



**ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION

" Estudios de propagación para un sistema de  
telefonía celular en la ciudad de Loja "

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACION ELECTRONICA**

PRESENTADA POR:

**Carmen Navarrete Zavala  
Felix Valverde Guevara  
Arturo Martínez Ambrossi**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1996**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos salud e inteligencia para poder culminar con éxito nuestros estudios universitarios.

A nuestros padres, con cuyo apoyo hemos podido salir adelante de todos los obstáculos que se han presentado a lo largo de nuestros caminos y a quienes le debemos todo lo que somos.

Al Ing. Washington Medina, quien no solamente fue nuestro profesor guía a lo largo de un año sino quien además fue un amigo con el que supimos valorar lo que es una verdadera amistad en los buenos y malos momentos que nos tocó pasar.

A los ingenieros Ketty Peñafiel, María Elena Carrillo, Jorge Plaza y John Delgado quienes nos brindaron su aporte de una manera desinteresada, el mismo que ha sido de gran importancia para la elaboración de esta tesis.

A nuestros compañeros de aula con quienes hemos pasado buenos y malos momentos a lo largo de nuestra vida universitaria y de quienes nos llevamos su hermandad.

## DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y buenos amigos a lo largo de mi vida.

A mis padres Marcos y Luisa, mis hermanas y mi familia por ser un apoyo constante en todos las facetas de mi vida.

A personas muy queridas que lamentablemente no pueden estar presentes en este momento pero que sé que como siempre me están acompañando desde algún lugar.

A mis verdaderos amigos que me han sabido demostrar, en los malos momentos, que nuestra amistad es imbatible.

A alguien que ha sabido aconsejarme y con quien he pasado buenos y malos momentos, mi mejor amigo J.A.A.M.

Carmen

## DEDICATORIA

A Dios, por las bondades que hoy se transforman en satisfacción y responsabilidad.

A mi Padre y mi Madre, ejemplos vivos de abnegación y entrega por sus hijos, ustedes han hecho de mí lo que soy, y hoy les dedico este pequeño homenaje con el amor de un hijo que no es perfecto, pero que los quiere mucho.

A mi hermano, al cual desco esté próximo el día en que sienta esta dicha, tienes mi apoyo incondicional.

A mi esposa y mi hija, quienes llenan un nuevo espacio en mi vida con todo su amor y ternura.

Félix David

## DEDICATORIA

A mis padres, que han sabido brindar en cada día de mi carrera el soporte necesario para poder culminar con éxito mis estudios.  
Llenando con amor mis frustraciones y tristezas.

Los quiere Arturo

## DEDICATORIA

A mis padres, que han sabido brindar en cada día de mi carrera el soporte necesario para poder culminar con éxito mis estudios.  
Llenando con amor mis frustraciones y tristezas.

Los quiere Arturo

## RESUMEN

La finalidad del presente estudio es diseñar un sistema mediante el cual se pueda dotar de telefonía celular a la ciudad de Loja, para lo cual se buscaron rutas alternativas de microondas a las ya existentes, y se ubicó dentro de la ciudad de Loja el punto que como resultado de nuestro análisis es recomendable para instalar la célula.

Debe mencionarse que este estudio ha partido desde las ciudades de Machala y desde el cerro Bucrán debido a que estos lugares naturalmente son puntos terminales y con capacidad de expansión de una red de microondas perteneciente a una de las empresas que brinda el servicio de telefonía celular en nuestro país.

Las rutas de microondas que se han estudiado y que van a llevar los canales de voz hacia y desde la ciudad de Loja son:

- Machala - Reppen - Huachichambo - Loja
- Machala - Guachaoreo - Huachichambo - Loja
- Bucrán - Puglla - Huachichambo - Loja

Se ha considerado utilizar solamente dos puntos de repetición para cada tramo a fin de bajar los costos de mantenimiento e instalación de dichos enlaces.

El presente estudio está orientado a la cobertura celular dentro de la ciudad de Loja, para lo cual se va a utilizar solamente una célula.

Adicionalmente se hizo el estudio del tráfico telefónico en la zona urbana a fin de estimar la cantidad de personas que tendrían acceso al servicio de telefonía celular, y por ende calcular el número de canales necesarios para poder brindar un buen servicio. Los datos utilizados en este análisis fueron recogidos del INEC y de EMETEL.



# INDICE GENERAL

RESUMEN	4
INDICE GENERAL	6
INDICE DE TABLAS	9
INTRODUCCION	10
<b>I. PRINCIPIOS BASICOS DE UN ENLACE DE MICROONDAS</b>	
1.1 GENERALIDADES	11
1.2 ANTENA	12
1.2.1 Ganancia de la antena	13
1.2.2 Ancho del lóbulo	16
1.2.3 Polarización	17
1.2.4 Ruido de la antena	17
1.3 PROPAGACION EN EL ESPACIO LIBRE	18
1.4 EFECTOS ATMOSFERICOS	20
1.4.1 Absorción	20
1.4.2 Refracción	21
1.4.3 Ductos	24
1.5 EFECTOS DE LA TIERRA	24
1.5.1 Reflexión	25
1.5.2 Zona de Fresnel	25
1.6 CONCEPTO DE BER	27
1.7 DIVERSIDAD	29
1.7.1 Diversidad de espacio	29
1.7.2 Diversidad de frecuencia	31
1.8 CONFIABILIDAD DEL ENLACE	32
<b>II. TRAFICO TELEFONICO</b>	
2.1 TRAFICO TELEFONICO	34
2.2 CONCEPTO DE HORA PICO	35

	2.3 CONCEPTO DE TRAFICO OFERTADO	35
	2.4 CONCEPTO DE TRAFICO PERDIDO	36
	2.5 CONCEPTO DE TRAFICO CURSADO	36
	2.6 DEMANDA DE TRAFICO	36
	2.7 EFICIENCIA DEL SERVICIO	36
	2.8 GRADO DE SERVICIO	37
	<b>III TELEFONIA CELULAR</b>	
	3.1 ESTRUCTURA BASICA	38
	3.2 BANDAS DE FRECUENCIA Y COBERTURA	39
	<b>IV DATOS DE DISTANCIA Y ALTURA DEL TERRENO PARA LOS TRAMOS ESTUDIADOS</b>	44
	<b>V FORMULAS UTILIZADAS PARA REALIZAR LOS CALCULOS DEL ENLACE DE MICROONDAS</b>	
	5.1 NIVEL DE SEÑAL	115
	5.2 CONFIABILIDAD DEL ENLACE	115
	5.3 CLARIDAD DEL HAZ Y ALTURA REQUERIDA DE LA ANTENA	117
	5.4 PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	119
	5.5 PERDIDAS POR DIFRACCION	119
	5.6 PUNTOS DE REFLECCION	123
	5.7 ANGULO DE ELEVACION DE LA ONDA DIRECTA	125
	5.8 ANGULO VERTICAL DE LA ONDA DIRECTA	126
	5.9 ANGULO VERTICAL DE LA ONDA REFLEJADA	126
	5.10 ANGULO ENTRE LA ONDA DIRECTA Y REFLEJADA	128
	5.11 DIVERSIDAD DE ESPACIO	129
	5.12 PERDIDAS POR LLUVIA	131
	<b>VI ESTUDIO DEL TRAFICO URBANO DE LA CIUDAD DE LOJA</b>	133
	<b>VII CALCULOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA EL ENLACE DE MICROONDAS</b>	
	7.1 CONFIABILIDAD DEL ENLACE	139
	7.2 PUNTOS DE REFLECCION	140
	7.3 PERDIDAS POR LA DIRECTIVIDAD DE LA ANTENA	141
	7.4 ANGULO VERTICAL DE LA ONDA DIRECTA	142
	7.5 ANGULO VERTICAL DE LA ONDA REFLEJADA	142
	7.6 ANGULO INCLUIDO ENTRE LA ONDA DIRECTA Y LA ONDA REFLEJADA	143

7.7 CALCULOS DE LOS AZIMUTHS PARA CADA TRAYECTO ESTUDIADO	144
VIII. CALCULOS DE NIVELES DE SEÑAL EN LA CELDA DE LA CIUDAD DE LOJA	152
IX. RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO	157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFIA	176

## INTRODUCCION

Gran parte del desarrollo de un país está basado en su capacidad para comunicarse con el mundo exterior puesto que estamos viviendo una época en donde cada día se hace necesario la integración tanto a nivel comercial como cultural y es gracias al desarrollo de las Telecomunicaciones el poder hacerlo.

Ya que no podemos estar aislados de este desarrollo tecnológico, en nuestro país se ha implementado el servicio de telefonía celular, el cual ha dado una mayor cantidad de movimiento a la economía y al comercio en las principales ciudades del Ecuador en donde ya existe este servicio.

En vista del incremento antes mencionado que este servicio ha generado y, por ser Loja la provincia limítrofe con el Perú, se ha considerado necesario la realización del presente estudio para la implementación del sistema en dicha provincia pues le da una alternativa más de conectividad con el país y de aumento de su capacidad comercial.

## CAPITULO I

### PRINCIPIOS BASICOS DEL ENLACE MICROONDA

#### 1.1 GENERALIDADES

En su forma mas simple el enlace microonda puede ser de tipo *salto*, consistente en un par de antenas espaciadas uno o dos kilometros, o puede ser *backbone*, incluyendo multiples *saltos*, espaciados algunos cientos de kilometros. Un solo *salto* es típicamente de 30 a 60 kilometros en regiones relativamente planas en bandas de 2 a 3 GHz. Cuando las antenas son colocadas entre picos de montañas, una gran cantidad del *salto* puede ser alcanzada. Las distancias del *salto* en exceso son de 200 km. La línea de vista natural en microondas tiene algunas atractivas ventajas sobre sistemas de cables. La línea de vista es un término el cual es solo parcialmente correcto cuando describe caminos de microondas. Las condiciones atmosféricas y efectos de terreno modifican la propagación de microondas tanto que si el diseñador puede ver desde un punto A hacia uno B (verdadera línea de vista), esto no puede ser posible para colocar antenas en estos dos puntos y se alcancen satisfactorios resultados.

El objetivo de las comunicaciones en sistemas de microondas es de transmitir información de un lugar a otro sin interrupciones y con una reproducción clara en el receptor. Los canales de voz, video, o datos son combinados mediante una técnica conocida como multiplexación para producir una señal banda base. Esta señal es frecuencia modulada a un IF y entonces es convertida (heterodino) a RF para una transmisión a través de la atmósfera. El proceso reverse ocurre en el receptor. Las frecuencias de transmisión de microondas están dentro del rango aproximado de 2 a 24 GHz. Las bandas de frecuencia usadas para radio microonda digital son recomendadas por el CCIR. Cada recomendación define claramente el rango de frecuencia, el número de canales que pueden ser usadas dentro de este rango, el espaciamiento de canales, la velocidad de bit, y las posibilidades de polarización. Estos reportes del CCIR además dan detalles técnicos adicionales asociados con las Recomendaciones. Los factores que influyen y pesan en estas Recomendaciones para radio transmisión de microondas punto a punto son discutidas como sigue.

## 1.2 ANTENAS

Desde que las antenas juegan un papel central en las comunicaciones microondas, ellas serán consideradas en primera instancia. Existen algunas formas de antenas disponibles para

transmisión de microondas. Los sistemas de telecomunicaciones casi siempre usan el tipo parabólico y algunas veces el tipo bocina. Estas antenas son de gran direccionalidad. La energía de la microonda es enfocada dentro de un estrecho lóbulo cuando la antena está transmitiendo y amplía cuando está recibiendo, el cual concentra la potencia recibida por un mecanismo análogo al telescopio. La Fig. 1 muestra como la energía de microonda es transmitida por una antena parabólica, mediante la colocación de una guía de onda abriéndola en el foco de la parábola. Las antenas parabólicas son disponibles en un rango de medidas que van desde 1 a 36 metros de diámetro.

### 1.2.1 GANANCIA DE LA ANTENA

La más importante característica de las antenas es su ganancia. Esta es una medida de la habilidad de la antena para transmitir las ondas en una dirección específica en lugar de todas las direcciones. Esta es una medida de direccionalidad. Una antena que tiene radiación de energía igual en todas las direcciones es llamada antena omnidireccional, o isotrópica. Para un sistema punto a punto, como lo es el sistema de microondas, esto es deseable para tener un alto grado de direccionalidad. En otras palabras, la antena isotrópica no es eficiente porque su energía es disipada. La ganancia de la antena describe la extensión para la

# ANTENA PARABOLICA

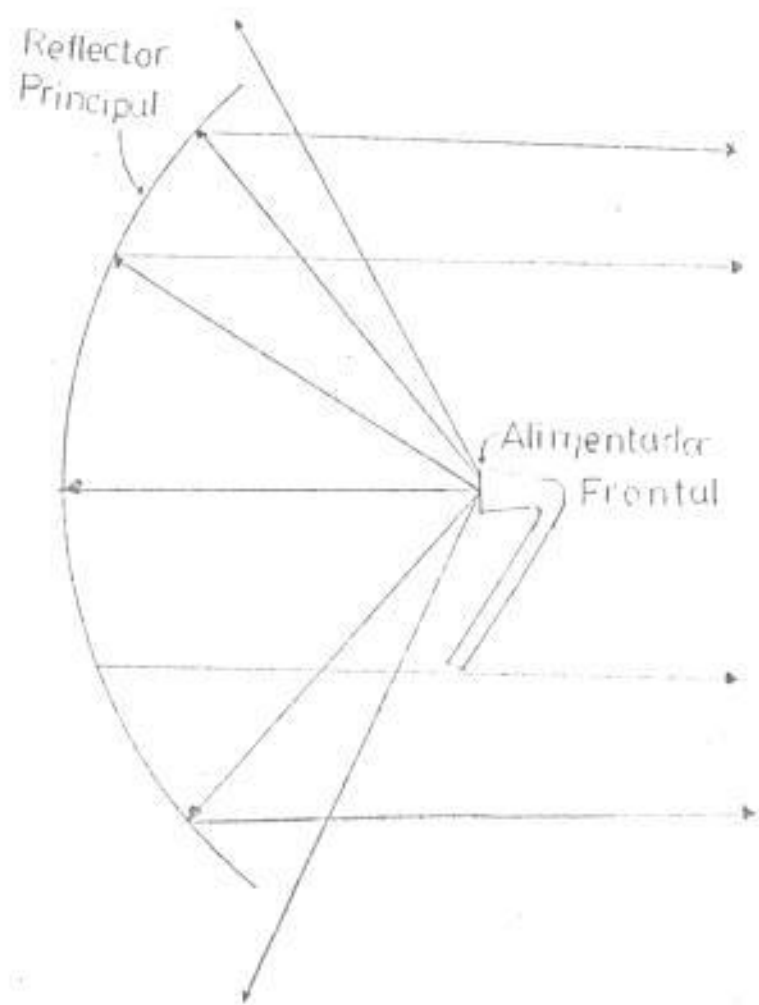


FIG 1



cual la cantidad de energía isotrópica radiada puede ser dirigida dentro de un lóbulo. Mientras más pequeño es el lóbulo, la antena tiene mayor direccionalidad y por lo tanto mayor ganancia.

Matemáticamente:

$$\text{Ganancia (G)} = 10 \log_{10} (4\pi A_e / \lambda^2) \quad \text{dB}$$

donde:

$A_e$  = Área efectiva de la apertura de la antena.

