.6
Boloncá-Cana Itzam	32.80	1.10	0.86	34°22'09"	214°24'57"	-2°09'36"	2°22'48"	128.8	26.6	-66.4
Chahal-Cana Itzam	39.55	1.47	1.33	58°39'28"	236°44'22"	-1°45'36"	2°01'12"	130.4	22.1	-63.5
Fray Bartolomé-Raxrujá	16.60	1.52	1.44	109°21'18"	289°14'47"	-0°17'24"	0°24'00"	122.9	22.4	-56.3

CUADRO No.IV.2  
RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE DISEÑO PARA LOS RADIOENLACES

### IV.3 Enlace con fibra óptica Tucurú-La Tinta:

#### Descripción del enlace:

La distancia entre Tucurú y La Tinta es de 28.5 kilómetros, por medio de una carretera ancha y bien balastada, situación que la hace apropiada para la instalación de cable tanto aéreo como directamente enterrado. Sin embargo, debido a factores económicos, el enlace se efectuará por medio de cable directamente enterrado.

#### Cálculo del enlace:

En el cálculo de un enlace por medio de fibra óptica, son importantes dos factores: el ancho de banda y la atenuación.

Debido a que el índice de refracción de la fibra depende de la longitud de la onda lumínica y a que la luz que emite la fuente óptica posee cierto ancho espectral, se producen diferencias de retardo entre las diferentes componentes del espectro óptico, lo cual motiva que exista un límite de ancho de banda que depende de la distancia, del ancho espectral de la fuente, del índice de refracción de la fibra y de la frecuencia base de transmisión.

Debido a la dispersión y absorción propias de la fibra, la luz experimenta una atenuación que depende de la longitud de onda lumínica, de las características físicas de la fibra y de la distancia.

Por las razones antes expuestas, para el diseño de un enlace por fibra óptica, se debe analizar la distancia máxima que podemos alcanzar sin necesidad de repetidores, para el límite impuesto por el ancho de banda y para el límite impuesto por la atenuación.

Para el cálculo de atenuación del enlace, se debe considerar además de la atenuación por kilómetro propia de la fibra, la atenuación en las terminales electroópticas, en los empalmes de montaje, en los futuros empalmes por mantenimiento y por la degradación del equipo transreceptor.

Es de hacer ver que la tecnología de transmisión por fibra óptica evoluciona constantemente, por lo cual la característica de los equipos y materiales es mejorada en forma continua, por tal razón, los parámetros que utilizaremos en nuestros cálculos son sensibles de ser mejorados ya por algunos fabricantes.

Descripción del equipamiento:

Tipo de fibra:	monomodo.
Tipo de emisor:	laser.
Tipo de receptor:	APD.
Tipo de empalme:	por fusión.
Velocidad de transmisión:	8 Mb/s.
Tipo de modulación:	1B2B.

Cálculo del límite de la distancia debido al ancho de banda:

Para efectuar este cálculo, se partirá de la ecuación siguiente:

$$(V_{tx}/2)(1+\beta)(n/m) = [(L^{2v}/AB_m^2) + L^2(M(a) \cdot \delta_a/0.44)]^{-1/2}$$

Donde:

$V_{tx}$  = Velocidad de transmisión en hertz.  
 $\beta$  = Factor de roll off de coseno realzado.  
 $n/m$  = Modulación empleada.  
 $AB_m$  = Ancho de banda debido a la dispersión modal.  
 $v$  = Factor de concatenación.  
 $M(a)$  = Dispersión cromática en ps/km.nm.  
 $\delta_a$  = Ancho espectral de la fuente en nm.  
 $L$  = Longitud del enlace.

El ancho de banda debido a la dispersión modal y el factor de concatenación, son parámetros propios de las fibras multimodo, por lo que, para las fibras monomodo no deben ser tomadas en cuenta. Eliminando estos factores en la ecuación y despejando  $L$ , queda:

$$L = \frac{1}{(V_{tx}/2)(1+\beta)(n/m)(M(a)\delta_a/0.44)}$$

Los valores típicos que se utilizarán son:

$V_{tx}$  = 8 Mb/s.  
 $\beta$  = 0.5.  
 $n/m$  = 2/1.  
 $M(a)$  = 6 ps/km.nm.  
 $\delta_a$  = 2 nm.

Sustituyendo estos valores en la ecuación, queda:

$$L = \frac{1}{(8 \times 10^6/2)(1.5)(2/1)(6 \times 10^{-12} \cdot 2/0.44)}$$

$$L = 3,056 \text{ km}$$

Cálculo del límite de la distancia debido la atenuación:

Para efectuar este cálculo, se partirá de la ecuación siguiente:

$$P_{th} + P_{isi} \leq W - N_1 A_c - N_2 L A_e - A_{fo} L - M_c A_e L - M_e$$

Donde:

$P_{th}$  = Potencia umbral de recepción para un BER de  $10^{-9}$ .

$P_{isi}$  = Probabilidad de interferencia intersímbolo.

$W$  = Potencia de salida del transmisor.

$N_1$  = Número de conectores terminales.

$N_2$  = Número de empalmes por kilómetro.

$A_c$  = Atenuación del conector.

$A_e$  = Atenuación del empalme.

$A_{fo}$  = Atenuación de la fibra óptica por kilómetro.

$M_c$  = Margen de empalmes en el cable para mantenimiento por kilómetro.

$M_e$  = Margen por degradación del equipo transreceptor.

$L$  = Longitud del enlace en kilómetros.

Despejando la ecuación para  $L$  se tiene:

$$L = \frac{P_{th} + P_{isi} - W + N_1 A_c + M_e}{-N_2 A_e - A_{fo} - M_c A_e}$$

Los valores típicos que se utilizarán son:

$P_{th}$  = -45 dB.

$P_{isi}$  = -1 dB.

$W$  = -3 dBm.

$N_1$  = 2.

$N_2$  = 0.5 empalmes/km.

$A_c$  = 0.6 dB.

$A_e$  = 0.1 dB.

$A_{fo}$  = 0.5 dB/km.

$M_c$  = 0.5 empalmes/km.

$M_e$  = 5 dB.

Sustituyendo estos valores en la ecuación queda:

$$L = \frac{-45 + 1 + 3 + 2 * 0.6 + 5}{-0.5 * 0.1 - 0.5 - 0.5 * 0.1}$$

$$L = 58 \text{ km}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, el límite de distancia en el enlace viene dado por la atenuación, y siendo este mayor de 28.5 kilómetros, se concluye que el enlace no necesitará repetidores.

#### IV.4 Resultados del diseño de los enlaces con fibra óptica:

De acuerdo con el diagrama No.III.6A (Diagrama de Enrutamiento), todos los enlaces tienen una distancia menor a 58 km, por lo que se concluye que ningún enlace, necesitará repetidores.

#### IV.5 Enlace con PCM Telemán-Panzós:

##### Descripción del enlace:

La distancia existente entre Telemán y Panzós es de 16 kilómetros, por medio de una carretera ancha y bien balastada, situación que la hace apropiada para la instalación de cable tanto aéreo como directamente enterrado. Sin embargo, debido a factores económicos, el enlace se efectuará por medio de cable directamente enterrado.

##### Cálculo del enlace:

En el cálculo de un enlace PCM, son importantes tres factores: la atenuación del cable, la diafonía y las características de los regeneradores de señal.

Debido a que, tanto la atenuación como la diafonía dependen de las características propias de cada cable, y en el caso de la diafonía, ésta varía a su vez dependiendo del par seleccionado, la forma en que se calcula un enlace de este tipo es bastante empírica y sólo tiene validez como una forma de tener valores aproximados del enlace, pero en todo caso, se deberán hacer mediciones sobre el cable ya instalado, con el fin de utilizar los pares con mejores características y obtener un cálculo exacto.

Considerando lo anterior, se hace ver que los valores de características del cable que se utilizarán, son valores típicos medios.

##### Descripción del equipamiento:

Tipo de cable:	apantallado.
Número de pares:	10.
Calibre de los conductores:	0.9 mm.
Aislante de los conductores:	polietileno.

Cálculo de la distancia máxima entre regeneradores:

Distancia máxima por atenuación:

La distancia se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$\alpha h \leq \frac{40dB}{(1+\beta\Delta t)(1+3\sigma)}$$

Donde:

- $\alpha$ = atenuación en decibeles por kilómetro a 1 MHz.
- $\beta$ = Coeficiente de pérdida del cable.
- $\Delta t$ = Cambio de temperatura.
- $\sigma$ = desviación estándar.
- $h$ = distancia de la sección.
- 40= máxima atenuación para la que son diseñados los regeneradores.

Los parámetros típicos que se utilizarán son:

- $\alpha$ = 16 dB/km.
- $\beta$ = 0.2 %/°C.
- $\Delta t$ = 20 °C para cable enterrado.
- $\sigma$ = 3 %.

Utilizando estos valores en la expresión anterior, se tiene:

$$\alpha h \leq \frac{40dB}{(1+0,2 \times 10^{-2} \times 20)(1+3 \times 3 \times 10^{-2})} = 35.29dB$$

Y:

$$h = 2.2 km$$

Distancia máxima por diafonía:

Para este cálculo se utilizará la siguiente expresión:

$$\bar{A}_n \geq X + \alpha h (1 + \beta \Delta t) (1 + 3\sigma) + 10 \log(m+6)$$

Despejando h queda:

$$h \leq \frac{\bar{A}_n - X - 10 \log(m+6)}{\alpha (1 + \beta \Delta t) (1 + 3\sigma)}$$



Donde:

- $\alpha$ = atenuación en decibeles por kilómetro a 1 MHz.
- $\beta$ = Coeficiente de pérdida del cable.
- $\Delta t$ = Cambio de temperatura.
- $\sigma$ = desviación estándar.
- $h$ = distancia de la sección.
- $X$ = Coeficiente de sensibilidad a la diafonía.
- $\alpha$ = atenuación en decibeles por kilómetro a 1 MHz.
- $m$ = Número de sistemas.
- $6$ = Factor de seguridad.

Y:

$$\overline{A_n} = A_n 50\% - 0.115\sigma^2$$

Donde:

- $A_n$ = Valor medio cuadrático de diafonía.
- $A_n 50\%$  = Valor promedio de diafonía.
- $\sigma$ = Desviación estandar.

Nota: X es el coeficiente de la señal a ruido de entrada al regenerador para tener una BER dada. En nuestro caso la BER debe ser mayor de  $5 \times 10^{-9}$ , lo cual implica un X de 20 dB.

Utilizando los valores siguientes de cable:

$$\begin{aligned} A_n 50\% &= 102 \text{ dB} \\ \sigma &= 9 \end{aligned}$$

Se tiene que:

$$\overline{A_n} = 102 - (0.115)(9)^2$$

$$\overline{A_n} = 92.68 \text{ dB}$$

Utilizando este resultado, se tiene:

$$h \leq \frac{92.68 - 20 - 10 \log(1+6)}{16(1+0.002*20)(1+3*0.03)}$$

Y la distancia máxima será:

$$h = 3.96 \text{ km}$$

De los resultados anteriores se puede concluir, que la distancia máxima entre regeneradores estará dada por la atenuación y ésta será de 2.2 km.

Cálculo del número de regeneradores y su distancia:

Debido a picos de ruido que se dan en los regeneradores cercanos al equipo terminal de línea, la distancia de las terminales al regenerador más cercano, debe ser igual a la mitad de la distancia máxima; en nuestro caso, esta distancia es igual a 1.1 km.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el número de regeneradores no cercanos a los terminales viene dado por:

$$n = \frac{D-2.2}{h} - 1$$

Donde:

n= Número de repetidores no cercanos.  
D= Distancia del enlace.  
h= Distancia máxima entre repetidores.

Por lo que el número de repetidores no cercanos será:

$$n = \frac{16-2.2}{2.2} - 1 = 5.27 \approx 6$$

El número total de repetidores será:

$$n_{Tot.} = 6+2 = 8$$

Y la distancia entre regeneradores será:

$$h = \frac{16 - 2.2}{6+1} = 1.97 \text{ km}$$

Cálculo de la energía necesaria para los regeneradores:

La cantidad de regeneradores que se pueden colocar en cascada, depende de la cantidad de energía eléctrica que se es capaz de suministrar desde el equipo terminal terminal de regeneración y de la resistencia del conductor. Para el cálculo, se utilizarán las expresiones siguientes:

$$E = R_t (1 + \beta \Delta t) I + nV \leq E_{\max}$$

$$R_t = nh_t R_{dc} + (n-1)h_r R_{dc}$$

Donde:

E=	Voltaje de la fuente.
E <sub>max</sub> =	Voltaje máximo de la fuente.
β <sub>max</sub> =	Coefficiente de temperatura.
n <sub>tot.</sub> =	Número de regeneradores.
V=	Voltaje máximo de cada regenerador.
I=	Corriente máxima de cada regenerador.
R <sub>dc</sub> =	Resistencia directa de cada regenerador.
R <sub>t</sub> =	Resistencia total del enlace.
h <sub>r</sub> =	Distancia entre regeneradores.
h <sub>t</sub> =	Distancia entre las terminales y el regenerador más cercano.

Los valores para estos parámetros serán:

E <sub>max</sub> =	200 V.
β=	0.4X10 <sup>-2</sup> /°C.
n <sub>tot.</sub> =	8.
V=	12.8 V.
I=	50 mA.
R <sub>dc(0.9)</sub> =	28.4 Ω.
Δt=	20 para el cable enterrado.
h <sub>r</sub> =	1.97 km.
h <sub>t</sub> =	1.1 km.

Por lo que la resistencia total del enlace será:

$$R_t = 8*1.1*28.4 + 7*1.97*28.4 = 641.56\Omega$$

Y el voltaje total necesario del equipo terminal:

$$E = 641.56(1 + 0.4X10^{-2}*20)(50X10^{-3}) + 8*12.8 \leq 200V_{\max}$$

$$E = 137.04 \leq 200V_{\max}$$

Por lo que, de acuerdo con el resultado, un solo equipo terminal es capaz de alimentar de energía a todos los regeneradores del enlace.

#### IV.6 Resultados del enlace con PCM Telemán-Senahú:

Debido a que la distancia de este enlace es de 27 km, se necesitarán 14 repetidores, con un espaciamento entre sí de 1.9 km. Para este número de repetidores, se requerirán 2 fuentes de alimentación de energía, una en cada extremo del enlace.

#### IV.7 Enlace con cable multipar Tactic-Chíacal:

Descripción del enlace:

La distancia existente entre Tactic y Chiacal es de 5 kilómetros, por medio de una carretera estrecha, sinuosa y con suelo rocoso, situación que la hace inapropiada para la instalación de cable directamente enterrado. Por tal razón, el enlace será aéreo.

Cálculo del enlace:

En el cálculo de un enlace por cable multipar, la corriente alterna necesaria para el funcionamiento normal del aparato telefónico, es limitada por la atenuación del cable y la corriente directa necesaria para la corriente de señalización, por la resistencia directa de bucle del cable.

Los requisitos de atenuación y resistencia de bucle en la red, son fijados por los equipos de conmutación. Sin embargo, GUATEL no posee un plan de transmisión que fije estos parámetros, razón por la cual se tomará un valor medio internacional.

La atenuación y resistencia de bucle del cable es propia de cada fabricante, por tal razón, para éstos también se tomarán valores medios internacionales.

Para el cálculo del enlace, se partirá del menor calibre usado en telefonía, se evaluará el resultado y de ser necesario, se recalculará el enlace para un calibre mayor.

Descripción del equipamiento:

Tipo de cable: multipar para uso aéreo.  
Cantidad de pares: 10.  
Aislante de los conductores: polietileno.

Cálculo de la distancia máxima debido a la atenuación para calibre de conductor 26 AWG, (0.4 mm):

Para el cálculo se utilizará la expresión siguiente:

$$A \geq \alpha h$$

donde:

A= Atenuación máxima del enlace.

$\alpha$ = Atenuación por kilómetro del cable a 800 Hz.

h= Distancia del enlace.

Los valores para estos parámetros son:

A= 10 dB.

$\alpha$ = 1.8 dB/km.

Por lo que la distancia máxima para este enlace será:

$$h = \frac{10}{1.8} = 5.55 \text{ km}$$

Cálculo de la distancia máxima debido a la resistencia de bucle para calibre de conductor 0.4 mm:

Para el cálculo se utilizará la expresión siguiente:

$$R \geq rh$$

donde:

R= Resistencia máxima del enlace.

r= resistencia por kilómetro del cable.

h= Distancia del enlace.

Los valores para estos parámetros son:

R= 1,700  $\Omega$ .

r= 286  $\Omega$ /km.

Por lo que la distancia máxima para este enlace será:

$$h = \frac{1,700}{286} = 5.94 \text{ km}$$

Por lo que, de acuerdo con los resultados, la distancia máxima está dada por la atenuación del cable, que es mayor que la distancia del enlace. Sin embargo, debido a que, en la distancia entre las dos poblaciones, no se considera la distancia entre la caja terminal de distribución y el abonado (acometida de abonado), en las redes rurales las acometidas de

abonado generalmente son largas; en el cable de acometida de abonado, también existe atenuación; los parámetros utilizados fueron parámetros medios y el margen de holgura para el cable calculado es pequeño; en el enlace, se utilizará cable con calibre de conductor 22 AWG (0.6 mm), con el fin de considerar los factores anteriormente enunciados y darle al enlace mayor margen de seguridad.

#### IV.8 Resultados del diseño de los enlaces con cable multipar:

Para el cálculo de los enlaces, se utilizaron los parámetros de cable multipar que aparecen en el cuadro No.II.1 (características eléctricas de los cables).

Los resultados se muestran en el cuadro No.IV.3.

ENLACE	DISTANCIA (km)	CALIBRE DE CONDUCTOR (mm)	DISTANCIA MAXIMA (km)	MARGEN (km)
SAN AGUSTIN-CHAHAL	5.00	0.60	9.40	4.40
SECHACTI-BOLONCO	10.00	0.90	13.30	3.30
PASMOLON-TACTIC	10.00	0.90	13.30	3.30
SEAMAY-SENAHU	2.50	0.40	5.55	3.05
OXLAJUJA-SENAHU	5.50	0.60	9.40	3.90
LA PLAYA-TUCURU	2.00	0.40	5.55	3.55
RIO TZETOC-SAN BENITO	5.00	0.60	9.40	4.40

CUADRO No.IV.3  
RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE DISEÑO PARA LOS ENLACE POR CABLE MULTIPAR

## V. EVALUACION SOCIO-ECONOMICA

### Introducción:

La factibilidad de ejecución de un proyecto no está limitada únicamente a aspectos técnicos, sino también a aspectos económicos y sociales, por lo cual, se hace necesario efectuar una evaluación financiera que nos indique la rentabilidad del proyecto; y como complemento de ésta, con el fin de determinar si el esfuerzo que conlleva la ejecución del proyecto vale la pena, una evaluación socio económica del impacto que el proyecto tendrá en las poblaciones.

Tomando en consideración que GUATEL no posee la capacidad necesaria para financiar la inversión que un proyecto de esta magnitud requiere y que por ende deberá financiarlo por medio de fondos externos, la evaluación financiera se efectuará, por medio del análisis del flujo de fondos utilizando tres posibles fuentes de financiamiento, las cuales son: crédito otorgado por un banco de desarrollo regional, crédito otorgado por proveedores y crédito otorgado por un banco comercial internacional, los cuales se constituirán en nuestros tres posibles escenarios de análisis.

En cada uno de los escenarios, se analizará el flujo de los ingresos corrientes, ingresos de capital, gastos corrientes y gastos de capital.

### V.1 Plan de ejecución:

El análisis financiero debe basarse en el plan estimado de ejecución del proyecto, para estimar el tiempo en que se realizarán los ingresos y egresos de fondos. Por tal razón, en el cuadro No.V.1, se presenta el cronograma de ejecución del proyecto.

### V.2 Fuente de financiamiento:

Debido a que el proyecto deberá financiarse con fondos externos, a continuación se presenta la forma de crédito supuesta para los tres escenarios mencionados con anterioridad.

El crédito otorgado por un banco de desarrollo regional, se supone, será a un plazo de 30 años, con 10 años de gracia, una tasa de interés de 3.5 % anual, con una capitalización semestral.





El crédito otorgado por un banco comercial internacional, se supone, será a un plazo de 15 años, con 3 años de gracia, una tasa de interés de 9 % anual, con una capitalización semestral.

El crédito otorgado por los proveedores, se supone, será a un plazo de 10 años, con 2 años de gracia, una tasa de interés de 12 % anual, con una capitalización semestral.

### V.3 Ingresos corrientes:

Se consideran ingresos corrientes, los ingresos provenientes de la venta de líneas telefónicas y la cuota mensual que cada abonado pagará por el tráfico telefónico generado.

En lo que respecta a la venta de líneas, el valor será de Q800.00 y se efectuará de acuerdo con el plan de instalaciones que se muestra en el cuadro No.V.2.

Para la estimación de los ingresos por la cuota mensual de uso del servicio, se calculó el promedio de ingresos provenientes de los abonados existentes en el departamento en el año 1,993. Los resultados se muestran en el cuadro No.V.3.

Los ingresos corrientes serán los mismos para los tres escenarios.

### V.4 Ingresos de capital:

Estos lo conforman los préstamos que se obtengan para financiar la inversión del proyecto, por lo que se debe partir de la estimación de ésta.

Para la estimación de la inversión del proyecto, se recabó información sobre los costos unitarios de los equipos que se van a utilizar, los cuales se basan en los precios cotizados a GUATEL en licitaciones anteriores. Estos valores se multiplicaron por los resultados obtenidos en los listados de equipamiento requerido por cada población que aparecen el capítulo III.

Los resultados de costos del proyecto se muestran en los cuadros No.V.4A, B y C.

Los ingresos de capital se harán de acuerdo con el programa de inversión que se muestra en el cuadro No.V.5. En él; se supone que la forma de pago del equipamiento se hará de la manera siguiente: 50 % en la fase de contratación, 25% en la fase de recepción en bodega y el 25% restante en la fase de prueba y aceptación final. La forma de pago del montaje se hará de la

PLAN DE INSTALACIONES

	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	ENERO
ABONADOS	'98	'98	'98	'98	'98	'98	'99
COMUNITARIOS	37						
DOMICILIARES	133	133	133	132	132	132	
TOTAL ACUMULADO	170	303	436	568	700	832	832

CUADRO No.V.2  
PLAN DE INSTALACIONES

INGRESO PROMEDIO MENSUAL POR ABONADO (Q)

ABONADO	INTERNACIONAL			NACIONAL			TOTAL
	AUTOM.	SEMIAUT.	COLLECT	LOCAL	AUTOM.	SEMIAUT.	
COMUNITARIO	3.37	2.45	0.02	2.18	66.75	0.31	75.08
DOMICILIAR	40.77	4.72	0.12	8.67	121.04	1.83	177.15

CUADRO No.V.3  
PROMEDIO DE INGRESO POR ABONADO EXISTENTE EN ALTA VERAPAZ

PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE ESTIMACION DE COSTOS DE EQUIPAMIENTO						
DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ						
SITIO O POBLACION	CONMUTACION (Q)	TRANSMISION (Q)	PLANTA EXTERNA (Q)	ENERGIA/AIRE ACONDICIONADO (Q)	OBRA CIVIL (Q)	TOTAL (Q)
Cahabón	Q.34,000.00	Q.73,040.00	Q.62,500.00	Q.14,686.00	Q.3,000.00	Q.187,226.00
Chahal		Q.41,809.24	Q.16,000.00	Q.3,240.00	Q.1,000.00	Q.62,049.24
Chisec		Q.41,809.24	Q.32,000.00	Q.3,240.00	Q.1,000.00	Q.78,049.24
Lanquín	Q.34,000.00	Q.73,040.00	Q.62,500.00	Q.14,686.00	Q.3,000.00	Q.187,226.00
Panzós	Q.34,000.00	Q.53,585.00	Q.62,500.00	Q.14,686.00		Q.164,771.00
Senahú	Q.34,000.00	Q.87,181.00	Q.60,500.00	Q.14,686.00		Q.196,367.00
Tamahú	Q.34,000.00	Q.31,680.00	Q.62,500.00	Q.14,686.00		Q.142,866.00
Ticurú	Q.34,000.00	Q.58,500.00	Q.57,500.00	Q.14,686.00		Q.164,686.00
La Tinta	Q.54,180.00	Q.83,944.00	Q.125,000.00	Q.14,686.00		Q.277,810.00
Telemán	Q.34,000.00	Q.51,672.00	Q.62,500.00	Q.14,686.00		Q.162,858.00
Raxrujá	Q.34,000.00	Q.88,603.00	Q.62,500.00	Q.18,686.00	Q.3,000.00	Q.206,769.00
Sn. Agustín Chahal		Q.17,375.00	Q.16,000.00			Q.33,375.00
Campur						
Chamil		Q.24,834.00	Q.10,000.00	Q.1,020.00	Q.1,000.00	Q.36,854.00
Boloncó		Q.17,084.00	Q.5,000.00	Q.3,240.00	Q.1,000.00	Q.26,324.00
Pasmolón			Q.5,000.00			Q.5,000.00
Balbatzú			Q.1,000.00			Q.1,000.00
Río Tzetzoc		Q.46,740.00	Q.1,500.00			Q.48,240.00
Rubelsanto		Q.19,859.00	Q.4,000.00	Q.3,240.00	Q.1,000.00	Q.28,099.00
Salacuim		Q.8,192.00	Q.1,500.00			Q.9,692.00
Chiacal		Q.46,740.00	Q.1,500.00			Q.48,240.00
La Playa		Q.18,596.00	Q.5,000.00			Q.23,596.00
Sechacté		Q.18,910.00	Q.1,000.00			Q.19,910.00
Seamay		Q.22,715.00	Q.1,000.00			Q.23,715.00
Chujmaic			Q.1,000.00			Q.1,000.00
Pucolá		Q.17,884.00	Q.1,000.00	Q.1,020.00	Q.1,000.00	Q.20,904.00
Oxtajuja		Q.32,718.00	Q.1,000.00			Q.33,718.00
Sesuchal			Q.1,000.00			Q.1,000.00
Playitas		Q.17,884.00	Q.1,000.00	Q.1,020.00	Q.1,000.00	Q.20,904.00
San Benito		Q.17,884.00	Q.500.00	Q.1,020.00	Q.1,000.00	Q.20,404.00
Saholom		Q.17,884.00	Q.500.00	Q.1,020.00	Q.1,000.00	Q.20,404.00
Cobán.		Q.173,079.00				Q.173,079.00
Tactic		Q.10,388.00				Q.10,388.00
Chikut		Q.158,430.00				Q.158,430.00
Chinajá		Q.71,979.00				Q.71,979.00
Cana Itzam		Q.168,653.00		Q.71,365.00	Q.31,500.00	Q.271,518.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q.326,180.00</b>	<b>Q.1,612,691.48</b>	<b>Q.724,500.00</b>	<b>Q.225,599.00</b>	<b>Q.49,500.00</b>	<b>Q.2,938,470.48</b>