$e$  = Eficiencia.

$\lambda$  = Longitud de onda.

Una antena isotrópica, por definición, tiene una ganancia de 1 (o 0 dB). Para una antena parabólica, la eficiencia de la antena no es del 100% porque alguna potencia se pierde por los "derrames" en los filos de la antena cuando es iluminada por una guía de onda mezclada en el foco. Comercialmente hay antenas disponibles con eficiencias en el rango del 50 al 70 %. Para una eficiencia de aproximadamente el 50%, la ecuación anterior puede ser reescrita como:

$$G = 20 \log_{10} (7.4 Df) \quad \text{dB}$$

donde:

$D$  = Diámetro de la antena (m.)

$f$  = Frecuencia (GHz).

Como la ecuación lo sugiere, la ganancia se incrementa con la frecuencia y además con el diámetro de la antena. La máxima potencia es transmitida en la dirección llamada *bore sight*. El campo del bore sight es definida como 0 dB, así que la longitud del campo en cualquier otra dirección es referida al máximo valor. El lóbulo principal es estrecho, y los lóbulos laterales y la radiación posterior son mas que 25 dB mas abajo que el lóbulo principal. Idealmente, la energía transmitida debe ser solo en el lóbulo principal, pero las imperfecciones de iluminación de la antena parabólica y las irregularidades en su superficie de reflexión causa los lóbulos laterales.

Una característica importante de las antenas es la relación frente-atrás. Este está definido como la relación de la máxima ganancia en la dirección delantera a la máxima ganancia en la dirección posterior (lóbulos posteriores).

$$\frac{\text{Lóbulo frontal}}{\text{Lóbulo posterior}}$$

## 8.2.2 ANCHO DEL LOBULO

El ancho del lóbulo es otra característica importante de las antenas, y para las antenas parabólicas el ancho del lóbulo es:

$$\phi = 21.3 / f * D$$

donde:

$\phi$  = Ancho del lóbulo medido en el punto medio de máxima potencia (3 dB bajo los puntos)

$f$  = Frecuencia (Ghz)

$D$  = Diámetro de la antena (m.)

### 1.2.3 POLARIZACION

Si una antena de tipo *salto* es usada para iluminar una antena, esta es orientada en una o dos posiciones. La dimensión estrecha de la apertura rectangular es colocada también horizontal o verticalmente con respecto a la tierra. Si es vertical, el campo eléctrico está en el plano horizontal y se dice que la antena está polarizada horizontalmente. Si la dimensión estrecha de el salto es horizontal, el campo eléctrico está en el plano vertical y la antena es polarizada verticalmente.

### 1.2.4 RUIDO DE LA ANTENA

El ruido entrando en un sistema a través de la antena puede limitar una característica del sistema. Una performace en un sistema de comunicación es diseñado para tener la figura de ruido lo mas baja posible, a menudo expresado en términos de temperatura de ruido. Estos parámetros son usados intercambiablen en muchos textos, como la relación entre figura de ruido y temperatura de ruido. Es muy útil familiarizarse con ambos tipos de notación y para memorizar los valores equivalentes aproximados, por ejemplo, 1-

3-, 5-, y figuras de ruido de 10 dB (1 dB = 75 K, 3 dB = 290 K, 5 dB = 627 K, y 10 dB = 2610 K, respectivamente). La temperatura de ruido de la antena  $T_a$  depende de:

- La pérdida entre la antena y la entrada receptora.
- Ruido espacial de la galaxia, sol y luna.
- Absorción por gases atmosféricos y precipitación.
- La radiación de la tierra dentro de los lóbulos posteriores de la antena.
- Interferencia desde las fuentes de radio artificiales.

La supresión de los lóbulos laterales es un importante aspecto de reducción del ruido de la antena.

### 1.3 PROPAGACION EN EL ESPACIO LIBRE

Cuando la energía de la microonda es energía electromagnética, esta pasa a través del espacio (vacío) en forma similar a la luz. Nadie conoce como se propaga a través de "nada", pero sabemos que eso sucede. La atmósfera y el terreno modifican los efectos de pérdidas de la energía de la microonda. Las pérdidas en espacio libre pueden ser definidas como las pérdidas entre dos antenas isotrópicas en espacio libre, donde no hay influencias de la tierra ni de la atmósfera. La antena isotrópica, por definición, irradia

energía en todas las direcciones de manera uniforme. Aunque esta es una idea hipotética, lo cual no puede ser realizado físicamente, es un concepto muy usado para los cálculos. Esto permite que la directividad (o ganancia) de una antena sea descrita en relación a esta referencia omnidireccional, la antena isotrópica.

Cuando imaginamos como la energía se emana desde una antena isotrópica, es fácil apreciar como una cantidad de energía emitida por la antena será esparcida a través de un área incrementada cada vez que se va alejando de la antena. La pérdida de la energía se debe al esparecimiento del frente de onda el cual viaja a través del espacio en forma inversamente proporcional al cuadrado..

Matemáticamente, la pérdida en espacio libre es:  $f = \frac{c}{\lambda}$

$$L_a = (k / 4\pi d)^2$$

donde:

- $\lambda$  = Longitud de onda
- d = Distancia desde la fuente al receptor

Si la distancia está en km. y la frecuencia de la radiación es en Ghz., entonces la ecuación anterior puede escribirse así:

$$L_a = 92.4 + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} d$$

## 1.4 EFECTOS ATMOSFERICOS

### 1.4.1 ABSORCION

La verdadera propagación en espacio libre existe en caminos de comunicaciones por satélites, pero en comunicaciones terrestres via microonda los caminos siempre requieren de propagación a través de la atmósfera. El oxígeno en la atmósfera absorbe alguna cantidad de energía de microonda. Afortunadamente, esta atenuación es relativamente pequeña en el rango de frecuencias usado para la comunicación via microonda. Esta es aproximadamente 0.01 dB/km, a 2 Ghz y se incrementa a 0.02 dB/km a los 26 Ghz.

El efecto de la lluvia en la propagación de radio microonda es poca, especialmente a altas frecuencias. La atenuación se incrementa rápidamente cuando la cantidad de agua en el recorrido de la microonda se incrementa. A 6 Ghz, la atenuación debido al vapor de agua en el aire es de 0.001 dB/km. Como el contenido del agua incrementa en neblinas entonces a lluvia, la atenuación se incrementa a 0.01 dB/km. La energía de microonda es absorbida por las gotas de agua. Para un salto de 40 km., esto podría causar un incremento de 40 dB en la atenuación, lo cual es suficiente para causar problemas con la calidad de transmisión. Usualmente, las

no cubren una distancia de 40 km., así que la atenuación no puede ser de más de 40 dB. En resumen, la lluvia no es un gran problema cuando se trabaja bajo los 6 GHz, aunque esto podría ser diferente en regiones donde frecuentemente ocurren lluvias muy fuertes.

A frecuencias altas, especialmente sobre los 10 GHz, la caída de la lluvia puede causar serios problemas en la transmisión.

## 1.4.2 REFRACCION

Adicionalmente a los efectos de atenuación en la atmósfera, existen también problemas de refracción. El efecto de refracción causa que el lóbulo de la microonda se desvie desde su línea de vista a lo largo del camino. Sus efectos en la transmisión pueden ser muy serios, causando retardos de fracción de segundos hasta algunas horas. La predicción de su ocurrencia puede ser hecha en base a estadísticas.

La refracción es un desvío de las ondas de radio debido a cambios en las características de la atmósfera. Los cambios atmosféricos en temperatura, densidad, y humedad con la altitud desde la superficie de la tierra se incrementa. El cambio en densidad afecta



la velocidad de transmisión de las microondas a través de la atmósfera:

$$V = c / n = c / \sqrt{\epsilon_r}$$

$n$  = Índice de refracción

$c$  = Velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\epsilon_r$  = Permitividad relativa

Debido a las condiciones atmosféricas causan que el recorrido de propagación tenga un radio de curvatura que es aproximadamente 1.33 veces el verdadero radio de la tierra. En la práctica, esto permite una longitud de recorrido de propagación que es aproximadamente el 15% más largo que el recorrido de la línea de vista. El cambio de la curvatura de la tierra causado por refracción es denotado por el factor  $k$ , el cual es definido como la relación del radio efectivo de la tierra para el radio verdadero de la tierra:

$$k = \text{radio efectivo de la tierra} / \text{radio verdadero de la tierra}$$

El radio efectivo de la tierra es a menudo mal entendido. No es el radio del lóbulo de la microonda. Para unas condiciones atmosféricas dadas, este es el radio de una tierra ficticia la cual



permite que el lóbulo de la microonda sea dibujada como una línea de vista.

Una definición matemática más precisa de la definición del radio efectivo de la tierra es:

$$\text{Radio efectivo de la tierra} = 1 / [(1/a) + (dn/dh)]$$

donde:

$a$  = Radio verdadero de la tierra

$dn/dh$  = Gradiente del índice de refracción  $n$ , con respecto a la altitud  $h$ .

Así entonces el factor  $k$  es:

$$k = 1 / [1 + (a \, dn/dh)]$$

El valor estándar de  $k$  es de 4/3.

En general,  $k$  es más grande que 4/3 en áreas con temperatura templadas, y menos que 4/3 en áreas con temperaturas frías; quizás entre 1.1 y 1.6 para muchos países, dependiendo de la latitud y de la estación.

### 1.4.3 DUCTOS

La refracción atmosférica puede, bajo ciertas condiciones, causar que el lóbulo de la microonda sea atrapado en una guía de onda atmosférica llamada ducto, resultando en una severa destrucción de la transmisión. Los ductos son usualmente causados por las latitudes bajas, capas atmosféricas de alta densidad, y muy frecuentemente ocurren cerca o sobre grandes extensiones de agua en climas donde la temperatura o humedad ocurren.

### 1.5 EFECTOS DE LA TIERRA

La propagación de la energía de microonda es afectada por obstáculos colocados en su camino. Como se describió anteriormente, la curvatura de la tierra (o curvatura efectiva) es un factor dominante para determinar la longitud del salto. La forma y material del contenido de algunos obstáculos deben ser tomados en cuenta cuando se realiza un camino de microonda. Desafortunadamente, los objetos que cierran el camino de la línea directa pueden causar problemas aún cuando ellos no obstruyen la línea de vista.

## 1.5.1 REFLECCIONES

Se debe recordar que aunque el rayo de la microonda puede ser de solo 1 o 2 grados de ancho en la mitad de la potencia, aún representa una gran área de energía esparcida a una distancia de 40 km. desde el transmisor. Una geometría simple indica que el cono de la mitad de la potencia debe ser alargado a un círculo de aproximadamente 1.4 km. de diámetro para un rayo de 2 grado o de 0.7 km. de diámetro para un rayo de 1 grado. Esto significa que algo de energía será reflejada desde la tierra. En la antena receptora, la energía llega desde los caminos directo y reflejado. Si las dos ondas están en fase, se produce un engrandecimiento de la señal, pero si están desfasados, una cancelación ocurre lo cual produce una transmisión interrumpida. Este ángulo de fase, 180 grados, ocurre para ondas polarizadas horizontalmente, sin embargo para ondas verticalmente polarizadas, el ángulo de fase puede ser 0 o 180 grados dependiendo de las condiciones del terreno y del ángulo de incidencia.

## 1.5.2 ZONAS DE FRESNEL

La energía de microonda que llega a la antena receptora con un ángulo de fase de 180 grados o  $\lambda/2$  con una onda directa determina el borde de lo que se llama la primera zona de Fresnel. Para una

frecuencia especificada, todos los puntos dentro del enlace de microondas desde el cual una onda puede ser reflejada con una longitud total de camino adicional de  $\lambda/2$  forma un elipse el cual define el radio de la primera zona de Fresnel en cada punto a lo largo del camino. La segunda y tercera zona de Fresnel son definidas como el borde consistente en todos los puntos desde los cuales la longitud del camino adicional es 2 y tres veces  $\lambda/2$ , respectivamente. Así, en algún punto a lo largo del camino, hay un conjunto de círculos concéntricos cuyos centros forman la línea de vista del recorrido. La distancia  $F_n$  (en metros) desde la línea de vista del camino al borde de la  $n$  zona de Fresnel es aproximadamente dada por:

$$F_n = 17.3 \text{ RAIZ } [(n \cdot d_1 \cdot d_2) / fD]$$

donde:

$d_1$  = Distancia desde el final del camino hacia el punto de reflexión (km)

$d_2$  = Distancia desde el otro final del camino hacia el punto de reflexión (km)

$$D = d_1 + d_2$$

$f$  = Frecuencia (GHz)

$n$  = Número de la zona de Fresnel (1, 2, 3, etc.)

Para determinar el mayor orden de la zona de Fresnel cuando se conoce el radio de la primera zona, la ecuación  $F_n = F_1 \text{RAIZ}(n)$  es usada.

La experiencia en el diseño de enlaces de microonda, muestra que para alcanzar una transmisión no afectada por obstáculos, el camino de transmisión debe tener una zona libre de estos obstáculos al menos de 0.6 veces el radio de la primera zona de Fresnel, para un  $k = 4/3$ .

## 1.6 CONCEPTO DE BER

En algunas conexiones, el resultado de la falla de equipo o efectos atmosféricos es observada como la recepción de "falsos bits", o errores recibidos en la recepción. El BER es la medición usada para ver el funcionamiento del enlace digital. Se lo define como la calidad de transmisión y aceptabilidad. Si el BER es muy grande, el sistema es declarado no disponible o con fallas. El BER es definido como la relación de los falsos bits para el número total de bits recibidos:

$$\text{BER} = \text{bits falsos} / \text{bits recibidos}$$

El concepto de falla del enlace de un HRPD está definido en el CCIR Rec. 557-2 como sigue: El periodo de tiempo de indisponibilidad comienza, cuando, en al menos una dirección de la transmisión, uno o ambos de las siguientes condiciones ocurren por 10 segundos consecutivos:

- La señal digital es interrumpida.
- El BER medido sobre un periodo de tiempo de un segundo permanece peor que  $1 \times 10^{-3}$ .

Estos 10 segundos son declarados tiempo indisponible.

El periodo de indisponibilidad termina cuando para ambas direcciones de transmisión ambas de las siguientes condiciones ocurren por 10 segundos consecutivos:

- La señal digital es restaurada.
- El BER en cada segundo es mejor que  $1 \times 10^{-3}$ ,  $10\text{dB}$ .

Estos 10 segundos son considerados tiempo disponible.

Algunas compañías usan mediciones de BER para proveer una alarma de requerimiento de mantenimiento si el BER llega a ser peor que, por ejemplo,  $1 \times 10^{-5}$  o  $1 \times 10^{-6}$  y la alarma de fuera de servicio cuando es peor que  $1 \times 10^{-3}$ .

## 1.7 DIVERSIDAD

La diversidad es la operación simultánea de dos o mas sistemas o partes de sistemas. Se lo puede describir como un equipo redundante o de duplicación. Este es un medio de aprovechamiento de un mejoramiento en el sistema. Hay dos tipos de diversidad que son:

- Diversidad de espacio.
- Diversidad de frecuencia.