CUADRO No.V.4A  
ESTIMACION DE COSTOS DE EQUIPAMIENTO

PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE ESTIMACION DE COSTOS DE MONTAJE						
DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ						
SITIO O POBLACION	CONMUTACION (Q)	TRANSMISION (Q)	PLANTA EXTERNA (Q)	ENERGIA/AIRE ACONDICIONADO (Q)	OBRA CIVIL (Q)	TOTAL (Q)
Cahabón	Q.16,000.00	Q.16,000.00		Q.600.00	Q.14,750.00	Q.47,350.00
Chahal		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.6,050.00	Q.8,229.00
Chisec		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.6,050.00	Q.8,229.00
Lanquín	Q.16,000.00	Q.16,000.00		Q.600.00	Q.14,750.00	Q.47,350.00
Panzós	Q.16,000.00	Q.75,452.00		Q.600.00	Q.14,000.00	Q.106,052.00
Senahú	Q.16,000.00	Q.78,738.00		Q.600.00	Q.14,000.00	Q.109,338.00
Tamahú	Q.16,000.00	Q.48,878.00		Q.600.00	Q.12,000.00	Q.77,478.00
Tucurú	Q.16,000.00	Q.65,452.00		Q.600.00	Q.12,000.00	Q.94,052.00
La Tintá	Q.16,000.00	Q.115,966.00		Q.600.00	Q.14,000.00	Q.146,566.00
Telomón	Q.16,000.00	Q.70,304.00		Q.600.00	Q.14,000.00	Q.100,904.00
Raxrujá	Q.16,000.00	Q.16,670.00		Q.600.00	Q.32,750.00	Q.66,020.00
San Agustín Chahal		Q.12,756.00				Q.12,756.00
Campur					Q.5,800.00	Q.5,800.00
Chamit		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.15,953.00	Q.18,132.00
Boloncó		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.6,050.00	Q.8,229.00
Pasmolón					Q.5,800.00	Q.5,800.00
Balbatzú					Q.5,800.00	Q.5,800.00
Río Tzetzoc		Q.7,755.00				Q.7,755.00
Rubelsanto		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.5,674.00	Q.7,853.00
Salacuján		Q.15,292.00				Q.15,292.00
Chiacat		Q.7,755.00				Q.7,755.00
La Playa		Q.2,990.00				Q.2,990.00
Suchuc'ij		Q.13,136.00				Q.13,136.00
Seamaj		Q.3,737.50				Q.3,737.50
Chajmaic					Q.5,800.00	Q.5,800.00
Pocolá		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.5,674.00	Q.7,853.00
Oxlajuja		Q.5,428.50				Q.5,428.50
Sesuchaj					Q.5,800.00	Q.5,800.00
Playillas		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.5,674.00	Q.7,853.00
San Benito		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.5,674.00	Q.7,853.00
Saholóm		Q.1,779.00		Q.400.00	Q.5,674.00	Q.7,853.00
Cobán		Q.21,130.00				Q.21,130.00
Tactic		Q.570.00				Q.570.00
Chikut		Q.36,115.00				Q.36,115.00
Chinajá		Q.9,655.00				Q.9,655.00
Cana Itzam		Q.26,795.00		Q.24,000.00	Q.1,244,715.00	Q.1,295,510.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q.144,000.00</b>	<b>Q.682,586.00</b>		<b>Q.33,000.00</b>	<b>Q.1,472,638.00</b>	<b>Q.2,332,224.00</b>

CUADRO No.V.4B  
ESTIMACION DE COSTOS DE MONTAJE

**PROYECTO TELEFONIA RURAL IV FASE  
RESUMEN DE COSTOS**

DEPARTAMENTO:		ALTA VERAPAZ		
No.	EQUIPO/OBRA	COSTO EQUIPAMIENTO (Q)	COSTO MONTAJE (Q)	COSTO TOTAL (Q)
1	CONMUTACION	Q.326,180.00	Q.144,000.00	Q.470,180.00
2	TRANSMISION	Q.1,612,691.48	Q.682,586.00	Q.2,295,277.48
3	PLANTA EXTERNA	Q.724,500.00		Q.724,500.00
4	ENERGIA Y AIRE ACONDICIONADO	Q.225,599.00	Q.33,000.00	Q.258,599.00
5	OBRA CIVIL	Q.49,500.00	Q.1,472,638.00	Q.1,522,138.00
6	HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS			Q.0.00
7	REPUESTOS			Q.0.00
8	MANUALES Y DOCUMENTACION			Q.0.00
9	CAPACITACION			Q.0.00
10	DESADUANAJE Y TRANSPORTE			Q.0.00
11	IMPREVISTOS			Q.0.00
	<b>TOTAL</b>	<b>Q.2,938,470.48</b>	<b>Q.2,332,224.00</b>	<b>Q.5,270,694.48</b>

CUADRO No.V.4C  
RESUMEN DE COSTOS

# PROGRAMA DE INVERSION (Q)

	1996		1997		1998		TOTAL
	1er. SEM.	2do. SEM.	1er. SEM.	2do. SEM.	1er. SEM.	2do. SEM.	
<b>EQUIPAMIENTO</b>							
CONMUTACION		163,090.00		81,545.00		81,545.00	326,180.00
TRANSMISION		806,345.74		403,172.87		403,172.87	1,612,691.48
PLANTA EXTERNA		362,250.00		181,125.00		181,125.00	724,500.00
ENERGIA/A.A.		112,799.50		56,399.75		56,399.75	225,599.00
OBRA CIVIL		24,750.00		12,375.00		12,375.00	49,500.00
<b>TOTAL 1</b>		<b>1,469,235.24</b>		<b>734,617.62</b>		<b>734,617.62</b>	<b>2,938,470.48</b>
<b>MONTAJE</b>							
CONMUTACION				72,000.00		72,000.00	144,000.00
TRANSMISION				341,293.00		341,293.00	682,586.00
PLANTA EXTERNA							
ENERGIA/A.A.				16,500.00		16,500.00	33,000.00
OBRA CIVIL				736,319.00		736,319.00	1,472,638.00
<b>TOTAL 2</b>				<b>1,166,112.00</b>		<b>1,166,112.00</b>	<b>2,332,224.00</b>
<b>TOTAL 1 + 2</b>		<b>1,469,235.24</b>		<b>1,900,729.62</b>		<b>1,900,729.62</b>	<b>5,270,694.48</b>
<b>OTROS</b>							
HERRAM., REP. Y MAN.							492,809.93
DESAD. Y TRANSP.							263,534.72
CAPACITACION					6,851.90	6,851.90	6,851.90
IMPREVISTOS		146,923.52		190,072.96		190,072.96	527,069.45
<b>TOTAL 3</b>		<b>146,923.52</b>		<b>946,417.62</b>		<b>190,072.96</b>	<b>1,290,266.01</b>
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>1,616,158.76</b>		<b>2,847,147.24</b>		<b>6,851.90</b>	<b>6,560,960.49</b>

CUADRO No. V.5  
PROGRAMA DE INVERSION

manera siguiente: 50% al inicio del montaje y 50% en la fase de prueba y aceptación final. El pago de herramientas y accesorios, repuestos, manuales y documentación, y desaduanaje y transporte, será del 100% en la fase de recepción en bodega. El pago de la capacitación deberá hacerse durante la fase de montaje. El pago de factores imprevistos se supuso que podría ser de: 27.88% en la fase de contratación, 36.06% en la fase de recepción en bodega y 36.06% en la fase de prueba y aceptación final.

#### V.5 Gastos corrientes:

Estos lo conforman los gastos de personal para mantenimiento, los servicios adquiridos, los suministros consumidos y la depreciación de los equipos y materiales.

En lo que respecta a los gastos de personal, GUATEL no tiene un estimado de éstos por línea en funcionamiento, por lo que se calculó con base en la cantidad de empleados que tiene actualmente la División de Mantenimiento y la cantidad de líneas que se tienen en servicio. Se procedió de la manera siguiente:

Total de empleados de GUATEL:	5,333
Total de empleados de mantenimiento:	1,635
Porcentaje de los empleados de mantenimiento en relación con todo GUATEL:	30.66 %

Luego, con base en la misma proporción encontrada, se supuso que cierta cantidad de empleados de las divisiones Financiera, Informática y Sistemas Generales, Recursos Humanos y Servicios Administrativos, y Gerencia, indirectamente están relacionados con el mantenimiento de las líneas y se sumaron estas cantidades. El resultado se muestra a continuación:

División de Mantenimiento:	1,635
División Financiera:	47
División Informática:	28
División de Recursos Humanos:	178
Gerencia:	<u>54</u>
Total:	1,942

Tomando en cuenta que los gastos de personal en el año 1,993 fue de Q 167,818,984.32, los gastos de personal por mantenimiento fueron aproximadamente:

$$\frac{167,818,984.32 * 1,942}{5,333} = Q61,110,907.09$$

Y siendo 231,090 el número de líneas en servicio en el año de 1,993, el gasto de personal por línea al año será igual a:

$$\frac{61,110,907.09}{231,090} = Q264.45$$

los gastos por servicios adquiridos en el año 1,993 fueron:

Líneas conectantes:	Q	108,554,545.05
Mantenimiento:	Q	18,086,050.34
Asesoría y asistencia técnica:	Q	749,162.27
Utilización de satélite:	Q	15,518,924.76
Arrendamientos:	Q	3,831,921.14
Auditorías y fiscalizaciones:	Q	800,160.76
Publicidad y relaciones públicas:	Q	3,875,178.49
Directorio Telefónico:	Q	21,870,955.78
Gastos bancarios:	Q	573,915.55
Otros servicios:	Q	<u>2,492,337.54</u>
Total:	Q	176,353,151.68

Por lo que los gastos por servicios adquiridos por línea en servicio en un año, fue de:

$$\frac{176,353,151.68}{231,090} = Q763.14$$

Respecto a los suministros consumidos, el total gastado por GUATEL en el año 1,993 fue de:

Electricidad y agua:	Q	9,752,543.20
Primas y seguros:	Q	10,576,977.15
Gastos de transporte:	Q	2,177,415.61
Suministros:	Q	11,138,334.29
Gastos de vehículos:	Q	<u>5,293,865.65</u>
Total:	Q	38,939,135.90

Por lo que los gastos por suministros consumidos por línea en servicio, gastada en un año fue de:

$$\frac{38,939,135.90}{231,090} = Q168.50$$

La tasa de depreciación de los materiales y equipo utilizado, se consideró en 5% anual.



## V.6 Gastos de capital:

Los Gastos de Capital los conforman las inversiones con fondos externos, las inversiones con fondos propios, las amortizaciones a capital y los gastos financieros.

Las inversiones con fondos propios serán iguales a cero, pues se parte del supuesto de que todo el proyecto será financiado con fondos externos.

Las inversiones con fondos externos están conformadas por los pagos que es necesario efectuar a los contratistas (plan de inversiones).

Las amortizaciones a capital, son los distintos pagos que se deben efectuar para amortizar la deuda adquirida.

Los gastos financieros consideran los intereses que se deben pagar por la deuda adquirida.

La forma en que se efectuarán, para cada escenario, las inversiones, la amortización a capital, los gastos financieros y la tasa de interés aplicada, se muestran en los cuadros No.V.6.

## V.7 Suposiciones utilizadas:

En el análisis financiero de un proyecto, interviene una serie de factores que deben ser estimados hacia el futuro y que por ende poseen cierto grado de incertidumbre. Sin embargo, dada la imposibilidad de determinar estos factores con exactitud, se hace necesario elaborar ciertos supuestos.

Las suposiciones hechas son las mismas que la División de Planeamiento y Diseño ha utilizado en la planificación de sus proyectos en el último año, y las cuales se sustentan en la experiencia adquirida en proyectos anteriores.

Las suposiciones son las siguientes:

- a. La forma de pago que se presenta en el programa de inversión depende del cumplimiento del programa de ejecución, el cual depende del grado de importancia que GUATEL le asigne al proyecto.
- b. La tasa de depreciación de los equipos es de 5% anual.
- c. Las tarifas de los diferentes servicios nacionales no variarán en el período de análisis, y las tarifas de los diferentes servicios internacionales se indexan al tipo de cambio.

## PRESTAMO: BANCO DE DESARROLLO REGIONAL

Tasa de interes: 3.50%

	PRINCIPAL	INTERESES	TOTAL	SALDO
1er. Sem.'96				
2do. Sem.'96				1,616,159
1er. Sem.'97		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'97		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'98		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'98		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'99		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'99		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'00		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'00		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'01		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'01		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'02		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'02		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'03		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'03		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'04		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'04		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'05		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'05		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'06		28,283	28,283	1,616,159
2do. Sem.'06		28,283	28,283	1,616,159
1er. Sem.'07	40,404	28,283	68,687	1,575,755
2do. Sem.'07	40,404	27,576	67,980	1,535,351
1er. Sem.'08	40,404	26,869	67,273	1,494,947
2do. Sem.'08	40,404	26,162	66,566	1,454,543
1er. Sem.'09	40,404	25,455	65,858	1,414,139
2do. Sem.'09	40,404	24,747	65,151	1,373,735
1er. Sem.'10	40,404	24,040	64,444	1,333,331
2do. Sem.'10	40,404	23,333	63,737	1,292,927
1er. Sem.'11	40,404	22,626	63,030	1,252,523
2do. Sem.'11	40,404	21,919	62,323	1,212,119
1er. Sem.'12	40,404	21,212	61,616	1,171,715
2do. Sem.'12	40,404	20,505	60,909	1,131,311
1er. Sem.'13	40,404	19,798	60,202	1,090,907
2do. Sem.'13	40,404	19,091	59,495	1,050,503
1er. Sem.'14	40,404	18,384	58,788	1,010,099
2do. Sem.'14	40,404	17,677	58,081	969,695
1er. Sem.'15	40,404	16,970	57,374	929,291
2do. Sem.'15	40,404	16,263	56,667	888,887
1er. Sem.'16	40,404	15,556	55,959	848,483
2do. Sem.'16	40,404	14,848	55,252	808,079
1er. Sem.'17	40,404	14,141	54,545	767,675
2do. Sem.'17	40,404	13,434	53,838	727,271
1er. Sem.'18	40,404	12,727	53,131	686,867
2do. Sem.'18	40,404	12,020	52,424	646,464
1er. Sem.'19	40,404	11,313	51,717	606,060
2do. Sem.'19	40,404	10,606	51,010	565,656
1er. Sem.'20	40,404	9,899	50,303	525,252
2do. Sem.'20	40,404	9,192	49,596	484,848
1er. Sem.'21	40,404	8,485	48,889	444,444
2do. Sem.'21	40,404	7,778	48,182	404,040
1er. Sem.'22	40,404	7,071	47,475	363,636
2do. Sem.'22	40,404	6,364	46,768	323,232
1er. Sem.'23	40,404	5,657	46,061	282,828
2do. Sem.'23	40,404	4,949	45,353	242,424
1er. Sem.'24	40,404	4,242	44,646	202,020
2do. Sem.'24	40,404	3,535	43,939	161,616
1er. Sem.'25	40,404	2,828	43,232	121,212
2do. Sem.'25	40,404	2,121	42,525	80,808
1er. Sem.'26	40,404	1,414	41,818	40,404
2do. Sem.'26	40,404	707	41,111	(0)

CUADRO NO.V.6.A GASTOS DE CAPITAL DEL PRIMER ESCENARIO

PRESTAMO: BANCO COMERCIAL INTERNACIONAL

Tasa de interes: 9.00%

	PRINCIPAL	INTERESES	TOTAL	SALDO
1er. Sem.'96				
2do. Sem.'96				1,616,159
1er. Sem.'97		72,727	72,727	1,616,159
2do. Sem.'97		72,727	72,727	1,616,159
1er. Sem.'98		72,727	72,727	1,616,159
2do. Sem.'98		72,727	72,727	1,616,159
1er. Sem.'99		72,727	72,727	1,616,159
2do. Sem.'99		72,727	72,727	1,616,159
1er. Sem.'00	67,340	72,727	140,067	1,548,819
2do. Sem.'00	67,340	69,697	137,037	1,481,479
1er. Sem.'01	67,340	66,667	134,006	1,414,139
2do. Sem.'01	67,340	63,636	130,976	1,346,799
1er. Sem.'02	67,340	60,606	127,946	1,279,459
2do. Sem.'02	67,340	57,576	124,916	1,212,119
1er. Sem.'03	67,340	54,545	121,885	1,144,779
2do. Sem.'03	67,340	51,515	118,855	1,077,439
1er. Sem.'04	67,340	48,485	115,825	1,010,099
2do. Sem.'04	67,340	45,454	112,794	942,759
1er. Sem.'05	67,340	42,424	109,764	875,419
2do. Sem.'05	67,340	39,394	106,734	808,079
1er. Sem.'06	67,340	36,364	103,704	740,739
2do. Sem.'06	67,340	33,333	100,673	673,399
1er. Sem.'07	67,340	30,303	97,643	606,060
2do. Sem.'07	67,340	27,273	94,613	538,720
1er. Sem.'08	67,340	24,242	91,582	471,380
2do. Sem.'08	67,340	21,212	88,552	404,040
1er. Sem.'09	67,340	18,182	85,522	336,700
2do. Sem.'09	67,340	15,151	82,491	269,360
1er. Sem.'10	67,340	12,121	79,461	202,020
2do. Sem.'10	67,340	9,091	76,431	134,680
1er. Sem.'11	67,340	6,061	73,401	67,340
2do. Sem.'11	67,340	3,030	70,370	0

CUADRO No.V.6.B. GASTOS DE CAPITAL DEL SEGUNDO ESCENARIO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

PRESTAMO: CREDITO DE PROVEEDORES

Tasa de interes: 12.00%

	PRINCIPAL	INTERESES	TOTAL	SALDO
1er. Sem.'96				
2do. Sem.'96				1,616,159
1er. Sem.'97		96,970	96,970	1,616,159
2do. Sem.'97		96,970	96,970	1,616,159
1er. Sem.'98		96,970	96,970	1,616,159
2do. Sem.'98		96,970	96,970	1,616,159
1er. Sem.'99	101,010	96,970	197,979	1,515,149
2do. Sem.'99	101,010	90,909	191,919	1,414,139
1er. Sem.'00	101,010	84,848	185,858	1,313,129
2do. Sem.'00	101,010	78,788	179,798	1,212,119
1er. Sem.'01	101,010	72,727	173,737	1,111,109
2do. Sem.'01	101,010	66,667	167,676	1,010,099
1er. Sem.'02	101,010	60,606	161,616	909,089
2do. Sem.'02	101,010	54,545	155,555	808,079
1er. Sem.'03	101,010	48,485	149,495	707,069
2do. Sem.'03	101,010	42,424	143,434	606,060
1er. Sem.'04	101,010	36,364	137,373	505,050
2do. Sem.'04	101,010	30,303	131,313	404,040
1er. Sem.'05	101,010	24,242	125,252	303,030
2do. Sem.'05	101,010	18,182	119,192	202,020
1er. Sem.'06	101,010	12,121	113,131	101,010
2do. Sem.'06	101,010	6,061	107,071	0

CUADRO No.V.6.C. GASTOS DE CAPITAL DEL TERCER ESCENARIO

d. El ingreso mensual por pago del servicio se incrementará a partir del año 2,000, a una tasa anual del 5%.

e. Las ofertas y el financiamiento se efectuarán en dólares.

f. La moneda se devaluará respecto al dólar de la manera siguiente:

del año 1,996 al 1,997	14% anual.
del año 1,997 al 1,998	12% anual.
del año 1,998 al 1,999	10% anual.
del año 1,999 al 2,004	9% anual.
del año 2,004 al 2,008	8% anual.
del año 2,008 al 2,011	7% anual.
del año 2,011 al 2,013	6% anual.
del año 2,013 al 2,014	5% anual.
del año 2,014 al 2,015	4% anual.
del año 2,015 al 2,016	3% anual.
del año 2,016 al 2,017	2% anual.
del año 2,017 al 2,018	1% anual.
del año 2,018 en adelante	0% anual.

g. La inflación anual será de la manera siguiente:

en el año 1,996	12% anual.
del año 1,997 al 2,001	10% anual.
del año 2,002 al 2,004	9% anual.
del año 2,005 al 2,008	8% anual.
del año 2,009 al 2,012	7% anual.
del año 2,013 al 2,014	6% anual.
del año 2,015 en adelante	5% anual.

h. Los gastos de personal, servicios adquiridos y suministros adquiridos, se indexarán conforme a la inflación.

i. La forma de financiamiento de las tres opciones será de acuerdo con las descritas anteriormente.

j. Los costos de los equipos, materiales y montaje, serán similares a los ofertados en proyectos anteriores.

k. GUATEL contratará todos los trabajos y servicios necesarios para la ejecución del proyecto.

#### V.8 Flujo de fondos:

En los cuadros No.V.7, se presentan los flujos de fondos para los tres escenarios del proyecto. Aunque en los cuadros, sólo se presenta el flujo de fondos hasta el año 2,005, el mismo fue estimado para un período de 30 años. Las cantidades negativas dentro de los cuadros, son expresadas dentro de paréntesis.

FINANCIAMIENTO: BANCO REGIONAL DE DESARROLLO

	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
<b>INGRESOS</b>										
INGRESOS CORRIENTES	0	0	1,441,612	2,984,620	3,274,949	3,601,664	3,969,976	4,385,878	4,831,163	5,331,367
INSTALACION			636,000	0						
TELEFONIA NACIONAL	0	0	464,291	1,640,831	1,722,873	1,809,016	1,899,467	1,994,441	2,094,163	2,198,871
Local			29,959	106,799	112,139	117,746	123,633	129,815	136,305	143,121
Automático			428,049	1,511,575	1,587,154	1,666,511	1,749,837	1,837,329	1,929,195	2,025,655
Semiautomático			6,283	22,457	23,580	24,759	25,997	27,297	28,662	30,095
TELEFONIA INTERNACIONAL	0	0	341,321	1,343,789	1,552,076	1,792,648	2,070,509	2,391,437	2,737,000	3,132,497
Automático			304,814	1,201,836	1,388,120	1,603,279	1,851,787	2,138,814	2,447,873	2,801,590
Semiautomático			36,507	141,953	163,956	189,369	218,722	252,623	289,128	330,906
Collect			903	3,551	4,102	4,737	5,472	6,320	7,233	8,278
INGRESOS DE CAPITAL	15,264,167	30,655,180	25,295,654	0	0	0	0	0	0	0
Préstamos a obtener	15,264,167	30,655,180	25,295,654							
Donaciones										
<b>TOTAL</b>	<b>15,264,167</b>	<b>30,655,180</b>	<b>26,737,266</b>	<b>2,984,620</b>	<b>3,274,949</b>	<b>3,601,664</b>	<b>3,969,976</b>	<b>4,385,878</b>	<b>4,831,163</b>	<b>5,331,367</b>
<b>EGRESOS</b>										
GASTOS CORRIENTES	0	763,208	3,752,754	5,332,370	5,496,100	5,676,202	5,858,473	6,057,545	6,270,167	6,481,410
Gastos de personal			298,174	336,937	370,631	407,694	444,366	484,381	527,975	570,213
Servicios adquiridos	0	0	867,652	988,149	1,086,179	1,194,012	1,300,864	1,417,342	1,544,196	1,667,231
Suministros consumidos			290,960	320,056	352,052	387,268	425,995	468,594	510,767	556,737
Depreciación		763,208	2,295,967	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228
GASTOS DE CAPITAL	15,264,167	31,264,220	27,180,908	3,046,072	3,350,679	3,685,747	4,054,321	4,459,753	4,861,131	5,298,633
Inversión Fondos externos				0	0	0	0	0	0	0
Inversión Fondos propios				0	0	0	0	0	0	0
Amortización a capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos financieros	0	609,040	1,865,254	3,046,072	3,350,679	3,685,747	4,054,321	4,459,753	4,861,131	5,298,633
PARTICIPACIONES				0	0	0	0	0	0	0
Gobierno				0	0	0	0	0	0	0
Empleados				0	0	0	0	0	0	0
Cesantías, Pensiones y Jubilación				0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>15,264,167</b>	<b>32,027,428</b>	<b>30,933,663</b>	<b>8,378,442</b>	<b>8,846,779</b>	<b>9,361,949</b>	<b>9,912,794</b>	<b>10,517,298</b>	<b>11,131,299</b>	<b>11,780,043</b>
<b>SALDO</b>	<b>0</b>	<b>(1,372,249)</b>	<b>(4,196,396)</b>	<b>(5,393,822)</b>	<b>(5,571,830)</b>	<b>(5,760,285)</b>	<b>(5,942,819)</b>	<b>(6,131,421)</b>	<b>(6,300,136)</b>	<b>(6,448,675)</b>
(+) Depreciación	0	763,208	2,295,967	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228
<b>FLUJO NETO</b>	<b>0</b>	<b>(609,040)</b>	<b>(1,900,429)</b>	<b>(1,706,594)</b>	<b>(1,884,601)</b>	<b>(2,073,056)</b>	<b>(2,255,590)</b>	<b>(2,444,192)</b>	<b>(2,612,908)</b>	<b>(2,761,447)</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO =</b>	<b>(48,286,138)</b>									