### 1.7.1 DIVERSIDAD DE ESPACIO

En este modo de operación, el receptor de radio microonda acepta señales desde dos o mas antenas que están verticalmente espaciadas por alguna longitudes de onda. La señal de cada antena es recibida, entonces simultáneamente conectada para un combinador de diversidad. Dependiendo del diseño, la función del combinador es de seleccionar la mejor señal de todas sus entradas o de sumar las señales.

Para un sistema de diversidad de espacio protegido, la señal directa viaja dos diferentes caminos desde el transmisor hacia las dos antenas receptoras. Además, puede haber muchos caminos

reflejados, cuando la señal entrando a cada una de las antenas además viajó diferentes distancias desde el transmisor. La experiencia muestra que cuando el camino reflejado causa desvanecimiento por interferencia con la señal directa, las dos señales recibidas no serán afectadas simultáneamente por la presencia del desvanecimiento en los múltiples caminos. Aunque el camino desde el transmisor hacia una de las antenas receptoras puede causar cancelación de fases en los caminos de las ondas directa y reflejada, es imposible que múltiples caminos de una antena a otra pueda causar cancelaciones al mismo tiempo.

El mejoramiento de la diversidad de espacio en un enlace sobre la tierra con reflexiones de tierra puede ser aproximado por la ecuación de Vigants:

$$I_s = [ 1.2 \times 10^{-3} \eta s^2 f 10^{(F+V)/10} ] / d$$

donde:

$\eta$  = Efectividad en el intercambio de diversidad.

$s$  = Espaciamiento vertical de las antenas (m) centro a centro

(3 m <= s <= 15 m)

$f$  = Frecuencia (Ghz)

$F$  = Profundidad del desvanecimiento (dB)

$V$  = Diferencia de ganancia entre dos antenas

$d$  = Longitud del salto (km)



## 1.7.2 DIVERSIDAD DE FRECUENCIA

El sistema de protección es alcanzado con este tipo de diversidad mediante la operación efectiva de dos radio microondas entre las mismas antenas receptora y transmisora. La información será transmitida simultáneamente por dos operaciones de transmisión en diferentes frecuencias. Ellos están acoplados a una guía de onda, la cual recorre la antena, y entonces transmitida por la misma antena (usualmente con polarizaciones opuestas). Al final de la recepción, la antena recoge la información y la pasa a través de la guía de onda a un filtro el cual separa las dos señales, y separa extractos de información de voz, datos o video recibidas. Como una diversidad de espacio, el combinador es usado para proveer la máxima salida. Si la separación en frecuencias de dos transmisores es larga, el desvanecimiento de la frecuencia selectiva tendrá una baja probabilidad de afectar ambos caminos en la misma extensión, por lo que le provee un mejor desempeño al sistema. Una separación de frecuencia del 2% es considerada adecuada y un 5% es muy buena.

La mayor desventaja en la diversidad de frecuencias es el ancho de banda extra que el sistema ocupa. En regiones no congestionadas esto no es un problema, pero en ciudades grandes, el número de canales disponibles para nuevos teléfonos es limitado y los canales

adicionales para el sistema de protección son más difíciles de obtener. La ganancia obtenida por la diversidad de frecuencias es considerada menor que la diversidad de espacio.

El factor de mejoramiento es aproximadamente:

$$G = (0.8 Af 10^{F/20}) / (F^2 d)$$

donde:

$Af$  = Separación de frecuencias (Ghz)

$F$  = Profundidad de desvanecimiento (dB)

$F$  = Frecuencia portadora (Ghz) ( $2 < F < 11$ )

$d$  = Longitud del salto (km) ( $30 < d < 70$ )

## 1.3 CONFIABILIDAD DEL ENLACE

La confiabilidad del enlace la podemos calcular en función de variables que intervienen en la ruta que se está diseñando. Variables como factor de clima, factor de terreno, frecuencia, y margen de desvanecimiento.

La probabilidad de falla del enlace se define como la probabilidad de que el margen de desvanecimiento del enlace sea mayor que el que se ha calculado. Este valor lo podemos encontrar con la siguiente fórmula:

$$P = K * Q * 6 * 10^{-7} * F * D^3 * 10^{(-FM/10)}$$

En términos de porcentaje, la confiabilidad viene dada por:

$$(1 - P) * 100 \quad \%$$

siendo:

K: Factor de clima

Q: Factor de terreno

F: Frecuencia ( GHz )

D: Distancia ( Km)

FM: Margen de desvanecimiento ( db )

## CAPITULO II

### TRAFICO TELEFONICO

#### 2.1 TRAFICO TELEFONICO

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

La intensidad instantánea de tráfico en un grupo de órganos es el número de ellos ocupados en un instante.

La unidad de tráfico es el erlang que significa la cantidad de horas de ocupación por hora en un grupo de órganos. Si se refiere a un solo órgano, el tráfico máximo que se puede obtener es un erlang, es el caso de que el órgano se encuentre ocupado toda la hora. Esta unidad es muy conveniente pues equivale al porcentaje de ocupación por órgano en un grupo.

## 2.2 CONCEPTO DE HORA PICO

Debido a que el tráfico telefónico es producido por abonados que originan llamadas según sus necesidades y gustos, se producen grandes variaciones durante el transcurso de un día y en los diferentes días de la semana. La producción de tráfico por los abonados está íntimamente ligada con los horarios de trabajo y la intensidad comercial e industrial del sector servido, por lo que se da al tráfico un carácter periódico cuando se consideran periodos largos.

Cuando se hace una curva de intensidad de tráfico de un día determinado, se nota que en cierto tiempo del día alcanza sus valores máximos. Este período que se escoge por conveniencia de una hora se llama "hora pico" o también "hora cargada".

## 2.3 CONCEPTO DE TRAFICO OFRECIDO

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

## 2.4 CONCEPTO DE TRAFICO PERDIDO

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

## 2.5 CONCEPTO DE TRAFICO CURSADO

El tráfico ofrecido que no se pierde y tiene éxito se denomina "tráfico cursado".

## 2.6 DEMANDA DE TRAFICO

Se llama demanda de tráfico a aquel que los abonados de un sistema quieren generar según sus hábitos y necesidades. Es objetivo principal de una empresa de telefonía celular satisfacer una demanda mediante un sistema apropiado y bien dimensionado que no permita congestiones considerables.

## 2.7 EFICIENCIA DE TRAFICO

Se llama eficiencia de tráfico a la carga unitaria de tráfico que soporta un grupo de órganos, o sea cuanto tráfico por órgano se cursa para determinado grado de servicio, la carga máxima por

órgano es de un erlang en el entendido que se encuentre ocupado los 60 minutos de la hora; esto, que puede ser posible para un órgano particular no es factible para un grupo de órganos dada la naturaleza probabilística de las ocupaciones.

Para un grado de servicio determinado, la eficiencia aumenta con el tamaño del grupo de órganos. Entre mayor el grupo más tráfico por órgano se puede cursar para una pérdida determinada.

## 2.8 GRADO DE SERVICIO

El grado de servicio que brinda el sistema de telefonía celular, depende del número máximo de comunicaciones simultáneas que el sistema puede soportar (el número de canales en servicio) y el tráfico ofrecido por los usuarios.

## CAPITULO III

### TELEFONIA CELULAR

#### 3.1 ESTRUCTURA BASICA

Un Sistema de Telecomunicaciones Móviles es definido como aquel que brinda servicios de telecomunicaciones a través de terminales de abonado sin localización fija.

La estructura básica de la totalidad de los sistemas de telecomunicaciones móviles deberá constar, al menos, de tres partes:

El terminal móvil (TM), que será aquel que tiene posibilidades de cambiar su ubicación (dentro de determinados límites) y contendrá esencialmente un equipo transmisor-receptor de radio y realizará otra serie de funciones (más o menos complejas) para permitirle establecer, mantener y liberar las comunicaciones.

La estación radio-base (ERB), que será aquella con la cual se establecerá el enlace de radio cuyo otro extremo es el Terminal



Móvil, para lo cual debe contar, al menos con los transmisores y receptores de radio complementarios de los de éste.

El equipo de interconexión (EI) con el resto de Red de Telecomunicaciones (RT), que contará con mayor o menor inteligencia, dependiendo del tipo de servicio que se presta y las características de la RT a la que se conecta.

El sistema podría, eventualmente, no estar conectado a ninguna otra RT, en ese caso se dice que es CERRADO, permitiendo solamente la conexión entre los TM y e; EI (en el que existiría en ese caso, un terminal para recibir esas comunicaciones) o de los TM entre sí.

## 3.2 BANDAS DE FRECUENCIA Y COBERTURA

El calce de telefonía celular depende de muchos factores, como son potencia de los transmisores, altura y ganancia de las antenas, sensibilidad de los receptores, niveles de atenuación del camino entre ellos, ruido radio eléctrico presente y especialmente de la banda de frecuencias utilizadas.

El diámetro del Área de Cobertura depende de todos los factores mencionados, siendo fundamental el último mencionado las

frecuencias utilizadas. La influencia de este parámetro resultará en un círculo mayor cuanto más bajas sean las frecuencias de radio de transmisión.

Pero justamente las frecuencias bajas son las menos indicadas para la división en muchos canales, ya que estos deben estar lo suficientemente separados como para que los filtros de aislamiento de los mismos tengan un costo razonablemente bajo.

Por lo tanto, si queremos un sistema con un número relativamente grande de abonados y en función del tráfico que generen estos, debemos asignar un número adecuadamente alto de canales lo que significa usar una banda de frecuencias relativamente alta, que nada de acuerdo a las necesidades.

Esto significa que la selección de la banda de frecuencias se debe hacer en base a lograr un compromiso entre una frecuencia suficientemente baja como para asegurar el alcance requerido y una suficientemente alta como para asignar una banda que pueda contener la cantidad de canales exigida por el tráfico que se genere de los usuarios que se quiere atender.

Podemos definir los primeros factores básicos de calidad, de cara al servicio que se ofrece al usuario de todo sistema móvil (1), el

area en la cual se puede desplazar el móvil manteniendo su servicio dentro de un límite aceptable de calidad de transmisión (Área de cobertura) y (2) el Grado de servicio que brinda el sistema, que depende del número máximo de comunicaciones simultáneas que el sistema puede soportar (el número de canales en servicio) y el tráfico ofrecido por los usuarios.

Existen otros métodos para ampliar el Área de Servicio, diferentes al de simplemente bajar la frecuencia.

Los métodos más evidentes son los que llevan a aumentar la altura de la torre de la ERB y la potencia de emisión de su transmisor (y la sensibilidad de su receptor), pero el primero tiene una primera limitación por el alto costo y el segundo por las interferencias con otros sistemas.

En una gran área urbana donde se requiere un cubrimiento total que llegue a los suburbios, se pueden instalar varios transmisores para conseguir suficiente nivel de señal. Pero es necesario que esos transmisores se sincronicen entre sí para impedir la cancelación de la señal. Aunque esto es posible, restringe aún más el reuso de los canales, lo que reduce también reduce el número de usuarios a los que se puede atender en forma simultánea.

En áreas con pocos edificios altos y terreno plano es posible cubrir un área de 25 a 40 Km alrededor de cada radio base; sin embargo es necesario dejar una zona de protección antes de usar nuevamente la misma frecuencia. Una zona de protección es necesaria para impedir interferencias y puede ser tan grande como 25 veces la zona de cubrimiento normal.

En áreas urbanas y regiones montañosas este tipo de cubrimiento presenta "zonas muertas", donde se pierde totalmente la señal por atenuaciones puntuales (montañas, bosques, cañadas, etc.) y problemas relacionados con reflexiones en edificios, con el resultado final de una degradación de la calidad en determinadas zonas críticas.

Pero con las nuevas técnicas de telefonía celular esto ya no ocurre y se puede prestar un muy buen servicio telefónico.

## CAPITULO IV .

DATOS DE DISTANCIA Y ALTURA DEL TERRENO  
PARA LAS TRES RUTAS ESTUDIADAS

UBICACION GEOGRAFICA DE LOS CERROS  
ESCOGIDOS PARA EL PRESENTE ESTUDIO

CERRO	LATITUD	LONGITUD
Buerán	2.59 0'	78.93 0'
Reppen	3.55 0'	79.69 0'
Guachaurco	4.03 0'	79.87 0'
Machala	3.25 0'	79.96 0'
Laya	3.99 0'	79.20 0'
Huachichambo	4.03 0'	79.24 0'
Puella	3.69 0'	79.26 0'

REPEN - MACHALA

Altura (m.) =	44
Radio (Km.) =	2
Curvatura (K) =	1.333
Altura (m.) =	2350
Radio (Km.) =	10
Curvatura (K) =	3
Altura (m.) =	10

Altura terreno (m.)	Altura terreno (m.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
	2350	0	0	2360
	2200	1.41	9.02	2330.66
	2000	3.99	15.19	2274.65
	1800	6.22	18.96	2223.98
	1600	7.35	20.61	2197.31
	1600	8.56	22.24	2167.97
	1600	9.31	23.20	2149.30
	1800	9.94	23.97	2133.30
	1600	11.77	26.09	2085.29
	1400	12.65	27.04	2061.29
	1200	14.34	28.79	2043.28
	1000	15.42	29.85	1981.29
	900	16.78	31.14	1938.61
	1000	18.23	32.46	1890.60
	1000	18.91	33.06	1866.60
	800	19.58	33.64	1842.59
	600	20.83	34.70	1794.59
	400	22.24	35.85	1735.91
	300	23.61	36.94	1671.93
	200	24.18	37.38	1642.56
	150	25.59	38.46	1559.89
	200	26.36	39.03	1506.65
	150	27.59	39.93	1394.53
	150	27.86	40.13	1359.86
	60	28.46	40.56	1213.17
	30	28.35	40.48	1106.49
	20	26.95	39.47	914.46
	0	0	0	13