CUADRO No. V.7A. FLUJO DE FONDOS.PARA EL PRIMER ESCENARIO

FINANCIAMIENTO: BANCO COMERCIAL INTERNACIONAL

	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
<b>INGRESOS</b>										
INGRESOS CORRIENTES	0	0	1,441,612	2,984,620	3,274,949	3,601,664	3,969,976	4,385,878	4,831,163	5,331,367
INSTALACION	0	0	636,000	0	0	0	0	0	0	0
TELEFONIA NACIONAL	0	0	464,291	1,640,831	1,722,873	1,809,016	1,899,467	1,994,441	2,094,163	2,198,871
Local	0	0	29,959	106,799	112,139	117,746	123,633	129,815	136,305	143,121
Automático	0	0	428,049	1,511,575	1,587,154	1,666,511	1,749,837	1,837,329	1,929,195	2,025,655
Semiautomático	0	0	6,283	22,457	23,580	24,759	25,997	27,297	28,662	30,095
TELEFONIA INTERNACIONAL	0	0	341,321	1,343,789	1,552,076	1,792,648	2,070,509	2,391,437	2,737,000	3,132,497
Automático	0	0	304,814	1,201,836	1,388,120	1,603,279	1,851,787	2,138,814	2,447,873	2,801,590
Semiautomático	0	0	36,507	141,953	163,956	189,369	218,722	252,623	289,128	330,906
Collect	0	0	903	3,551	4,102	4,737	5,472	6,320	7,233	8,278
INGRESOS DE CAPITAL	15,264,167	30,655,180	25,295,654	0	0	0	0	0	0	0
Préstamos a obtener	15,264,167	30,655,180	25,295,654	0	0	0	0	0	0	0
Donaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	15,264,167	30,655,180	26,737,266	2,984,620	3,274,949	3,601,664	3,969,976	4,385,878	4,831,163	5,331,367

	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
<b>EGRESOS</b>										
GASTOS CORRIENTES	0	763,208	3,752,754	5,332,370	5,496,100	5,676,202	5,858,473	6,057,545	6,270,167	6,481,410
Gastos de personal	0	0	298,174	336,937	370,631	407,694	444,386	484,381	527,975	570,213
Servicios adquiridos	0	0	867,652	988,149	1,086,179	1,194,012	1,300,864	1,417,342	1,544,196	1,667,231
Suministros consumidos	0	0	290,960	320,056	352,062	387,268	425,995	468,594	510,767	556,737
Depreciación	0	763,208	2,295,967	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228
GASTOS DE CAPITAL	15,264,167	32,221,283	30,143,451	7,832,756	16,414,337	17,265,968	18,123,782	18,980,498	19,647,072	20,279,887
Inversión Fondos externos	15,264,167	30,655,180	25,295,654	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Fondos propios	(0)	(0)	(0)	0	0	0	0	0	0	0
Amortización a capital	0	0	0	0	7,977,807	8,775,587	9,653,146	10,618,461	11,574,122	12,615,793
Gastos financieros	0	1,566,104	4,847,796	7,832,756	8,436,531	8,490,381	8,470,636	8,362,038	8,072,950	7,664,094
PARTICIPACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gobierno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empleados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cesantías, Pensiones y Jubilación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	15,264,167	32,984,492	33,896,205	13,165,126	21,910,437	22,942,170	23,982,255	25,038,043	25,917,240	26,761,297
<b>SALDO</b>	0	(2,329,312)	(7,158,939)	(10,180,506)	(18,635,488)	(19,340,506)	(20,012,279)	(20,652,165)	(21,066,077)	(21,429,930)
(+) Depreciación	0	763,208	2,295,967	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228
<b>FLUJO NETO</b>	0	(1,566,104)	(4,862,971)	(6,493,278)	(14,948,260)	(15,653,278)	(16,325,051)	(16,964,937)	(17,398,849)	(17,742,701)

VALOR ACTUAL NETO = (98,816,906)  
 CUADRO No. V.7B. FLUJO DE FONDOS PARA EL SEGUNDO ESCENARIO

FINANCIAMIENTO: CREDITO PROVEEDORES

	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
<b>INGRESOS</b>										
INGRESOS CORRIENTES	0	0	1,441,612	2,984,620	3,274,949	3,601,664	3,969,976	4,385,878	4,831,163	5,331,367
INSTALACION	0	0	636,000	0	0	0	0	0	0	0
TELEFONIA NACIONAL	0	0	464,291	1,640,831	1,722,873	1,809,016	1,899,467	1,994,441	2,094,163	2,198,871
Local	0	0	29,959	106,799	112,139	117,746	123,633	129,815	136,305	143,121
Automático	0	0	428,049	1,511,575	1,587,154	1,666,511	1,749,637	1,837,329	1,929,195	2,025,655
Semiautomático	0	0	6,283	22,457	23,580	24,759	25,997	27,297	28,662	30,095
TELEFONIA INTERNACIONAL	0	0	341,321	1,343,789	1,552,076	1,792,648	2,070,509	2,391,437	2,737,000	3,132,497
Automático	0	0	304,814	1,201,836	1,388,120	1,603,279	1,851,787	2,138,814	2,447,873	2,801,590
Semiautomático	0	0	36,507	141,953	163,956	189,369	218,722	252,623	289,128	330,906
Collect	0	0	903	3,551	4,102	4,737	5,472	6,320	7,233	8,278
INGRESOS DE CAPITAL	15,264,167	30,655,180	25,295,654	0	0	0	0	0	0	0
Préstamos a obtener	15,264,167	30,655,180	25,295,654	0	0	0	0	0	0	0
Donaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>15,264,167</b>	<b>30,655,180</b>	<b>26,737,266</b>	<b>2,984,620</b>	<b>3,274,949</b>	<b>3,601,664</b>	<b>3,969,976</b>	<b>4,385,878</b>	<b>4,831,163</b>	<b>5,331,367</b>
<b>EGRESOS</b>										
GASTOS CORRIENTES	0	763,206	3,752,754	5,332,370	5,496,100	5,676,202	5,858,473	6,057,545	6,270,167	6,481,410
Gastos de personal	0	0	298,174	336,937	370,631	407,694	444,386	484,381	527,975	570,213
Servicios adquiridos	0	0	867,652	988,149	1,086,179	1,194,012	1,300,864	1,417,342	1,544,196	1,667,231
Suministros consumidos	0	0	290,960	320,056	352,062	387,268	425,995	468,594	510,767	556,737
Depreciación	0	763,206	2,295,967	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228
GASTOS DE CAPITAL	15,264,167	32,743,316	31,759,363	20,996,137	21,659,745	22,246,114	22,733,159	23,095,152	23,090,374	22,897,665
Inversión Fondos externos	(0)	(0)	(0)	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Fondos propios	0	0	0	10,878,827	11,966,710	13,163,381	14,479,719	15,927,691	17,361,183	18,923,690
Amortización a capital	0	0	6,463,728	10,117,309	9,693,035	9,082,733	8,253,440	7,167,461	5,729,190	3,973,975
Gastos financieros	0	2,088,136	0	0	0	0	0	0	0	0
PARTICIPACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gobierno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empleados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cesantías, Pensiones y Jubilación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>15,264,167</b>	<b>33,506,526</b>	<b>35,512,137</b>	<b>26,328,507</b>	<b>27,155,845</b>	<b>27,922,316</b>	<b>28,591,632</b>	<b>29,152,697</b>	<b>29,360,541</b>	<b>29,379,074</b>
<b>SALDO</b>	<b>0</b>	<b>(2,651,346)</b>	<b>(8,774,871)</b>	<b>(23,343,887)</b>	<b>(23,880,896)</b>	<b>(24,320,652)</b>	<b>(24,621,656)</b>	<b>(24,766,819)</b>	<b>(24,529,378)</b>	<b>(24,047,707)</b>
(+) Depreciación	0	763,206	2,295,967	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228	3,687,228
<b>FLUJO NETO</b>	<b>0</b>	<b>(2,088,136)</b>	<b>(6,478,903)</b>	<b>(19,656,659)</b>	<b>(20,193,668)</b>	<b>(20,633,423)</b>	<b>(20,934,428)</b>	<b>(21,079,591)</b>	<b>(20,842,150)</b>	<b>(20,360,479)</b>

VALOR ACTUAL NETO = (91,032,696)

CUADRO No. V.7C. FLUJO DE FONDOS DEL TERCER ESCENARIO



Como se puede observar de los valores obtenidos de los flujos de fondos para los tres escenarios, el proyecto no es rentable bajo las condiciones en que se efectuaron los cálculos.

El financiamiento más favorable, para la ejecución del proyecto, lo presenta el Banco de Desarrollo Regional.

Debido a la no rentabilidad del proyecto, éste no aportará utilidades para GUATEL.

#### V.9 Impacto socio-económico en las poblaciones:

Los beneficios socio-económicos que los servicios de telecomunicaciones traen consigo para las comunidades son múltiples y complejos, cuando están las distintas actividades económicas interactuando entre sí y al ser distintas para cada comunidad. Por tal razón, un cálculo cuantitativo del impacto socio-económico del proyecto está fuera del alcance de este estudio. Sin embargo, a nivel cualitativo, si es posible describir los beneficios en cuestión.

Los servicios de telecomunicaciones promueven un mayor y mejor intercambio de información, al posibilitar una rápida comunicación con otros lugares a menor costo. Esta circunstancia los hace más eficientes en muchos casos, al compararlos con los medios de comunicación tradicionales, razón por la cual, algunas veces los sustituye y en otras, los complementa.

Las actividades socio-económicas están íntimamente relacionadas con los medios de comunicación, por lo que una mejora en la eficacia de los mismos, se refleja directamente en tres factores socio-económicos básicos ligados entre sí, los cuales son: mejora en la comercialización de los productos, mejora en los costos de producción y mejora al bienestar de la población.

Las razones por las cuales estos factores son mejorados se describen a continuación:

Con la mejora en la comercialización de los productos, a través del incremento del intercambio de información, es posible:

- a. Expandir los mercados nacionales e internacionales por medio de un ágil acceso a la información de los productos que el mercado requiere y su promoción.
- b. Ampliar el intercambio comercial por medio del flujo de información que promueva el consumo.
- c. Agilizar las transacciones monetarias (adquisición de créditos, establecimiento de precios, liquidación de cuentas etc.).

- e. Mejorar la administración de la comercialización (conocimiento de precios, conocimiento de los medios de transporte, fechas de embarque, etc.).

Con la mejora en los costos de producción, a través del incremento del intercambio de información, es posible:

- a. Agilizar el suministro de insumos para los medios de producción por medio de una rápida comunicación con los proveedores.
- b. Comparar los precios de los productos necesarios para la producción, entre varios proveedores.
- c. Agilizar la información y asesoría sobre nuevos métodos de producción y control de plagas.
- d. Mejorar la administración de los medios de producción, al posibilitarse cierto nivel de organización y control a distancia.

Con la mejora en el bienestar de la población, a través del incremento del intercambio de información, es posible:

- a. Mejorar los servicios sociales (salud, educación, higiene, control de epidemias), por medio de un mejor control gubernamental o de las distintas entidades de servicio.
- b. Mejorar la comunicación entre las personas que habitan en diferentes lugares.

En conclusión, se puede afirmar que, aunque el proyecto no genera los fondos necesarios para reembolsar la inversión, el país se beneficia, ya que una mejora en los factores socio-económicos anteriormente expuestos, refleja directamente en los factores siguientes: desarrollo de recursos humanos, crecimiento de la agroindustria, incremento de la producción agrícola, incremento de la producción artesanal, incremento de empleos, disminución de la migración hacia las áreas urbanas, incremento de ingresos y desarrollo más equilibrado del país.

## CONCLUSIONES

1. El número de habitantes no es suficiente para medir el grado de importancia de las poblaciones rurales.
2. El parámetro más significativo para medir el grado de importancia de las poblaciones rurales es el educativo.
3. Las poblaciones más desarrolladas encontradas en el estudio de campo, fueron aquellas que se han formado alrededor de parcelamientos agrarios, en los cuales los principales productos son: el cardamomo, el arroz y el ganado. En el otro sentido, la poblaciones menos desarrolladas fueron aquellas que se han formado alrededor de fincas cafetaleras.
4. Existen aldeas con mayor importancia socio-económica, que algunas cabeceras municipales.
5. Debido a las características de los equipos de multiacceso (bajo costo, fácil instalación, bajo consumo de energía), este medio de transmisión es el más apropiado para núcleos poblacionales rurales, que se enlazan por radio, con menos de 50 abonados.
6. El costo más alto de un proyecto de telefonía rural lo constituye el desarrollo de nuevas estaciones repetidoras, debido a que, generalmente, los puntos adecuados para tal fin, son de difícil acceso.
7. Debido al desarrollo que ha tenido la tecnología de fibra óptica, lo cual se ve reflejado en la disminución del costo, es válido tomar en cuenta este medio de transmisión en los proyectos de telefonía rural, como alternativa al desarrollo de nuevas estaciones repetidoras.
8. La mayoría de las poblaciones rurales del departamento de Alta Verapaz, se encuentran aisladas y con escaso acceso a los servicios básicos; situación que hace que todas las poblaciones tengan necesidad de los servicios de telecomunicaciones.
9. A pesar de que el proyecto no es financieramente rentable para GUATEL, la ejecución del mismo traerá beneficios económicos para el país.
10. El presente proyecto no cubre todas las necesidades de servicios de telecomunicaciones que el departamento requiere, por lo que en el futuro deberán desarrollarse nuevos, los que tendrán costos de inversión menores, porque se contará con mayor infraestructura que la actual, como producto de la ejecución del presente proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. De ejecutarse el proyecto, deben seguirse los lineamientos del presente trabajo, con el fin de beneficiar a la mayor cantidad de habitantes, al menor costo posible.
2. Se recomienda efectuar un estudio de los costos de operación y mantenimiento, con el fin de disminuir el costo de los mismos y tener mayor certidumbre en la evaluación de los proyectos.
3. Se recomienda estudiar la posibilidad de involucrar a las comunidades en la ejecución del proyecto, con el fin de reducir los costos de inversión.
4. Debido a que el desarrollo del proyecto tiene un fuerte impacto social, se recomienda estudiar la posibilidad de que otras instituciones del estado, colaboren en el desarrollo de los caminos de acceso hacia las estaciones repetidoras y locales, ya que este factor es bastante oneroso para GUATEL.
5. Se recomienda a GUATEL efectuar un estudio tarifario, ya que las tarifas actuales no reflejan los costos de inversión y operación de la red.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ares, Roberto Angel. **Sistemas de transmisión digital** (Volúmenes 1 y 2). Chile: Siemens Telecomunicazioni s.p.a., 1991. 453 pp.
2. Belleza, Eduardo y Oscar Szymanczyk. **Diseño de planta externa**. s.l.i.: Colección Técnica AHCET-ICI, 1987. 287 pp.
3. Noboru, Yamane. **Fundamentos de propagación de microondas**. Mexico: s.p.i., 1974. 124 pp.
4. **Advanced design and planing of digital transmission networks**. Italia: Marconi Italiana, 1983. 156 pp.
5. **Digital radio relay systems**. Japón: Nippon Electric Company, 1990. 78 pp.
6. **DRMASS, digital radio multiplex access subscriber system**. Japón: Nippon electric Company, 1990. 63 pp.
7. **Ingeniería de transmisión (diseño de sistemas de microondas)**. México: Japan international cooperation agency, 1980. 105 pp.
8. **Ingeniería de transmisión (generalidades de ingeniería de transmisión)**. México: Japan international cooperation agency, 1983, 120 pp.
9. **Telephone outside plan engineering**. Japón: Nippon telegraph and telephone public corporation, 1981. 68 pp.

ANEXO A



**CENTRAL ANALOGICA**  
(A= CAPACIDAD DE LINEAS DE LA CENTRAL)  
(B= TIPO DE CENTRAL)



**CENTRAL DIGITAL**  
(A= CAPACIDAD DE LINEAS DE LA CENTRAL)  
(B= TIPO DE CENTRAL)



**CONCENTRADOR DIGITAL O UNIDAD REMOTA**  
(A= CAPACIDAD DE LINEAS DEL CONCENTRADOR)



**CONCENTRADOR PARA MULTIACCESO ANALOGICO**  
(A= CAPACIDAD DE LINEAS DEL CONCENTRADOR)



**CONCENTRADOR PARA MULTIACCESO DIGITAL**



**ESTACION CENTRAL MULTIACCESO DIGITAL**  
(A= CAPACIDAD DE LINEAS DE LA CENTRAL DE MULTIACCESO)



**REPETIDOR ACTIVO**



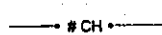
**REPETIDOR PASIVO**



**EQUIPO TERMINAL DE LINEA PCM**



**SERVICIO VIA SATELITE**



**RADIO ENLACE ANALOGICO**  
(# CH= NUMERO DE CANALES)



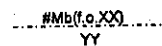
**RADIO ENLACE DIGITAL**  
(# Mb= VELOCIDAD DE TRANSMISION)



**CABLE MULTIPAR**  
(XX= NUMERO DE PARES) (YY= DISTANCIA EN KILOMETROS)



**CABLE PCM**  
(#= VELOCIDAD DE TRANSMISION) (XX= NUMERO DE PARES)  
(ZZ= CALIBRE DE LOS CONDUCTORES) (YY= DISTANCIA EN KILOMETROS)



**CABLE DE FIBRA OPTICA**  
(#= VELOCIDAD DE TRANSMISION) (XX= NUMERO DE FIBRAS)  
(YY= DISTANCIA EN KILOMETROS)

NOTA:  
EN LOS DIAGRAMAS, LA LINEA DELGADA SIGNIFICA NUEVO  
Y LA LINEA GRUESA SIGNIFICA EXISTENTE.

**USAC**  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: TELEFONIA RURAL IV FASE  
DIAGRAMA DE ENRUTAMIENTO

**ALTA VERAPAZ**

DISEÑO: HORACIO FERNANDEZ SOLORZANO

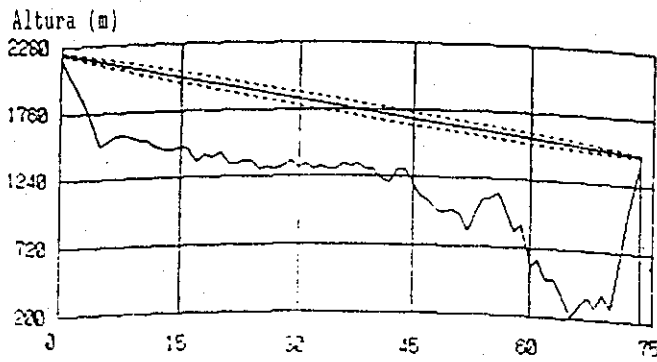
DIBUJO: HORACIO FERNANDEZ SOLORZANO

FECHA: JULIO 1, 1993 | HOJA No. 1

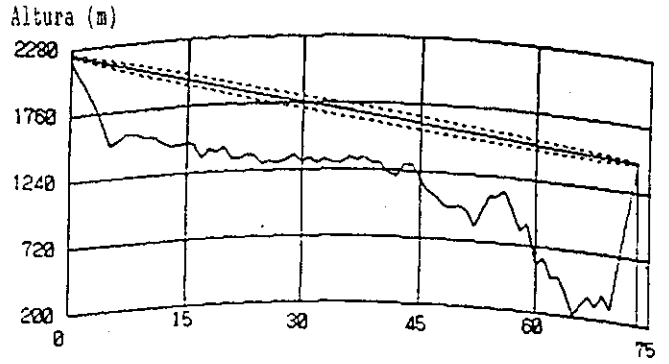
ANEXO B



K=4/3



K=2/3

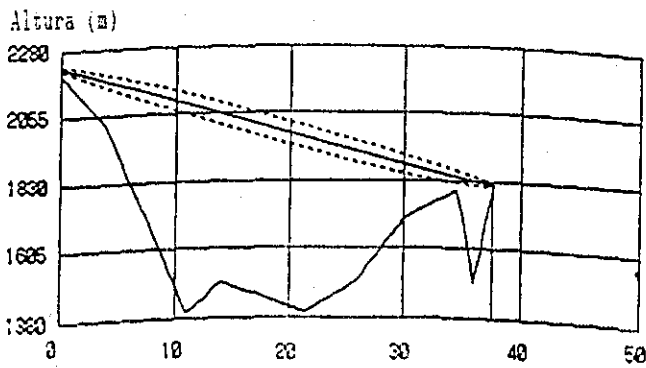


Distancia: 75.55 km  
Frecuencia: 2.000 Mhz

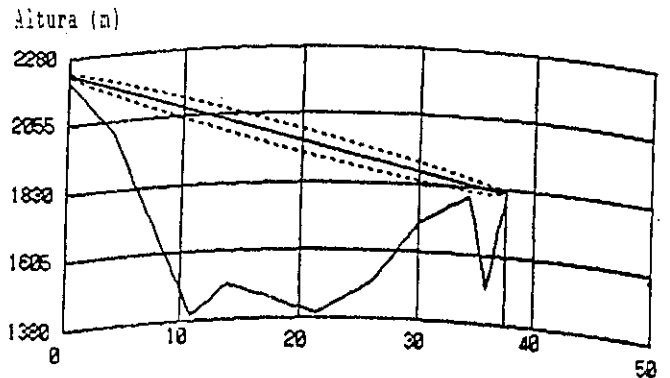
Lugar: Chikus  
Altura: 2.280 m  
Altura de antena: 25 m

Lugar: Cane Isuan  
Altura: 2.400 m  
Altura de antena: 25 m

K=4/3



K=2/3

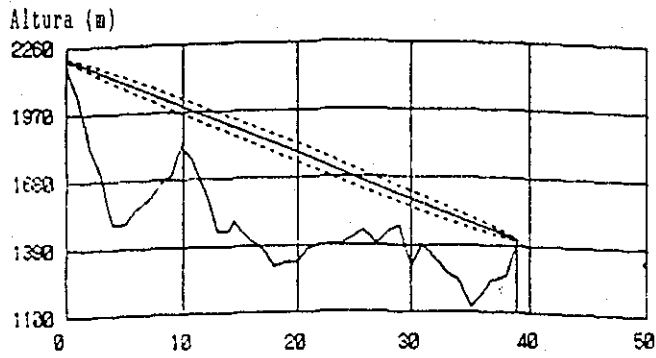


Distancia: 37.5 km  
Frecuencia: 2.000 Mhz

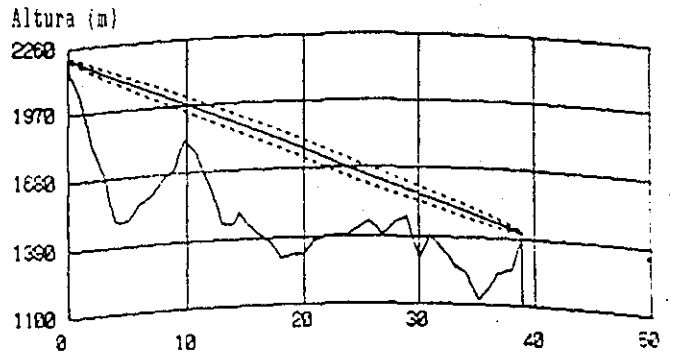
Lugar: Chikut  
Altura: 2.280 m  
Altura de antena: 20 m

Lugar: Chamli  
Altura: 1.800 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3

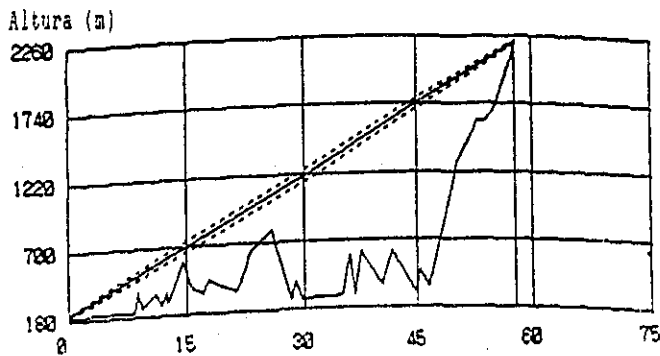


Distancia: 38.96 km  
Frecuencia: 1,000 Mhz

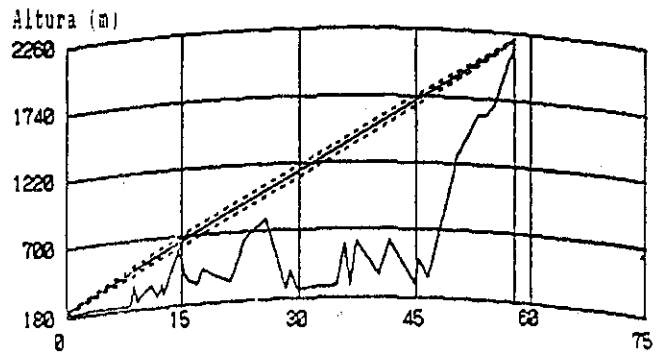
Lugar: Chikuc  
Altura: 2,260 m  
Altura de antena: 15 m

Lugar: Pocolá  
Altura: 1,400 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3