REPEN - MACHALA

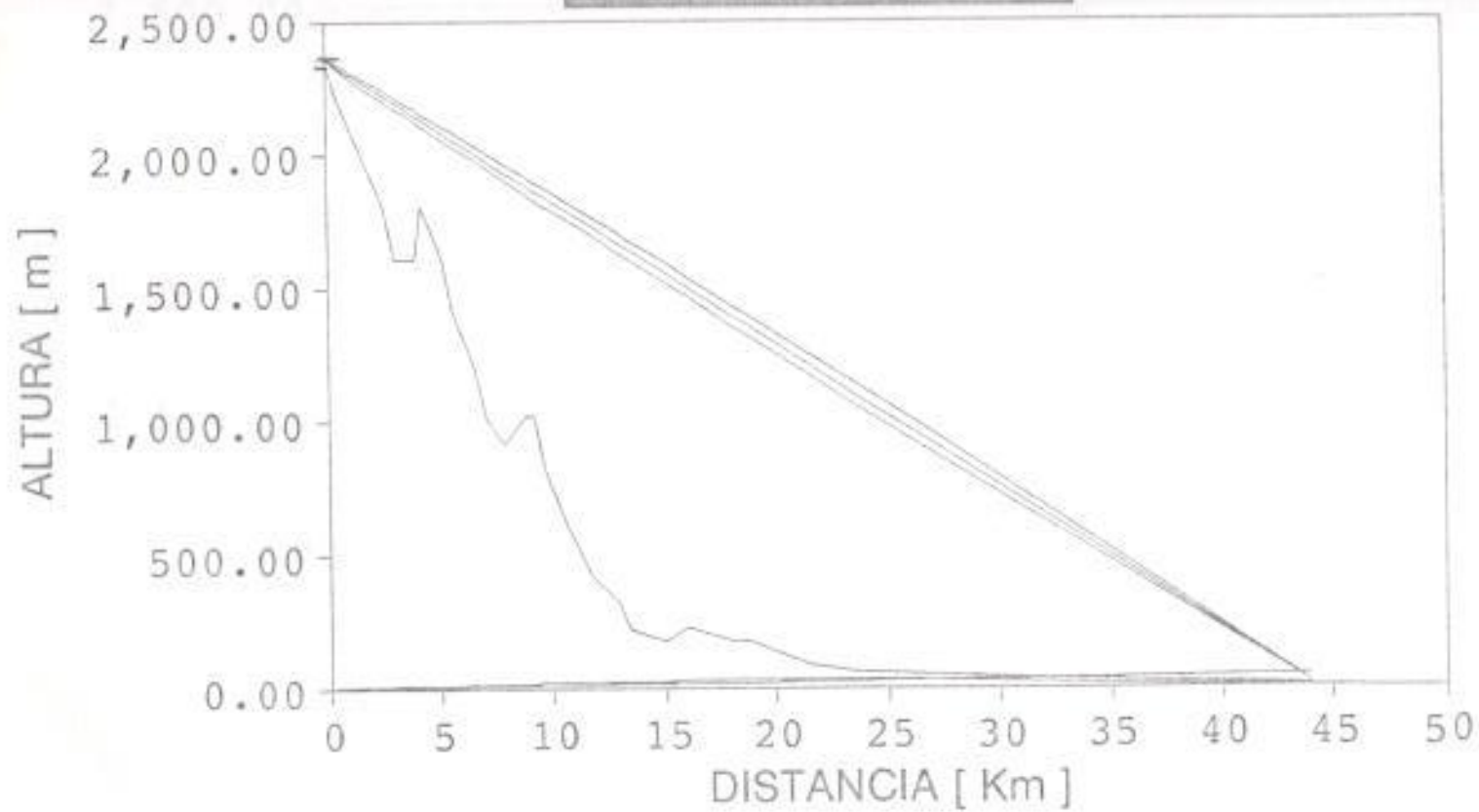
Longitud (mts.) =	44
Frecuencia (Ghz.) =	2
Radio de curvatura (K) =	1.333
Altura (mts.) =	2350
Altura (mts.) =	10
Altura (mts.) =	3
Altura (mts.) =	10

Primera zona de Fresnel

Altura del haz	Relación CIR	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
2350	#,DIVO!	2300	2300	2300
2325	14.34	2201.41	2321.65	2339.68
2300	17.82	2093.99	2259.46	2289.84
2275	22.03	1986.22	2205.02	2242.94
2250	28.62	1697.35	2176.70	2217.92
2225	25.15	1608.56	2145.73	2190.21
2200	23.28	1609.31	2126.11	2172.50
2175	13.49	1809.94	2109.33	2157.27
2150	18.15	1611.77	2059.21	2111.39
2125	23.98	1412.65	2034.25	2089.33
2100	27.75	1214.34	1984.49	2042.08
2075	32.35	1015.42	1951.43	2011.13
2050	32.81	916.78	1907.46	1969.75
2025	26.88	1019.23	1858.14	1923.06
2000	25.54	1018.91	1833.53	1899.66
1975	30.41	819.58	1809.95	1876.23
1950	33.83	620.83	1759.89	1829.29
1925	36.64	422.24	1700.06	1771.76
1900	36.50	323.61	1634.96	1709.84
1875	37.94	224.18	1605.18	1679.95
1850	35.99	175.59	1521.42	1569.25
1825	32.80	226.36	1467.51	1545.58
1800	30.48	177.58	1354.60	1434.46
1775	29.46	177.86	1319.73	1399.98
1750	27.73	80.46	1172.61	1253.73
1725	25.89	58.35	1056.01	1146.97
1700	21.98	46.95	874.99	953.93
0	#,DIVO!	0	13	13

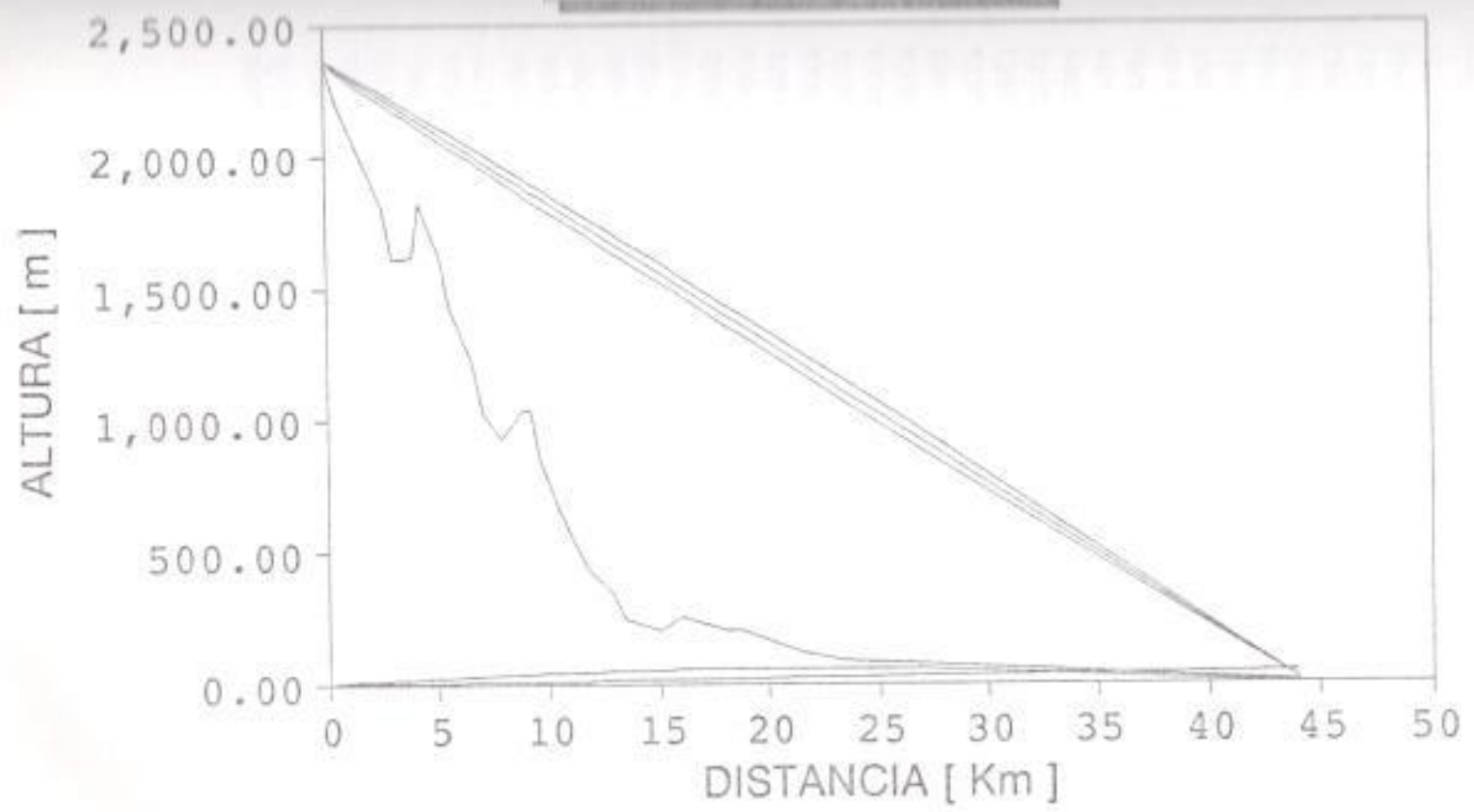


# ENLACE REPEN-MACHALA



— Distancia = 44 km — Curvatura = 4/3

# ENLACE REPEN-MACHALA



— Distancia = 44 km — Curvatura = 2/3

## REPEN - HUACHICHAMBO

72.2  
2  
1 333  
2350  
30  
2849  
30

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2350	0	0	2380
2250	1.06	6.11	2381.73
2160	2.11	8.62	2383.46
2100	2.94	10.19	2384.84
2100	4.19	12.15	2386.91
2000	5.01	13.29	2388.29
1800	6.85	15.53	2391.40
1800	8.26	17.06	2393.82
1800	8.86	17.67	2394.06
1800	9.66	18.45	2396.24
1600	11.43	20.07	2399.35
1400	14.15	22.32	2404.19
1400	15.10	23.07	2405.92
1350	16.05	23.78	2407.65
1350	17.93	25.13	2411.10
1350	19.77	26.39	2414.56
1300	21.22	27.34	2417.32
1300	22.66	28.25	2420.09
1300	23.72	28.91	2422.16
1350	25.65	30.06	2425.96
1300	26.42	30.51	2427.52
1200	27.88	31.34	2430.46
1000	29.06	31.99	2432.87
1200	30.55	32.80	2435.98
1400	32.83	34.01	2440.82
1600	34.58	34.90	2444.62
1800	36.44	35.83	2448.77
1800	40.64	37.83	2458.44
1600	42.50	38.69	2462.94
1500	44.60	39.64	2468.12
1600	46.09	40.29	2471.92
1700	47.60	40.98	2476.07
1600	49.46	41.32	2478.14
1500	49.35	41.70	2480.56
1550	50.36	42.12	2483.32
1500	51.22	42.48	2485.74
1450	52.31	42.93	2488.85
1400	52.91	43.17	2490.58

REPEN - HUACHICHAMBO

Radio (m.) =	72.2
Curvatura (K) =	2
Radio (m.) =	1.333
Radio (m.) =	2350
Radio (m.) =	30
Radio (m.) =	2849
Radio (m.) =	30

Primera zona de Fresnel

Distancia (m)	Relación C/R # DIV/0'	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
0		2350	2380	2380
100	21.40	2251.05	2375.62	2387.83
200	25.68	2162.11	2374.84	2392.08
300	27.68	2102.94	2374.65	2395.02
400	23.27	2104.19	2374.76	2399.06
500	28.84	2005.01	2375.00	2401.58
600	37.63	1806.85	2375.87	2406.94
700	34.33	1808.25	2376.76	2410.88
800	33.17	1808.86	2377.19	2412.53
900	31.80	1809.66	2377.80	2414.69
1000	39.26	1611.43	2379.28	2419.42
1100	44.35	1414.15	2381.87	2426.51
1200	42.95	1415.10	2382.85	2428.98
1300	43.80	1366.05	2383.87	2431.42
1400	41.51	1367.93	2385.97	2436.23
1500	39.59	1369.77	2388.17	2442.95
1600	40.09	1321.22	2389.98	2448.66
1700	38.84	1322.66	2391.83	2448.24
1800	38.00	1323.72	2393.25	2451.07
1900	34.94	1375.65	2395.90	2456.07
2000	36.09	1326.42	2397.01	2458.03
2100	38.38	1227.88	2399.12	2461.79
2200	43.88	1029.05	2400.88	2464.86
2300	36.75	1230.55	2403.18	2468.79
2400	29.64	1432.83	2406.81	2474.83
2500	23.21	1634.58	2409.72	2479.52
2600	17.09	1836.44	2412.94	2484.60
2700	16.33	1840.64	2420.61	2496.28
2800	21.20	1642.50	2424.24	2501.63
2900	23.30	1544.60	2428.48	2507.76
3000	20.49	1646.09	2431.63	2512.22
3100	17.77	1747.68	2435.08	2517.05
3200	20.08	1648.46	2436.83	2519.46
3300	22.33	1549.35	2438.86	2522.26
3400	20.96	1600.36	2441.21	2525.44
3500	22.00	1551.22	2443.27	2528.22
3600	22.98	1502.31	2445.93	2531.78
3700	24.04	1452.91	2447.41	2533.75

## REPEN - HUACHICHAMBO

	72.2
	2
Temperatura (K) =	1,333
	2350
	30
	2049
	30

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
1200	54.19	43.69	2494.38
1200	54.76	43.92	2496.11
1000	55.76	44.71	2502.33
1000	59.67	45.85	2512.01
1200	61.71	46.62	2519.23
1300	63.26	47.21	2525.14
1200	64.81	47.78	2531.35
1000	66.43	48.37	2538.27
1000	67.70	48.84	2544.14
1200	68.83	49.24	2549.67
1400	70.01	49.66	2555.89
1600	71.59	50.22	2565.22
1600	71.75	50.27	2566.26
1500	72.02	50.37	2567.99
1576	73.28	50.81	2576.97
1600	73.80	50.99	2581.12
1700	74.31	51.16	2585.61
1700	74.80	51.33	2590.45
1650	74.99	51.40	2592.52
1600	75.21	51.47	2594.94
1700	75.49	51.57	2598.40
1600	75.74	51.65	2601.85
1500	75.85	51.69	2603.58
1400	76.00	51.74	2606.00
1300	76.15	51.79	2608.77
1400	76.27	51.83	2611.18
1600	76.37	51.87	2613.60
1600	76.44	51.89	2615.68
1400	76.54	51.92	2618.79
1400	76.62	51.95	2622.59
1600	76.67	51.97	2626.39
1700	76.68	51.97	2628.81
1600	76.69	51.97	2630.19
1500	76.65	51.96	2633.99
1550	76.60	51.95	2637.45
1500	76.55	51.93	2639.87
1550	76.44	51.89	2643.32
1600	76.18	51.80	2649.54

REPEN - HUACHICHAMBO

Radio (R) =	72.2
Radio (Rz) =	2
Temperatura (K) =	1.333
Radio (R) =	2350
Radio (Rz) =	30
Radio (R) =	2849
Radio (Rz) =	30

Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
28.39	1254.19	2450.69	2538.07
28.26	1254.76	2452.19	2540.03
32.33	1056.76	2457.62	2547.05
31.68	1059.67	2466.16	2557.86
26.97	1261.71	2472.64	2565.89
24.61	1363.26	2477.93	2572.35
26.51	1264.81	2483.59	2579.14
30.43	1066.43	2489.90	2586.64
30.23	1067.70	2495.31	2592.98
26.01	1268.83	2500.43	2598.91
21.87	1470.01	2506.24	2605.55
17.80	1671.59	2515.01	2615.44
17.79	1671.75	2515.99	2616.54
19.77	1572.02	2517.62	2618.36
18.26	1649.28	2526.17	2627.78
17.80	1673.80	2530.13	2632.11
15.86	1774.31	2534.45	2636.77
15.89	1774.80	2539.12	2641.78
16.80	1724.99	2541.13	2643.92
17.87	1675.21	2543.47	2646.41
15.96	1775.49	2546.83	2649.97
17.93	1675.74	2550.20	2653.51
19.88	1575.85	2551.89	2655.27
21.84	1476.00	2554.26	2657.74
23.80	1376.15	2556.97	2660.58
21.90	1476.27	2559.35	2663.02
18.07	1676.37	2561.74	2665.47
18.10	1676.44	2563.79	2667.57
22.00	1476.54	2566.86	2670.71
22.06	1476.62	2570.64	2674.54
18.28	1676.67	2574.42	2678.36
16.40	1776.68	2576.84	2680.78
18.35	1676.68	2578.22	2682.16
20.35	1576.65	2582.03	2685.96
19.46	1626.60	2585.50	2689.39
20.48	1576.55	2587.94	2691.79
19.60	1626.44	2591.43	2695.21
18.79	1676.16	2597.74	2701.35

REPEN - HUACHICHAMBO

Altura (m.) =	722
Curvatura (K) =	2
Radio de Fresnel =	1 333
Altura del haz =	2350
Radio de Fresnel =	30
Altura del haz =	2849
Radio de Fresnel =	30

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
1800	75.98	51.73	2653.34
1800	75.81	51.68	2656.11
2000	75.67	51.63	2658.18
2200	75.21	51.47	2664.06
2200	75.12	51.44	2665.09
2100	74.63	51.27	2670.28
2200	74.34	51.17	2673.04
2200	73.92	51.03	2676.84
2150	73.46	50.87	2680.64
2200	72.63	50.58	2686.86
2200	72.48	50.53	2687.90
2200	72.12	50.40	2690.32
2000	71.75	50.27	2692.74
2200	71.37	50.14	2695.16
2000	70.74	49.92	2698.96
1800	70.19	49.73	2702.87
1800	68.76	49.22	2709.67
2000	68.42	49.09	2711.40
2200	67.49	48.76	2715.89
2300	66.58	48.43	2720.04
2200	66.35	48.34	2721.68
2000	65.31	47.96	2725.57
2000	64.73	47.75	2727.99
2200	64.22	47.56	2730.06
2400	63.62	47.34	2732.40
2400	63.00	47.11	2734.90
2600	62.18	46.80	2739.01
2600	61.90	46.69	2739.05
2600	61.33	46.48	2741.12
2600	61.14	46.41	2741.81
2600	60.85	46.30	2742.86
2400	59.27	45.69	2748.38
2200	58.45	45.38	2751.14
2200	57.30	44.93	2754.94
2200	56.76	44.71	2756.67
2400	54.88	43.97	2762.54
2400	54.31	43.74	2764.27
2400	52.43	42.98	2769.80







REPEN - HUACHICHAMBO

72.2  
2  
1.333  
2350  
30  
2849  
39

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2400	52.07	42.83	2770.84
2200	50.36	42.12	2775.68
2000	48.20	41.21	2781.55
1800	47.02	40.70	2784.66
1600	45.15	39.88	2789.50
1600	42.79	38.82	2795.37
1800	40.93	37.97	2799.89
1900	40.20	37.63	2801.59
1800	39.46	37.28	2803.32
1800	37.36	36.28	2808.16
1800	35.83	35.52	2811.61
2000	34.58	34.90	2814.38
2200	32.99	34.09	2817.83
2150	31.21	33.16	2821.64
2200	29.22	32.08	2825.78
2250	28.38	31.62	2827.51
2300	27.20	30.95	2829.93
2200	25.47	29.96	2833.39
2250	23.55	28.88	2837.19
2400	22.30	28.03	2839.61
2500	21.40	27.46	2841.33
2550	20.50	26.87	2843.06
2550	20.14	26.63	2843.75
2400	17.74	25.00	2848.24
2200	15.67	23.50	2852.05
2200	14.34	22.47	2854.46
2400	11.43	20.07	2859.65
2500	10.65	19.37	2861.03
2400	9.86	18.63	2862.41
2400	7.86	16.64	2865.87
2600	5.63	14.08	2869.67
2600	3.98	11.84	2872.43
2600	2.53	9.44	2874.85
2700	1.27	6.69	2876.93
2600	0.64	4.73	2877.96
2849	0	0	2879

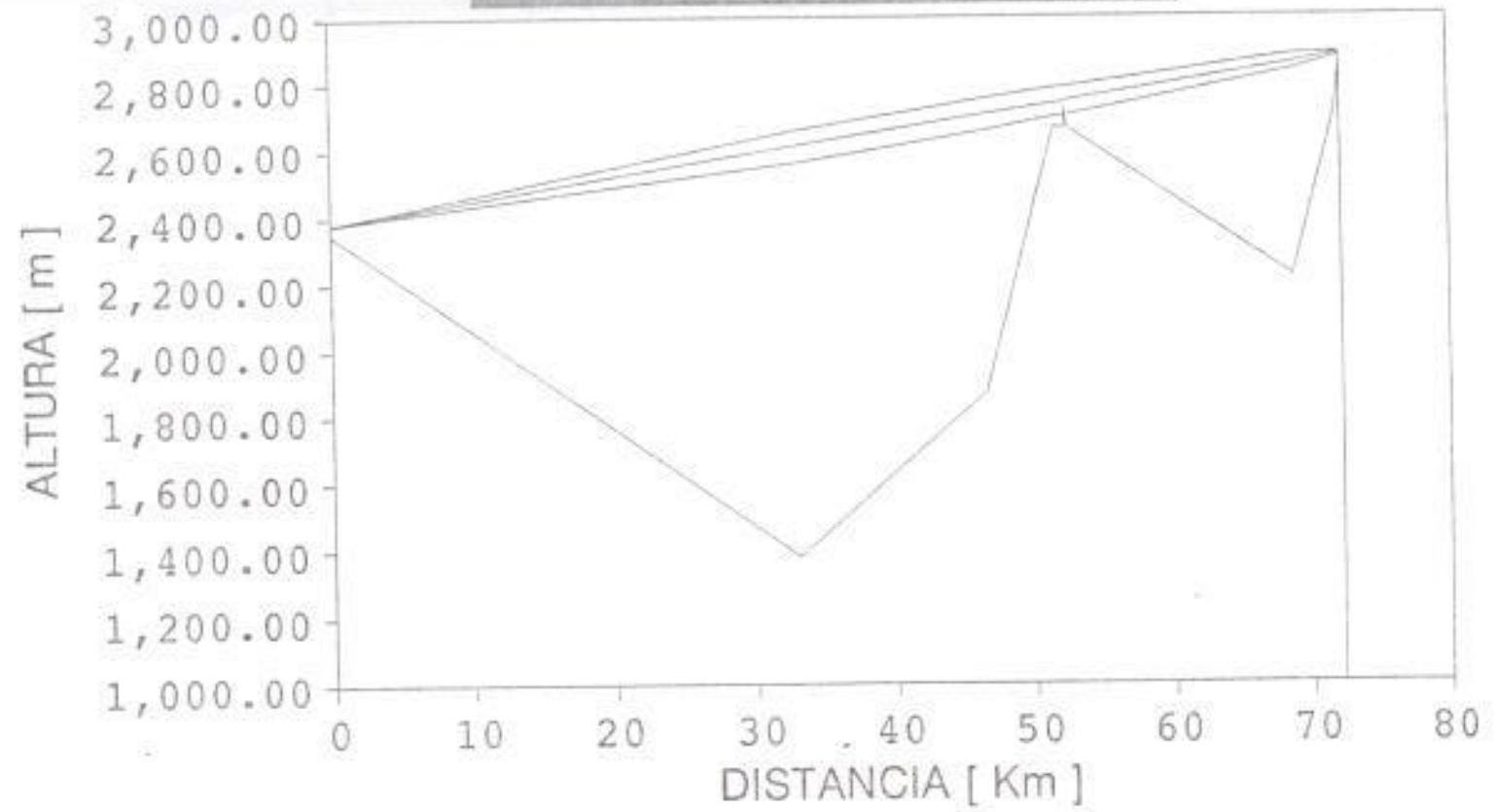
REPEN - HUACHICHAMBO

72.2  
2  
1.333  
2350  
30  
2849  
30

Primera zona de Fresno

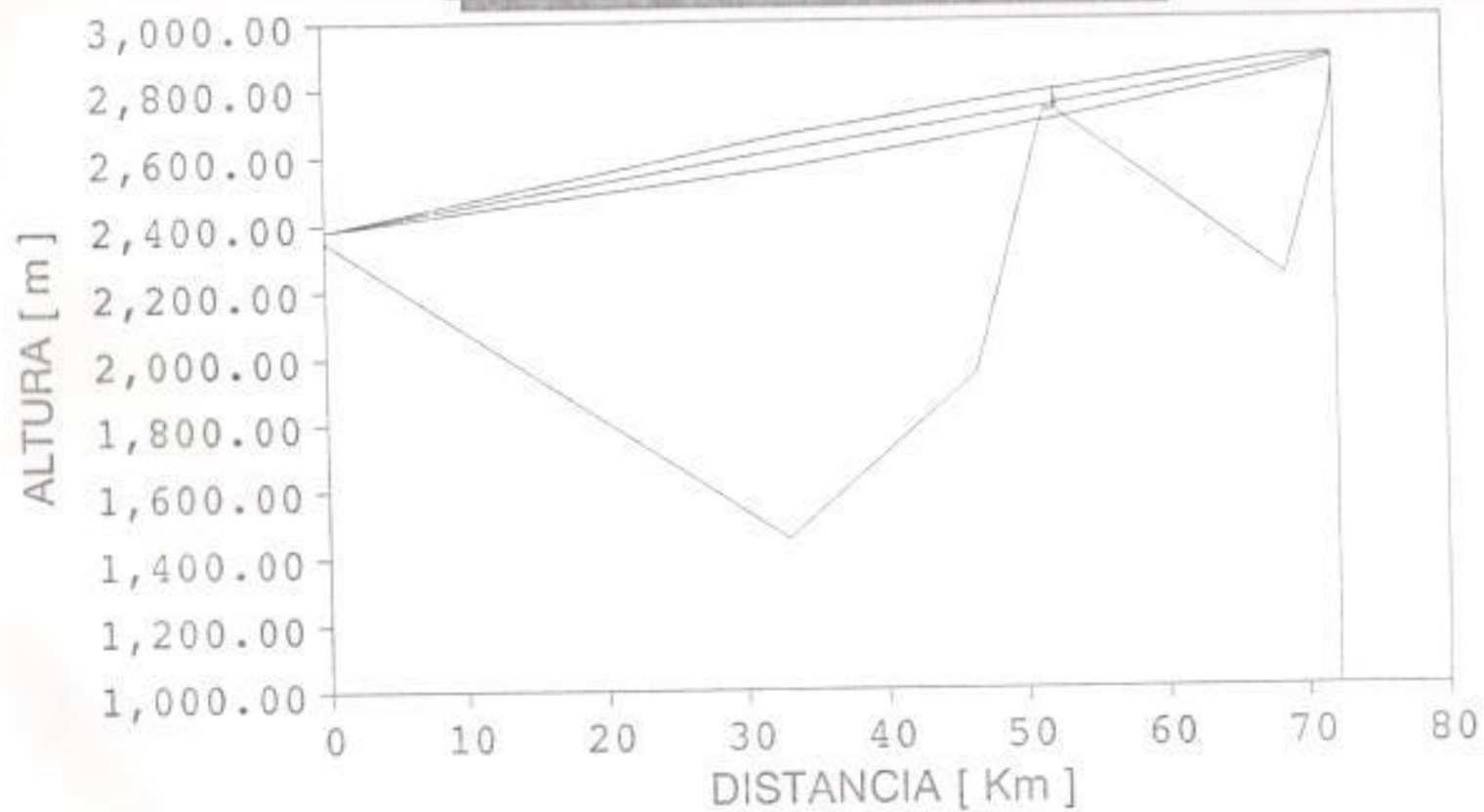
Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
7.44	2452.07	2728.01	2813.67
12.47	2250.36	2733.56	2817.79
17.80	2043.20	2740.34	2822.76
23.04	1847.02	2743.96	2825.36
28.70	1645.15	2749.62	2829.38
29.69	1642.79	2756.55	2834.20
25.26	1840.93	2761.90	2837.83
22.89	1940.20	2763.96	2839.22
25.85	1839.46	2766.04	2840.60
26.76	1837.36	2771.88	2844.44
21.84	2035.83	2776.09	2847.14
16.61	2234.58	2779.48	2849.28
18.62	2182.99	2783.75	2851.92
17.81	2231.21	2788.48	2854.79
17.04	2279.22	2793.70	2857.87
15.79	2328.38	2795.89	2859.13
19.47	2227.20	2798.98	2860.88
20.29	2225.47	2803.43	2863.34
19.57	2273.55	2808.39	2865.99
14.89	2422.30	2811.58	2867.63
11.65	2521.40	2813.87	2868.79
10.14	2570.60	2816.19	2869.93
10.27	2570.14	2817.12	2870.38
17.22	2417.74	2823.25	2873.24
27.08	2215.67	2828.55	2875.64
28.40	2214.34	2831.99	2876.94
22.33	2411.43	2839.58	2879.72
18.09	2510.67	2841.66	2880.40
24.29	2409.86	2843.78	2881.05
27.53	2407.96	2849.23	2882.51
18.75	2605.63	2855.59	2883.75
22.66	2503.98	2860.59	2884.28
28.86	2602.53	2865.42	2884.29
26.27	2701.27	2870.24	2883.61
16.34	2800.64	2873.23	2882.70
#DIV/0!	2849	2879	2879

# ENLACE REPEN-HUACHICHAMBO



— Distancia = 72.2 Km — Curvatura = 4/3

# ENLACE REPEN-HUACHICHAMBO



GUACHAURCO - MACHALA

Temperatura (T) =	87.5
Presión (P) =	2
Temperatura (K) =	1.333
Altura (H) =	3000
Longitud (L) =	15
Radio (R) =	10
Radio (R) =	15

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
3088	0	0	3103
3000	2.30	8.18	3087.17
2800	6.34	13.58	3059.03
2600	8.83	16.02	3041.44
2400	10.80	17.72	3027.37
2200	12.50	19.05	3015.05
2200	13.71	19.55	3006.25
2000	19.42	23.76	2964.05
1700	45.60	36.41	2751.23
2200	63.99	43.13	2575.34
1000	91.93	51.09	2223.57
1200	108.12	56.05	1871.80
500	111.79	57.00	1695.91
200	112.55	57.20	1600.94
214	112.62	57.21	1565.75
200	112.34	57.14	1485.61
300	112.27	57.12	1477.82
400	112.07	57.08	1456.71
450	112.02	57.05	1451.43
400	111.94	57.04	1444.40
300	111.43	56.91	1405.70
300	110.32	56.63	1344.14
320	110.21	56.60	1338.87
300	110.10	56.57	1333.59
200	109.09	56.31	1291.35
200	108.30	55.61	1201.08
200	101.50	54.32	1080.31
100	100.57	54.09	1052.73
100	99.82	53.85	1045.14
40	96.60	52.99	983.58
40	94.39	52.38	944.88
80	93.24	52.05	925.53
80	91.93	51.69	904.43
50	90.59	51.31	883.32
10	0	0	25