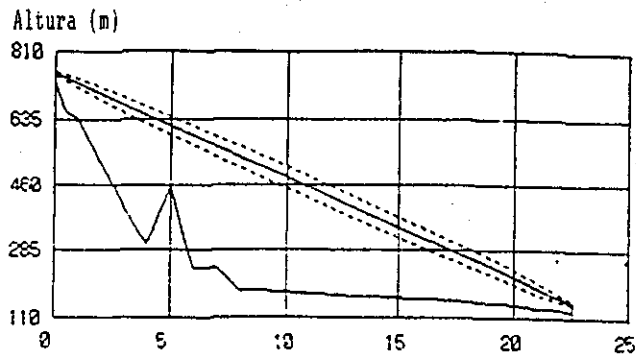


Distancia: 57.9 km  
Frecuencia: 2,300 Mhz

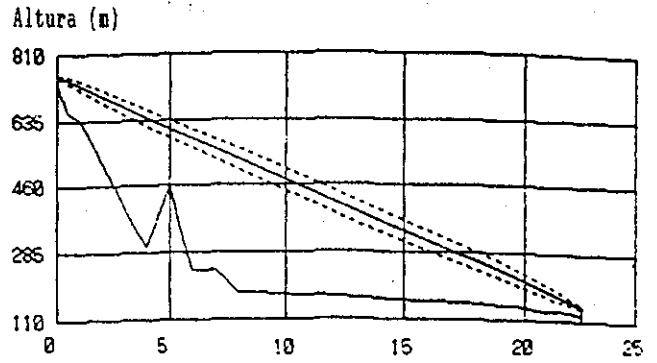
Lugar: Saholon  
Altura: 200 m  
Altura de antena: 15 m

Lugar: Chikuc  
Altura: 2,200 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3

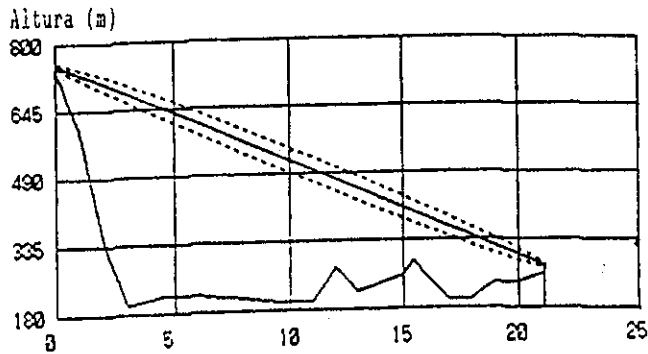


Distancia: 25.0 km  
Frecuencia: 1.000 Mhz

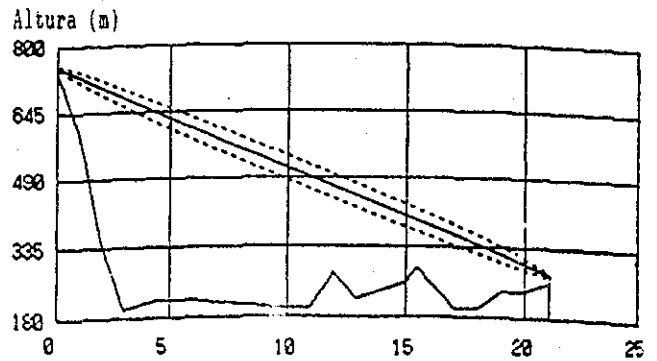
Lugar: Chinajá  
Altura: 735 m  
Altura de antena: 10 m

Lugar: Playitas  
Altura: 180 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3

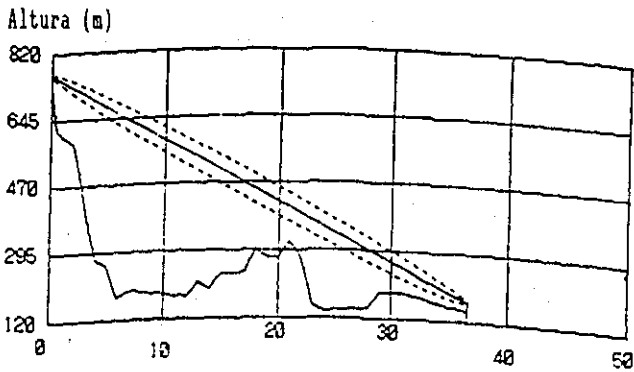


Distancia: 21.1 km  
Frecuencia: 2.000 Mhz

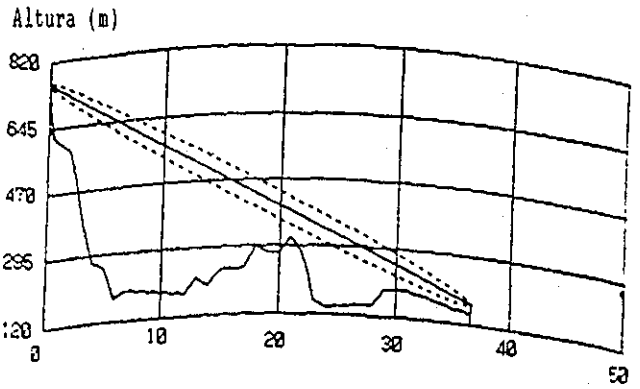
Lugar: Chinajá  
Altura: 735 m  
Altura de antena: 15 m

Lugar: Chisec  
Altura: 280 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3

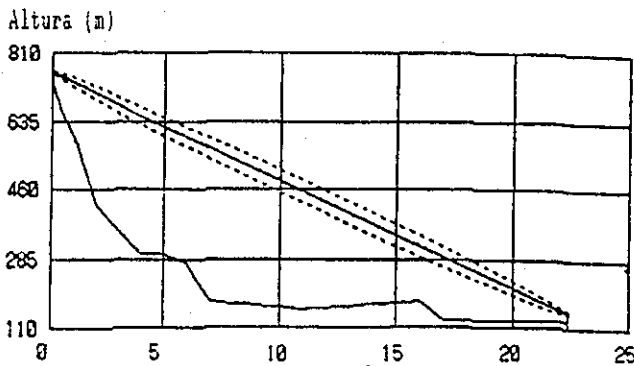


Distancia: 36.6 km  
Frecuencia: 2,000 Mhz

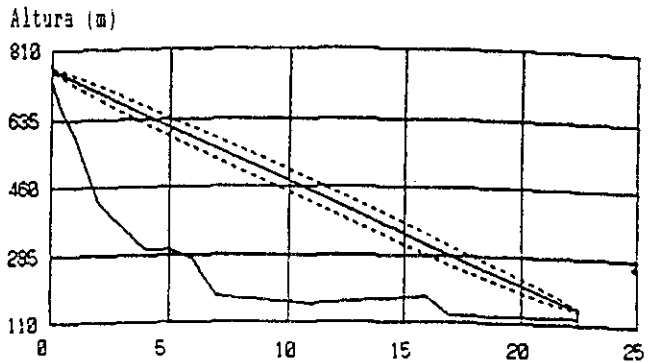
Lugar: Chinajá  
Altura: 735 m  
Altura de antena: 25 m

Lugar: San Benito  
Altura: 150 m  
Altura de antena: 20 m

K=4/3



K=2/3

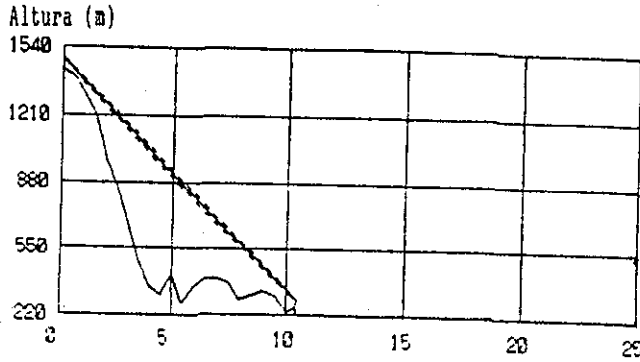


Distancia: 22.4 km  
Frecuencia: 2,000 Mhz

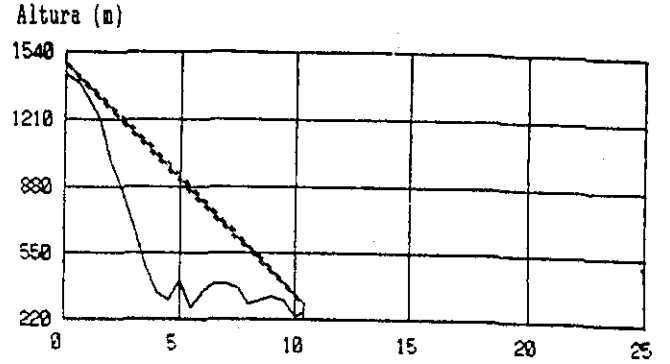
Lugar: Chinajá  
Altura: 735 m  
Altura de antena: 25 m

Lugar: Rubelsanto  
Altura: 130 m  
Altura de antena: 18 m

K=4/3



K=2/3

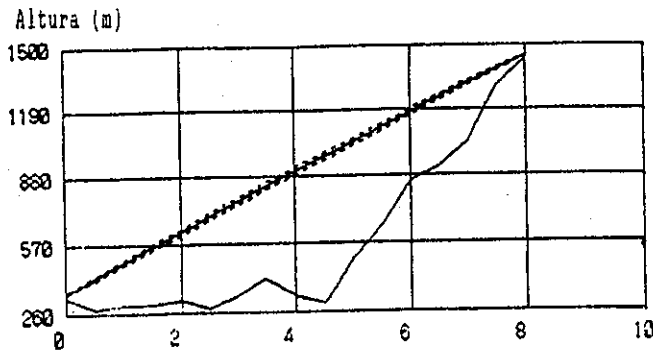


Distancia: 10.45 km  
Frecuencia: 2,000 Mhz

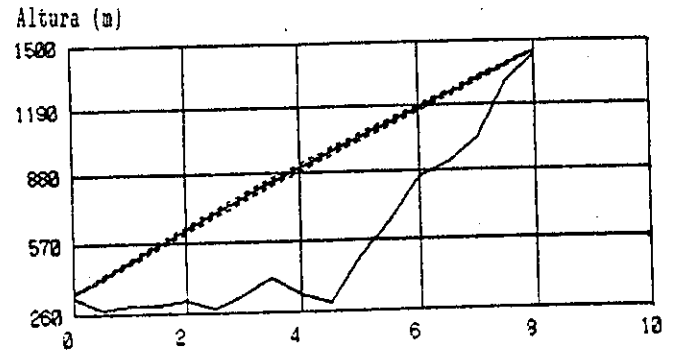
Lugar: Caba Itzam  
Altura: 1,439 m  
Altura de antena: 50 m

Lugar: Cahaocón  
Altura: 260 m  
Altura de antena: 30 m

K=4/3



K=2/3

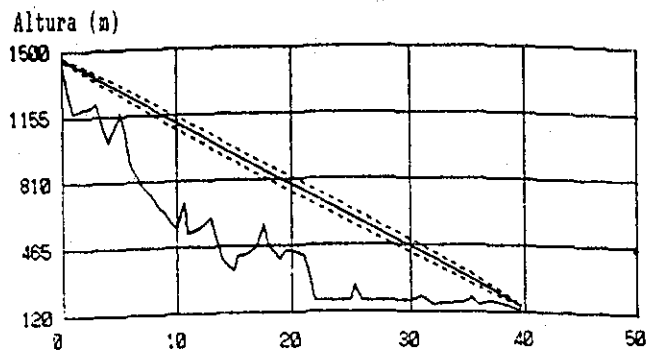


Distancia: 8 km  
Frecuencia: 2,000 Mhz

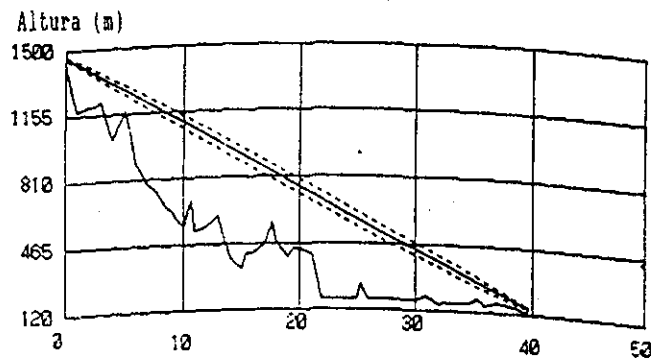
Lugar: Lanquín  
Altura: 340 m  
Altura de antena: 15 m