GUACHAURCO - MACHALA

67.5  
2  
1.333  
3098  
15  
10  
15

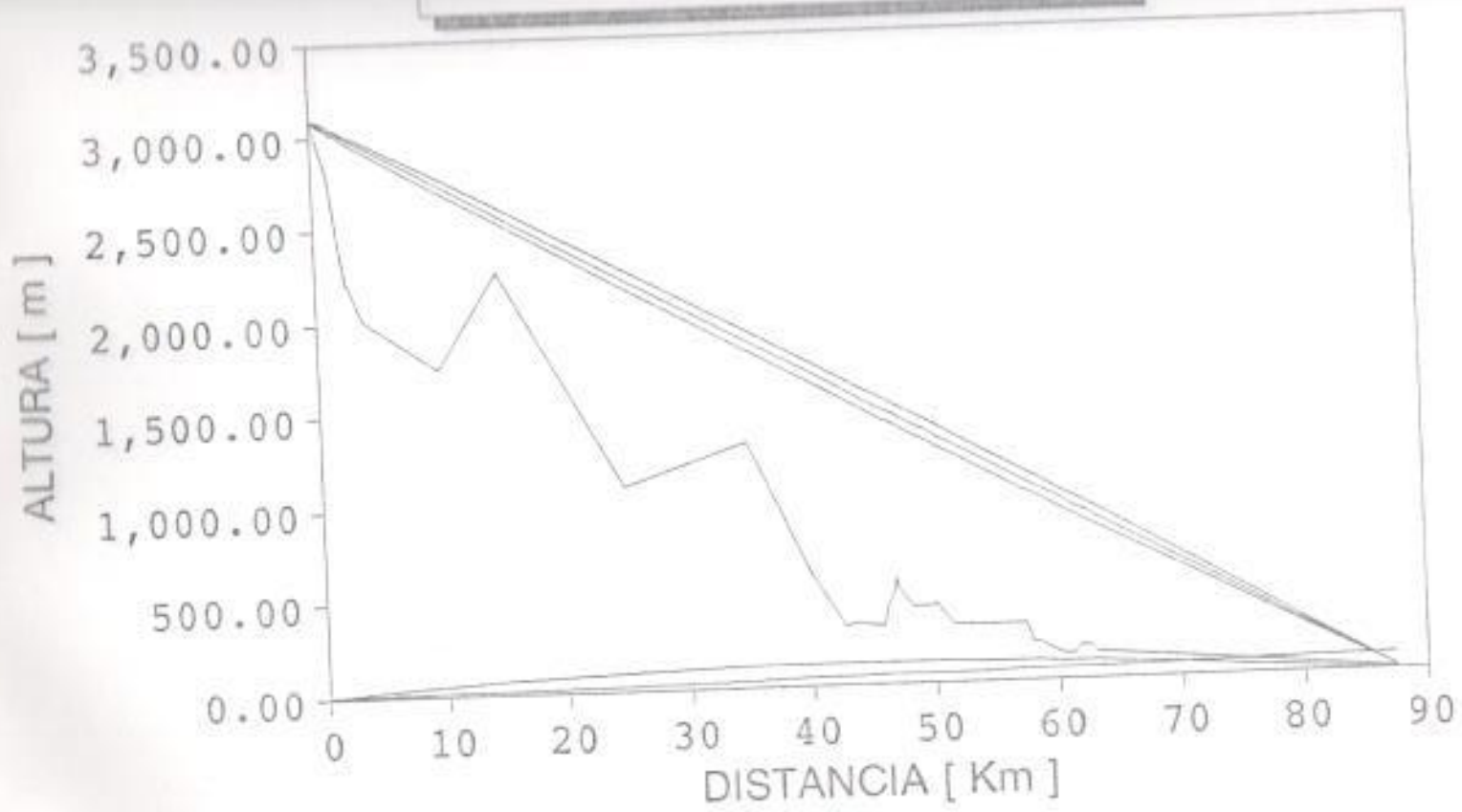
Relación C/R #DIV0!	Elevación ajustada	Primera zona de Fresno	
		Lóbulo inferior	Lóbulo superior
	3098	3103	3103
10.37	3012.30	3078.99	3095.36
18.61	2816.34	3045.45	3072.61
27.00	2618.83	3025.42	3057.46
34.80	2420.80	3009.65	3045.08
42.10	2222.50	2995.99	3034.12
39.70	2223.71	2986.30	3026.23
39.76	2029.42	2940.29	2987.81
27.62	1755.60	2714.82	2787.63
7.22	2273.99	2532.22	2618.47
21.89	1101.93	2171.89	2275.27
10.06	1318.12	1815.74	1927.06
19.02	621.79	1638.01	1752.92
22.52	322.56	1543.74	1658.13
21.66	336.62	1508.54	1622.97
20.55	322.34	1429.47	1543.76
18.65	422.27	1420.69	1534.94
16.56	522.07	1399.63	1513.78
15.59	572.02	1394.37	1508.49
16.35	521.94	1387.36	1501.44
17.47	421.43	1348.79	1462.61
16.49	420.32	1287.52	1400.77
16.05	440.21	1282.27	1395.47
16.32	420.10	1277.02	1390.16
17.44	319.09	1235.07	1347.69
16.10	316.38	1146.07	1257.28
14.34	311.59	1026.00	1134.63
15.94	210.67	1008.63	1110.82
15.69	209.82	891.27	1099.00
15.98	146.60	930.59	1035.57
15.47	144.39	892.50	997.26
14.45	183.24	873.48	977.59
14.17	181.83	852.73	956.12
14.47	150.59	832.01	934.64
#DIV0!	20	25	25

GUACHAURCO - MACHALA

Cm

ALTURA [m]

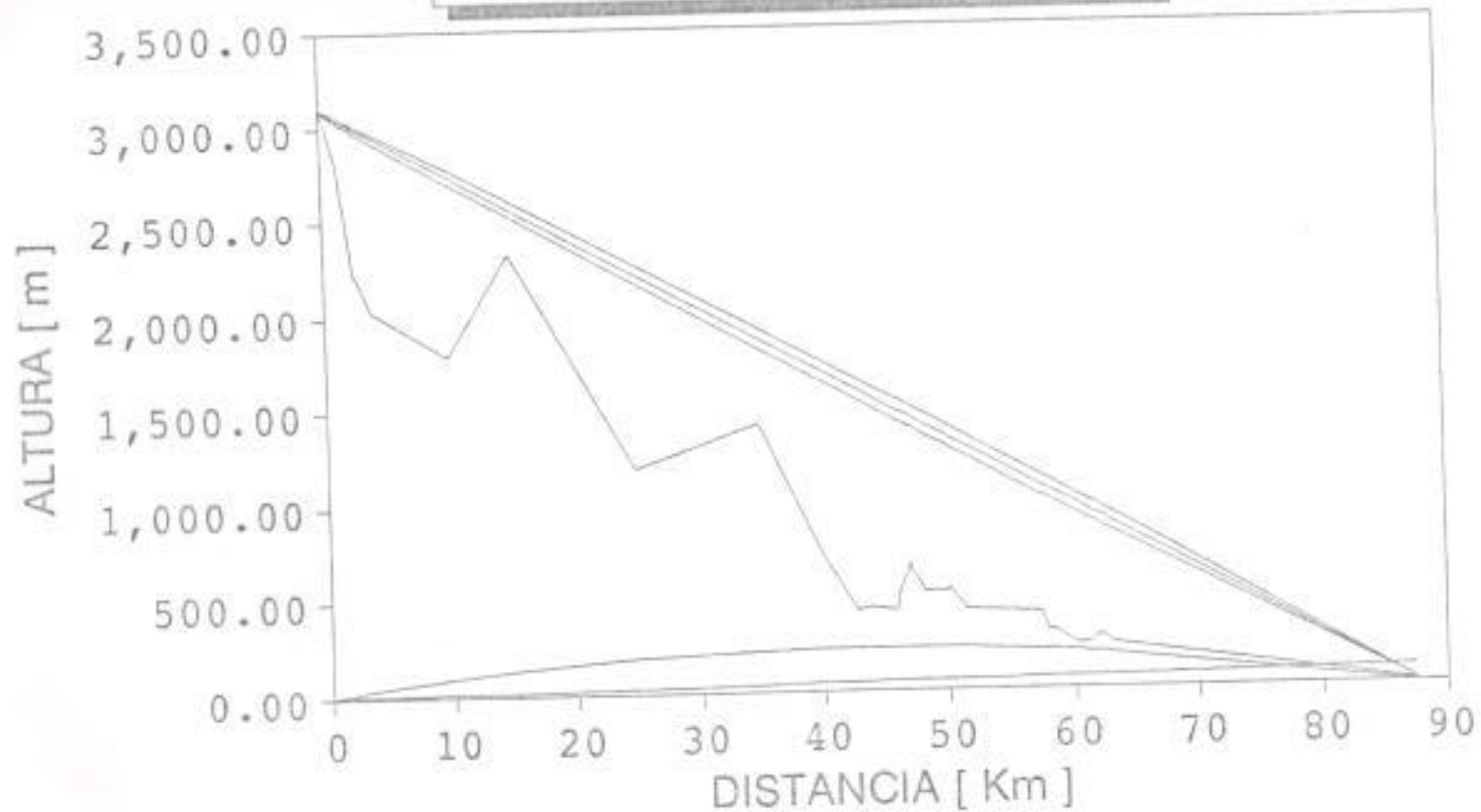
# ENLACE GUACHAURCU-MACHALA



— Distancia = 87.5 km — Curvatura = 4/3



# ENLACE GUACHAURCU-MACHALA



— Distancia = 87.5 km — Curvatura = 2/3



## GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

69.5  
2  
1.333  
3898  
10  
2849  
10

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
3898	0	0	3898
3000	0.41	3.07	3896.51
2800	3.43	11.21	3895.29
2600	7.17	16.20	3871.09
2400	7.94	17.05	3868.10
2200	9.05	18.24	3863.62
2000	11.92	20.89	3852.40
1800	13.58	22.30	3845.68
1700	16.14	24.30	3835.21
1600	16.85	24.83	3832.22
1640	17.39	25.23	3829.98
1800	18.10	25.73	3826.99
1600	19.32	26.59	3821.76
1600	21.40	27.98	3812.79
1600	24.76	30.10	3797.84
1400	26.55	31.17	3789.62
1200	27.60	31.83	3784.38
1200	32.64	34.66	3760.46
1000	34.85	35.72	3749.25
960	37.20	36.95	3736.54
900	41.66	39.05	3712.62
900	54.64	44.72	3628.16
1000	55.23	44.90	3623.67
1000	55.70	45.15	3619.94
1000	58.34	46.20	3598.26
1100	59.68	46.73	3596.80
1200	61.71	47.52	3566.87
1400	63.07	48.04	3552.66
1500	64.69	48.65	3533.98
1800	68.56	50.09	3475.67
1800	69.00	50.25	3466.70
2000	69.46	50.42	3456.24
2200	69.91	50.58	3444.28
2000	70.25	50.70	3433.81
1600	70.64	50.84	3418.12
1400	71.01	50.98	3391.21
1400	71.05	50.99	3390.74
1200	71.63	50.98	3368.78

## GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

69.5  
2  
1.333  
3088  
10  
2849  
10

## Primera zona de Fresno

Refacción C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
#,DIV/0!	3898	3898	3898
231.81	3010.41	3852.54	3900.37
96.52	2813.43	3874.08	3896.50
78.03	2617.17	3854.89	3887.29
85.64	2417.94	3851.05	3885.15
90.70	2219.09	3845.37	3881.06
88.10	2021.92	3831.51	3873.29
91.12	1823.59	3823.37	3867.98
87.20	1726.14	3810.91	3859.51
81.15	1626.85	3807.39	3857.05
78.20	1867.39	3804.75	3855.20
78.06	1828.10	3801.26	3852.72
82.82	1629.32	3795.16	3848.35
78.31	1631.40	3784.80	3840.77
72.20	1634.76	3767.74	3827.94
75.80	1426.55	3758.44	3820.79
80.33	1237.68	3752.56	3816.21
73.14	1242.64	3725.90	3796.02
75.99	1044.86	3713.53	3784.97
74.14	1007.30	3699.60	3773.49
70.97	951.65	3673.58	3751.67
59.79	904.64	3583.44	3672.88
57.13	1065.23	3578.72	3668.63
56.79	1065.70	3574.79	3665.03
54.97	1068.34	3562.05	3644.46
51.92	1169.68	3539.57	3633.03
48.51	1271.71	3519.34	3614.39
43.50	1473.07	3504.62	3600.70
38.42	1674.69	3485.32	3582.03
32.08	1878.96	3425.58	3525.75
31.79	1879.00	3416.45	3516.95
27.51	2079.46	3405.82	3506.69
23.22	2279.91	3393.70	3494.86
26.89	2080.25	3383.11	3484.51
34.37	1680.64	3367.27	3468.26
37.67	1481.01	3340.23	3442.18
37.45	1481.05	3329.75	3431.73
41.15	1281.03	3317.80	3419.76

## GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

69.5

2

1 353

3888

10

2849

10

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
1250	70.94	50.65	3357.57
1200	70.84	50.91	3350.10
1350	70.80	50.90	3347.85
1200	70.71	50.87	3342.62
1200	70.54	50.81	3334.40
1200	69.17	50.31	3294.03
1200	67.74	49.79	3266.39
1300	67.29	49.62	3258.90
1400	66.19	49.21	3242.46
1200	64.39	48.54	3219.29
1400	63.20	48.09	3205.83
1600	60.95	47.23	3182.66
2000	58.51	46.27	3160.24
2100	58.25	46.17	3157.99
2000	57.81	46.00	3154.26
2000	57.37	45.82	3150.52
1800	56.27	45.38	3141.55
1600	54.05	44.47	3124.36
1600	53.54	44.26	3120.62
1200	51.77	43.53	3107.91
1100	50.91	43.16	3101.93
1100	47.52	41.70	3079.51
1200	46.56	41.28	3073.53
1200	44.73	40.46	3062.32
1400	40.46	38.48	3037.65
1540	37.50	37.09	3021.95
1400	34.28	35.42	3004.76
1600	29.58	32.90	2981.59
1800	28.32	32.19	2975.61
1800	27.20	31.55	2970.37
1600	25.25	30.40	2961.41
1600	24.75	30.10	2959.16
2000	22.09	28.42	2947.20
2150	16.85	24.83	2924.78
2000	15.60	23.89	2919.55
2200	12.48	21.37	2905.84
2200	9.09	18.24	2893.38
2400	7.94	17.05	2888.90

GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

69.5  
2  
1.333  
3088  
10  
2849  
10

Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
39.97	1330.54	3305.62	3408.52
40.64	1280.84	3299.18	3401.04
37.86	1430.80	3296.95	3398.76
40.73	1280.71	3291.75	3393.49
40.62	1280.54	3283.59	3385.21
40.25	1279.17	3243.72	3344.35
40.14	1277.74	3216.58	3316.17
38.12	1377.29	3209.28	3308.52
36.09	1476.18	3193.25	3291.67
40.28	1274.38	3170.75	3267.82
36.24	1473.20	3157.74	3253.92
32.22	1670.95	3135.43	3229.89
23.81	2068.51	3113.96	3206.51
21.65	2168.25	3111.82	3204.16
23.84	2067.81	3108.26	3200.25
23.86	2067.37	3104.70	3196.34
28.32	1866.27	3096.17	3186.93
33.06	1664.05	3079.89	3168.83
33.14	1663.54	3076.35	3164.98
42.64	1261.77	3064.38	3151.44
45.20	1160.91	3058.77	3145.10
46.33	1157.52	3037.81	3121.21
44.26	1256.56	3032.25	3114.81
44.92	1254.73	3021.86	3102.77
41.51	1450.46	2989.17	3076.13
38.95	1527.53	2984.87	3059.04
44.34	1444.28	2963.34	3040.18
41.10	1639.58	2948.69	3014.49
35.64	1838.32	2943.42	3007.80
36.23	1837.20	2938.83	3001.92
43.96	1635.25	2931.01	2991.80
44.33	1634.76	2929.06	2989.26
32.55	2032.08	2918.78	2975.63
30.52	2176.85	2899.94	2949.61
37.84	2025.60	2895.66	2943.44
32.49	2222.48	2885.47	2938.21
37.51	2219.09	2875.14	2911.63
28.21	2417.94	2871.85	2905.95

## GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

69.5  
2  
1.333  
3858  
10  
2849  
10

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2600	5.61	14.33	2879.93
2800	0.82	5.46	2861.99
2849	0.00	0.00	2859.00

GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

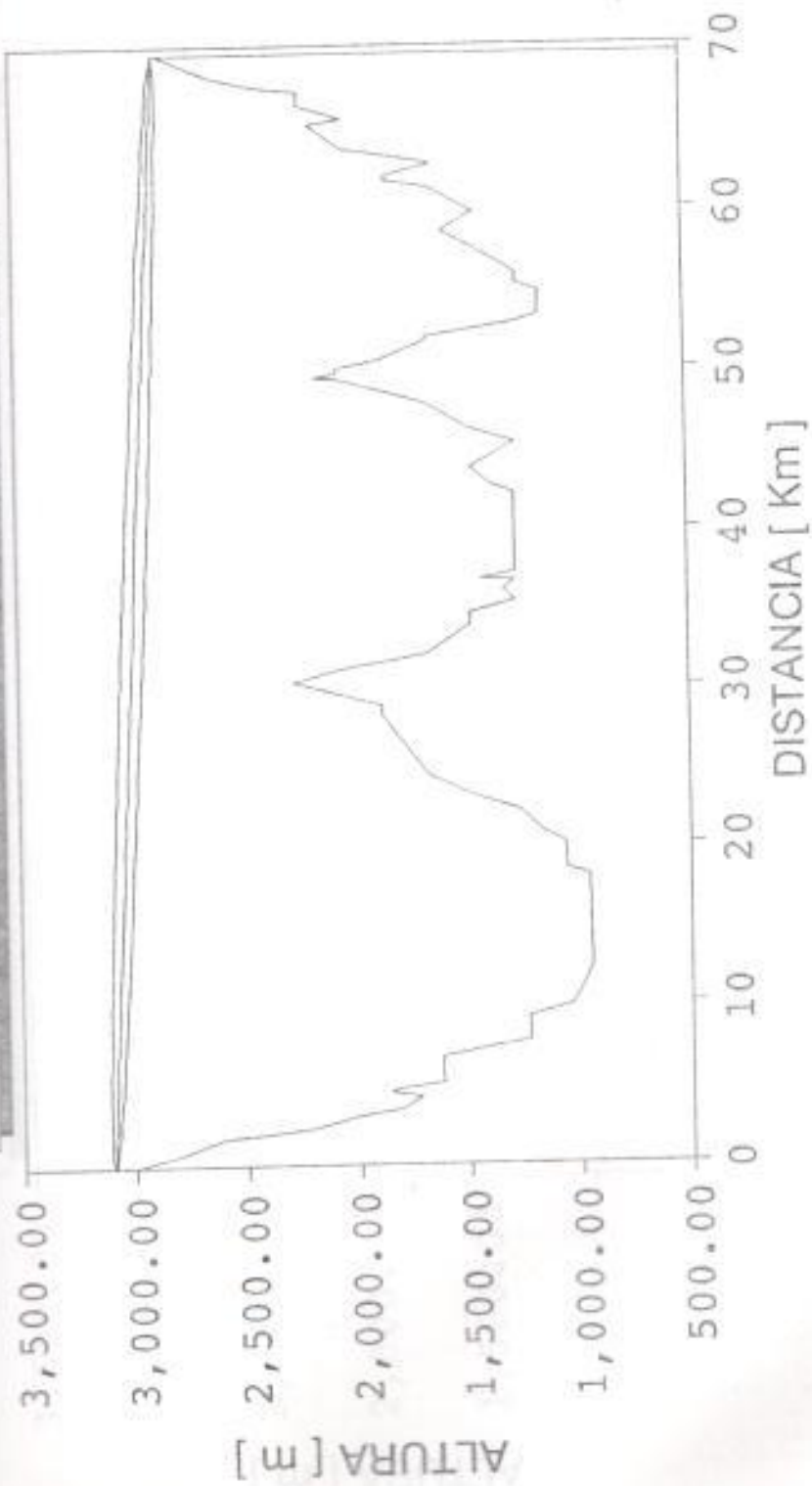
69.5  
2  
1.333  
3068  
10  
2849  
10

Relación C/R	Elevación ajustada	Primera zona de Fresnel	
		Lóbulo inferior	Lóbulo superior
19.15	2615.61	2065.60	2894.26
11.20	2810.62	2856.53	2957.45
#DIV/0!	2859.00	2859.00	2859.00

GUACHAURCO - HUACHICHAMBO

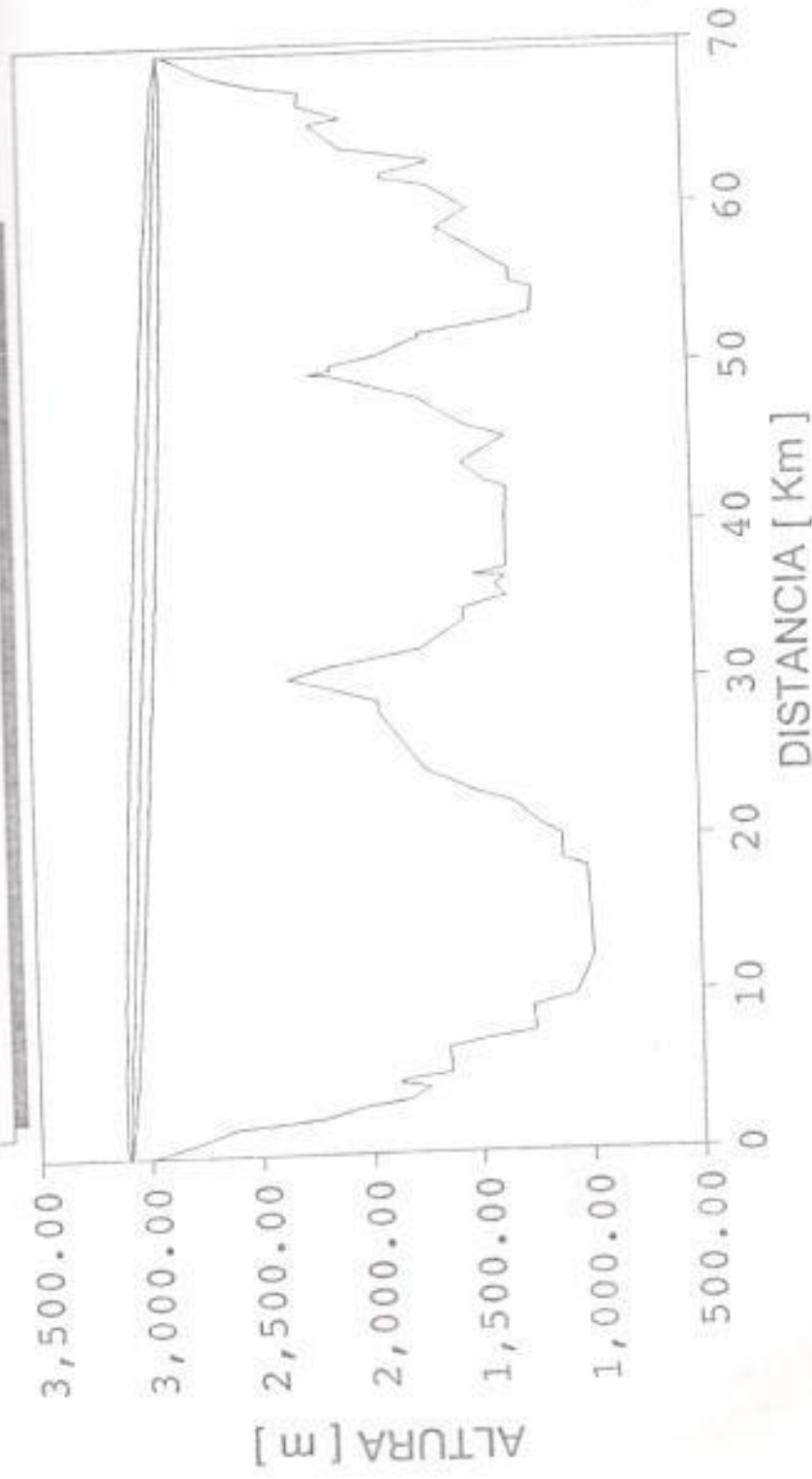
ACTURA I. M.

# ENLACE GUACHAURCU-HUACHICHAMBO



— Distancia = 69.5 km — Curvatura = 4/3

# ENLACE GUACHAURCU-HUACHICHAMBO



— Distancia = 69.5 km — Curvatura = 2/3



## PUGLLA - BUERAN

120.85

2

1.333

3338

15

3818

15

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
3338	0	0	3353
3200	2.83	7.72	3354.59
3000	6.35	11.56	3356.57
2800	8.10	13.06	3357.57
2300	8.80	13.61	3357.90
2300	10.19	14.64	3358.76
2700	12.61	16.29	3360.15
2600	14.67	17.57	3361.34
2700	17.41	19.14	3362.93
2600	20.80	20.92	3364.92
2600	28.83	24.63	3369.68
2600	41.19	29.44	3377.23
2400	43.10	30.12	3378.42
2400	45.00	30.77	3379.61
2400	52.50	33.24	3384.38
2200	56.19	34.39	3386.76
2000	59.23	35.31	3388.75
2200	61.94	36.10	3390.53
2400	64.03	36.71	3391.92
2650	65.52	37.13	3392.92
2650	66.41	37.38	3393.51
2500	71.10	38.68	3396.69
2600	75.14	39.77	3399.47
2800	80.81	41.24	3403.44
3000	84.44	42.16	3406.02
3000	86.10	42.57	3407.22
2840	88.02	43.04	3408.61
3000	90.73	43.70	3410.59
3000	96.08	44.97	3414.56
2800	100.01	45.88	3417.54
2000	105.91	47.21	3422.11
2000	110.91	48.31	3426.08
1900	116.28	49.47	3430.45
1600	126.37	51.57	3438.99
1400	130.20	52.35	3442.37
1600	132.42	52.79	3444.36
1600	133.52	53.01	3445.36
2000	137.19	53.73	3448.72

## PUGLLA - BUERAN

120.85  
2  
1.333  
3338  
15  
3818  
15

## Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
#,DIV/0'	3348	3353	3353
19.65	3212.83	3346.86	3362.31
30.29	3016.35	3345.01	3368.14
42.09	2818.10	3344.51	3370.62
77.11	2318.80	3344.36	3371.97
71.62	2320.19	3344.12	3373.40
39.75	2722.61	3343.86	3376.44
42.49	2624.67	3343.77	3378.91
33.72	2727.41	3343.79	3382.07
35.56	2630.80	3343.99	3385.84
30.08	2638.83	3345.05	3394.31
25.00	2651.19	3347.79	3406.67
31.06	2453.10	3348.30	3408.54
30.37	2455.00	3348.84	3410.39
28.03	2462.50	3351.14	3417.62
32.88	2266.19	3352.37	3421.15
37.66	2069.23	3353.44	3424.05
31.26	2271.94	3354.43	3426.64
25.28	2474.03	3355.21	3428.63
18.24	2725.52	3355.78	3430.05
18.11	2726.41	3356.13	3430.90
21.34	2581.10	3358.81	3435.37
18.21	2685.14	3359.70	3438.24
12.67	2890.81	3362.20	3444.68
7.63	3094.44	3363.87	3448.18
7.54	3096.10	3364.65	3449.78
11.17	2930.02	3365.57	3451.64
7.32	3100.73	3366.89	3454.29
7.08	3106.08	3369.60	3459.53
11.28	2910.01	3371.67	3463.42
27.88	2115.91	3374.90	3469.32
27.22	2120.81	3377.77	3474.40
30.61	1926.28	3380.80	3479.92
33.21	1736.37	3387.42	3488.96
36.53	1540.20	3390.02	3494.71
32.43	1742.42	3391.56	3497.14
28.52	1843.52	3392.34	3498.35
24.41	2147.19	3394.99	3502.46

## PUGLLA - BUERAN

120.85

2

1.333

3030

15

3818

15

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2200	140.78	54.43	3452.10
2200	144.70	55.18	3455.87
2400	152.01	56.50	3463.22
2500	154.40	57.02	3465.80
2700	158.56	57.77	3470.17
2600	161.43	58.29	3473.35
2600	165.60	59.04	3478.11
2900	168.95	59.63	3482.09
2800	169.60	59.74	3482.88
2800	173.74	60.47	3488.04
3000	178.71	61.33	3494.60
3000	179.58	61.48	3495.79
3100	185.74	62.41	3503.93
3200	188.45	62.98	3508.90
3200	189.68	63.18	3510.88
3000	193.08	63.75	3516.64
3100	197.97	64.55	3525.78
3000	201.28	65.08	3532.73
3000	203.34	65.42	3537.49
3040	203.75	65.48	3538.49
3040	205.38	65.74	3542.66
3000	205.52	65.77	3543.05
2800	207.74	66.12	3549.41
2800	208.31	66.21	3551.20
2600	209.37	66.37	3554.57
2500	212.01	66.80	3565.40
3000	213.40	67.02	3573.44
3000	213.57	67.04	3574.63
2600	213.75	67.07	3576.02
2700	213.99	67.11	3578.01
2800	214.08	67.12	3578.80
2850	214.10	67.14	3579.79
2800	214.25	67.15	3580.59
2800	214.75	67.23	3588.33
2900	214.82	67.24	3591.71
2890	214.82	67.24	3594.69
2600	214.75	67.23	3597.27
2840	214.68	67.22	3599.26

PUGLLA - BUERAN

120.85  
2  
1.333  
3338  
15  
3818  
15

Relación C/R	Elevación ajustada	Primera zona de Fresnel	
		Lóbulo inferior	Lóbulo superior
20.42	2350.78	3397.67	3506.53
20.14	2354.70	3400.69	3511.05
16.11	2562.01	3406.66	3510.78
12.48	2764.48	3408.78	3522.82
10.59	2868.56	3412.40	3527.94
12.21	2771.43	3415.06	3531.63
12.07	2775.60	3419.09	3537.15
6.93	3078.55	3422.46	3541.71
8.59	2979.60	3423.14	3547.62
8.51	2983.74	3427.57	3548.51
5.15	3188.71	3433.27	3555.92
5.14	3189.58	3434.31	3557.27
3.50	3295.24	3441.49	3566.37
1.91	3398.45	3445.92	3571.87
1.92	3399.68	3447.70	3574.06
5.08	3203.08	3457.90	3580.39
3.53	3307.97	3461.23	3580.32
5.09	3211.28	3467.64	3577.81
5.11	3213.34	3472.08	3602.91
4.50	3253.75	3473.00	3603.97
4.52	3255.38	3476.91	3608.40
5.13	3215.52	3477.29	3608.82
8.19	3017.74	3483.29	3615.53
8.20	3018.31	3484.98	3617.41
8.22	3019.32	3488.20	3620.94
8.29	3022.01	3498.70	3632.29
5.37	3223.40	3506.42	3640.45
5.39	3223.57	3507.59	3641.67
8.38	3023.75	3508.95	3643.09
9.89	2923.95	3510.90	3645.11
8.41	3024.08	3511.68	3645.92
7.68	3074.18	3512.66	3646.93
8.43	3024.25	3513.44	3647.74
8.53	3024.75	3521.11	3655.56
7.09	3124.82	3524.47	3658.95
7.29	3114.82	3527.45	3661.93
8.66	3024.76	3530.04	3674.50
8.10	3064.68	3532.04	3695.47