Lugar: Caba Itzam  
Altura: 1,439 m  
Altura de antena: 10 m

K=4/3



K=2/3

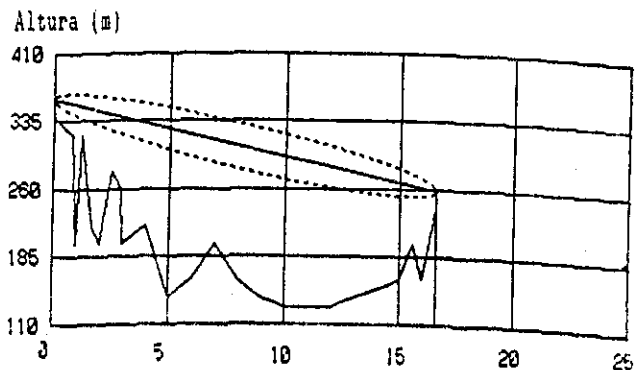


Distancia: 39.55 km  
Frecuencia: 2,900 KHz

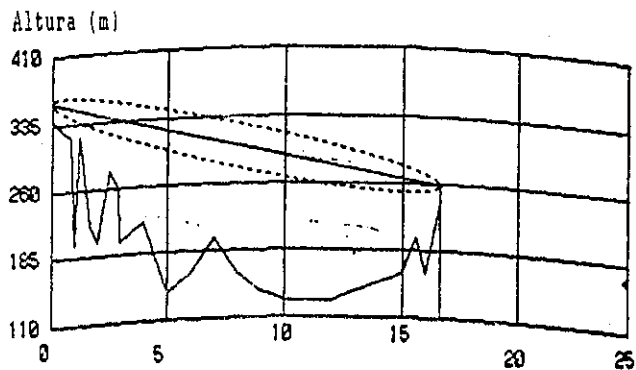
Lugar: Oana Iuzan  
Altura: 1,439 m  
Altura de antena: 30 m

Lugar: Chanal  
Altura: 149 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3

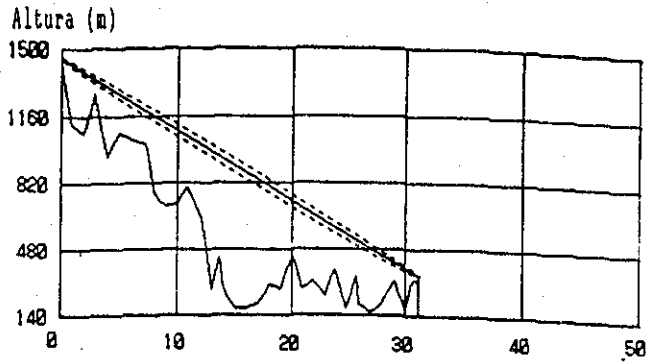


Distancia: 18.6 km  
Frecuencia: 2,900 KHz

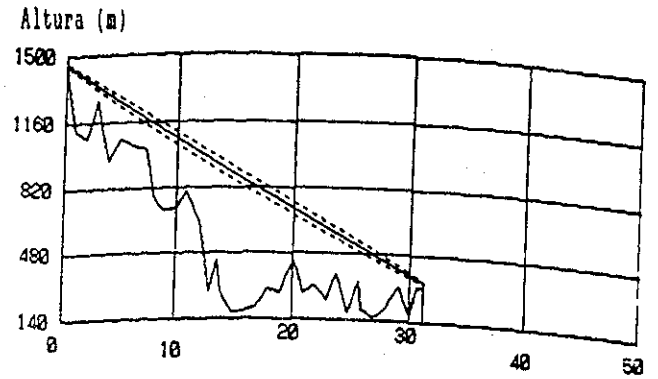
Lugar: Raxruja  
Altura: 340 m  
Altura de antena: 18 m

Lugar: Fray Bartolomé  
Altura: 249 m  
Altura de antena: 18 m

K=4/3



K=2/3

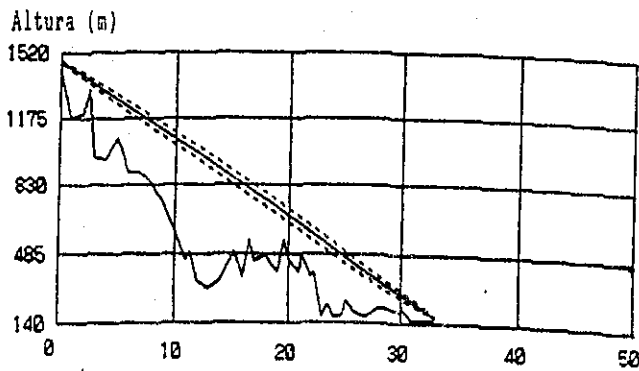


Distancia: 31.2 km  
Frecuencia: 2,000 Mhz

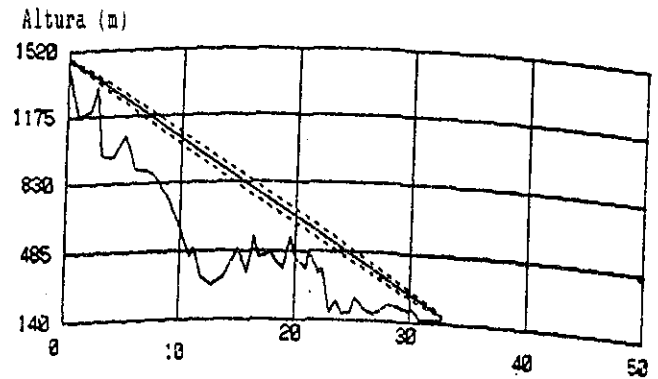
Lugar: Cana Itzam  
Altura: 1,439 m  
Altura de antena: 15 m

Lugar: Raxrujá  
Altura: 320 m  
Altura de antena: 15 m

K=4/3



K=2/3



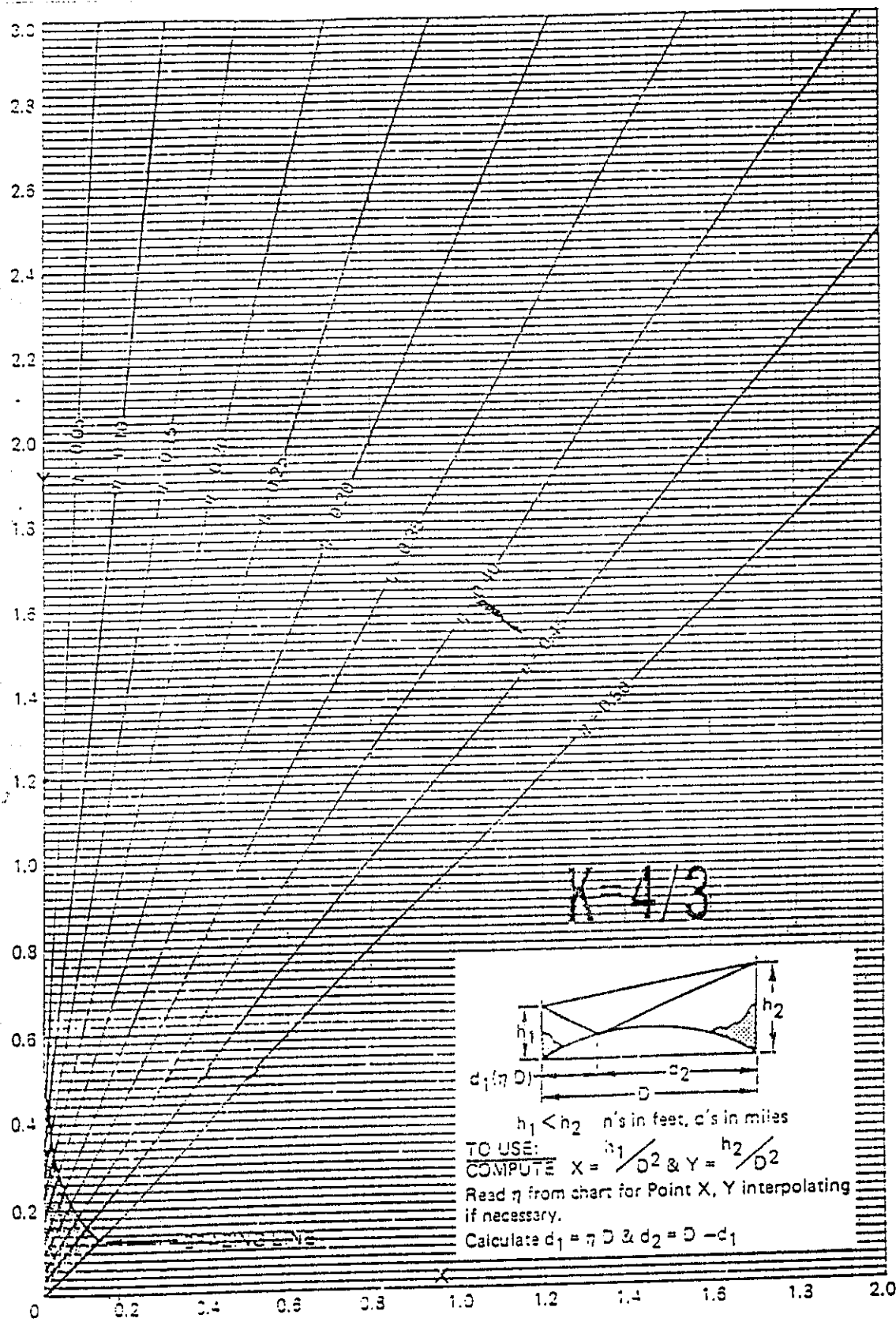
Distancia: 32.8 km  
Frecuencia: 2,000 Mhz

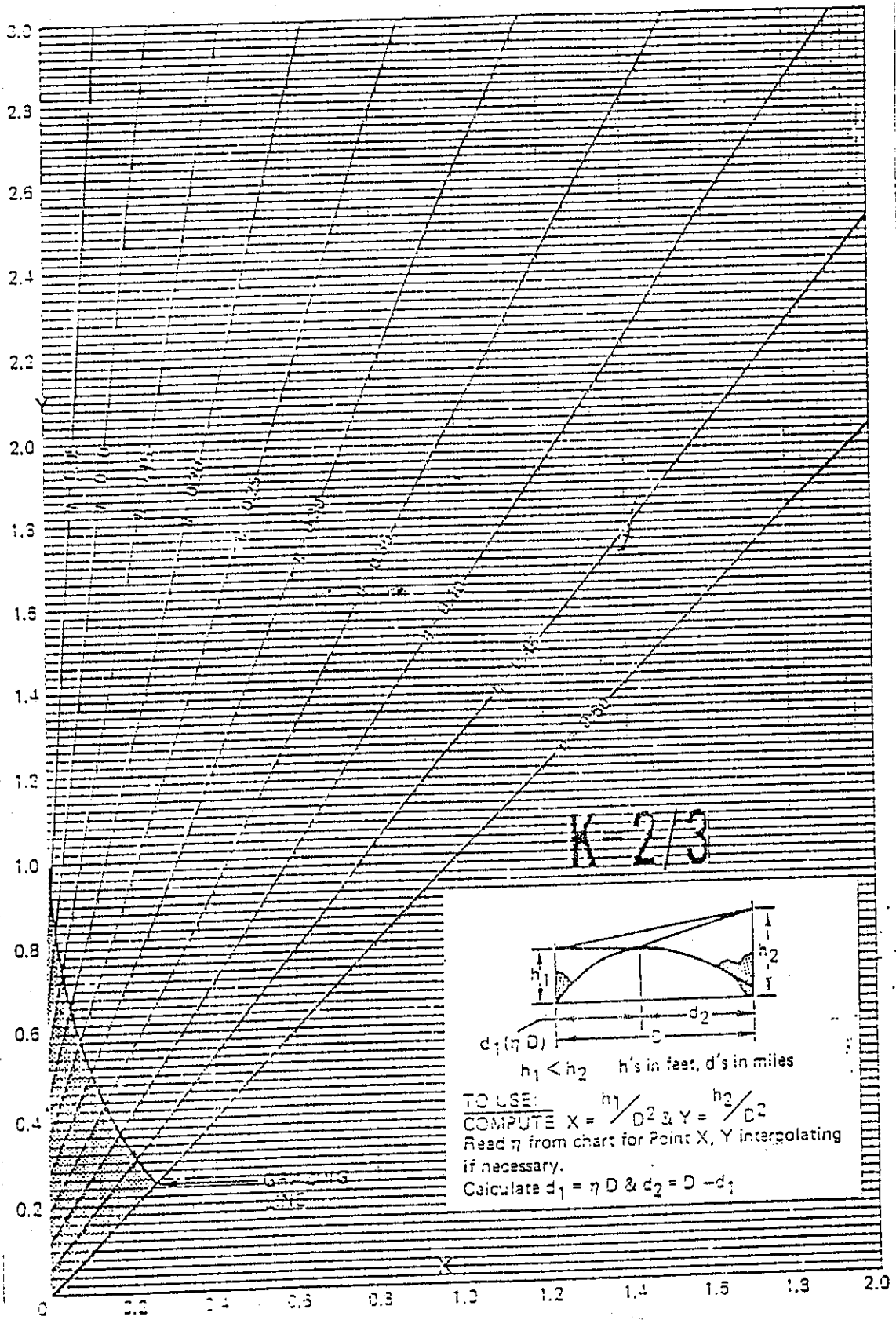
Lugar: Cana Itzam  
Altura: 1,439 m  
Altura de antena: 35 m

Lugar: Boloncó  
Altura: 160 m  
Altura de antena: 15 m

ANEXO C







PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
 Biblioteca MATERIA I