PUGLLA - BUERAN

120.65

2

1.333

3338

15

3818

15

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2700	213.45	67.02	3612.16
2800	211.45	66.71	3623.09
2800	210.75	66.60	3626.07
2800	210.50	66.56	3627.06
2800	206.67	65.95	3639.77
2850	205.87	65.81	3642.15
2800	205.38	65.74	3643.34
2700	194.31	63.95	3667.17
2600	184.84	62.37	3682.66
2583	183.50	62.14	3684.65
2500	172.49	60.25	3699.55
2760	162.14	58.41	3711.86
2800	132.86	52.88	3741.25
3000	122.60	50.81	3750.19
3200	115.56	49.32	3756.14
3200	100.01	45.88	3768.46
3400	95.28	44.78	3772.03
3400	91.27	43.83	3775.01
3200	83.05	41.81	3780.97
3300	77.42	40.37	3784.94
3200	75.43	39.84	3795.33
3400	25.50	23.17	3818.30
3600	12.95	16.51	3825.65
3680	10.19	14.64	3827.24
3720	8.80	13.61	3828.04
3818	0.00	0.00	3833.00

PUGLLA - BUERAN

Altura (m) =	120.85
Curvatura (K) =	2
Temperatura (K) =	1.333
Altura (m) =	3038
Altura (m) =	15
Altura (m) =	3818
Altura (m) =	15

Altura terreno (ml.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2700	213.46	67.02	3612.16
2800	211.45	66.71	3623.09
2800	210.75	66.60	3629.07
2800	210.50	66.55	3627.06
2800	206.67	65.95	3639.77
2850	205.82	65.81	3642.15
2800	205.38	65.74	3643.34
2700	194.31	63.95	3667.17
2600	184.84	62.37	3682.66
2583	183.50	62.14	3684.65
2600	172.49	60.25	3699.55
2760	162.14	58.41	3711.86
2800	132.86	52.88	3741.25
3000	122.68	50.81	3750.19
3200	115.56	49.32	3756.14
3200	100.01	45.88	3768.46
3400	95.28	44.78	3772.03
3400	91.27	43.83	3775.01
3200	83.05	41.81	3780.97
3300	77.42	40.37	3784.94
3200	75.43	39.84	3785.33
3400	25.50	23.17	3818.30
3500	12.95	16.51	3825.65
3580	10.19	14.04	3827.24
3720	8.80	13.61	3828.04
3818	0.00	0.00	3833.00

PUGLLA - BUERAN

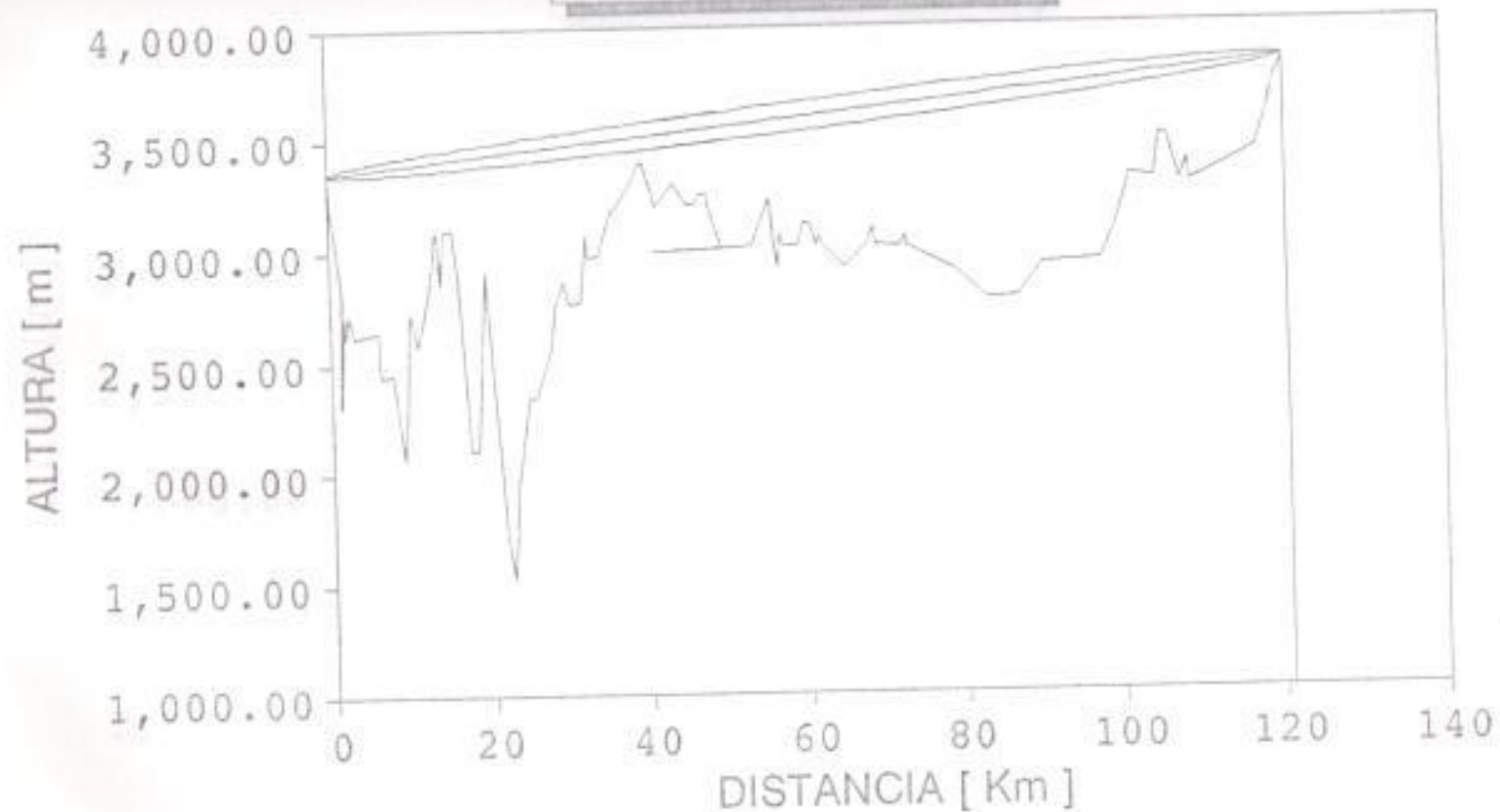
120.85  
2  
1.333  
3338  
15  
3318  
15

Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
10.42	2923.46	3545.14	3679.19
9.17	3021.45	3556.38	3689.00
8.04	3100.75	3559.47	3692.66
9.26	3020.50	3560.50	3693.62
9.60	3016.67	3573.82	3705.72
8.91	3065.82	3576.34	3707.97
9.70	3015.38	3577.60	3709.09
12.09	2904.31	3603.23	3731.12
14.39	2794.84	3620.29	3745.04
14.77	2776.50	3622.51	3746.79
15.39	2782.49	3639.29	3759.80
13.52	2932.14	3653.44	3770.27
15.29	2942.06	3688.37	3794.13
12.35	3132.68	3699.38	3801.00
8.93	3325.56	3706.83	3805.46
10.21	3310.01	3722.58	3814.33
6.18	3505.28	3727.25	3816.81
6.47	3501.27	3731.18	3818.84
11.91	3293.05	3739.16	3822.78
10.10	3387.42	3744.57	3825.31
12.82	3285.43	3746.49	3826.17
16.95	3435.50	3795.14	3841.47
12.88	3522.95	3809.14	3842.16
9.36	3700.19	3812.60	3841.08
7.29	3738.00	3814.43	3841.64
#DIV/0!	3628.00	3833.00	3833.00

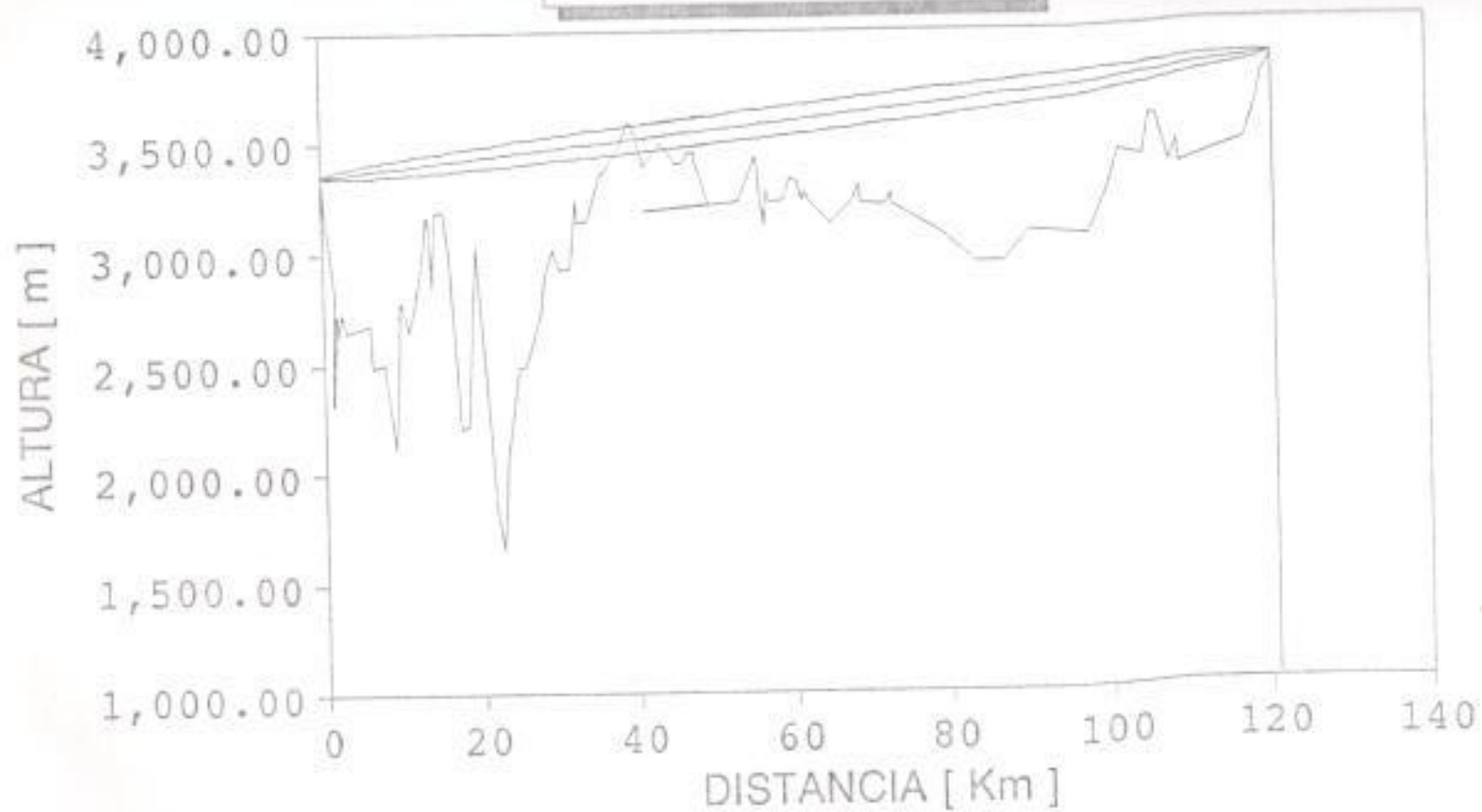


# ENLACE PUGLLA-BUERAN





# ENLACE PUGLLA-BUERAN



— Distancia = 120.85 km — Curvatura = 2/3

## PUGLLA - HUACHICHAMBO

43.25  
 2  
 1.333  
 3330  
 15  
 2849  
 15

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
3339	0.00	0.00	3353.00
3200	0.76	6.58	3349.61
3000	1.88	10.50	3344.62
3000	3.30	14.05	3335.48
3262	5.64	18.24	3326.43
3200	6.65	19.63	3321.91
3000	8.72	22.64	3310.60
3100	9.75	23.95	3304.95
3000	11.06	25.50	3297.60
2800	11.45	25.95	3295.34
3000	12.50	27.11	3289.12
3000	12.97	27.61	3286.29
2800	14.50	29.28	3276.12
2800	15.10	29.80	3272.72
2700	17.07	31.68	3259.16
2800	18.50	32.99	3248.42
2600	19.97	34.27	3236.64
2500	21.18	35.29	3225.80
2400	21.48	35.64	3222.98
2400	22.06	36.02	3217.32
2300	22.88	36.68	3208.84
2200	23.68	37.22	3199.80
2200	24.23	37.75	3193.02
2200	24.57	38.01	3188.40
2200	25.60	38.64	3172.10
2300	26.12	39.19	3163.62
2200	26.51	39.49	3155.14
2100	26.84	39.73	3146.66
2100	27.11	39.93	3138.18
2200	27.25	40.03	3132.53
2350	27.31	40.07	3129.70
2200	27.35	40.11	3126.87
2200	27.41	40.15	3123.40
2400	27.45	40.18	3120.09
2600	27.51	40.22	3111.61
2800	27.51	40.22	3105.96
2600	27.45	40.18	3096.91
2600	27.43	40.16	3094.65

## PUGLLA - HUACHICHAMBO

43.25

2

1.333

3339

15

2319

15

## Primera zona de Fresno

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
#DIVI01	3349.00	3353.00	3393.00
22.29	3210.76	3342.93	3356.29
32.63	3011.88	3334.02	3355.02
22.18	3013.90	3320.52	3350.43
3.22	3277.66	3308.19	3344.67
5.88	3216.55	3302.28	3341.54
13.33	3018.72	3287.90	3333.24
8.15	3119.75	3281.00	3328.50
11.24	3021.06	3272.10	3323.10
18.65	2921.45	3269.39	3321.28
10.20	3022.50	3262.01	3316.23
9.90	3022.87	3258.08	3313.91
15.76	2924.50	3246.83	3305.40
15.36	2925.10	3242.92	3302.53
17.11	2727.07	3227.48	3290.84
13.03	2928.50	3215.43	3281.40
17.99	2629.97	3202.28	3270.81
19.96	2531.18	3190.51	3261.10
22.50	2431.48	3187.43	3258.52
22.09	2432.06	3181.30	3253.34
24.15	2332.88	3172.16	3245.53
26.16	2233.68	3162.48	3237.11
25.67	2234.23	3155.27	3230.76
25.36	2234.57	3150.48	3226.50
24.32	2235.65	3143.26	3219.94
21.37	2136.12	3124.43	3202.81
29.52	2236.51	3115.65	3194.62
25.67	2136.84	3106.83	3186.39
25.32	2137.11	3098.25	3178.11
22.61	2237.25	3092.50	3172.59
18.78	2237.31	3089.63	3169.77
22.43	2237.36	3086.76	3166.98
22.32	2237.41	3083.83	3163.63
17.24	2437.45	3079.91	3160.27
12.04	2637.51	3071.39	3151.85
6.92	2837.54	3065.73	3146.18
11.68	2637.45	3056.73	3137.09
11.63	2637.43	3054.49	3134.01

## PUGLLA - HUACHICHAMBO

43.25

2

1.333

33.38

15

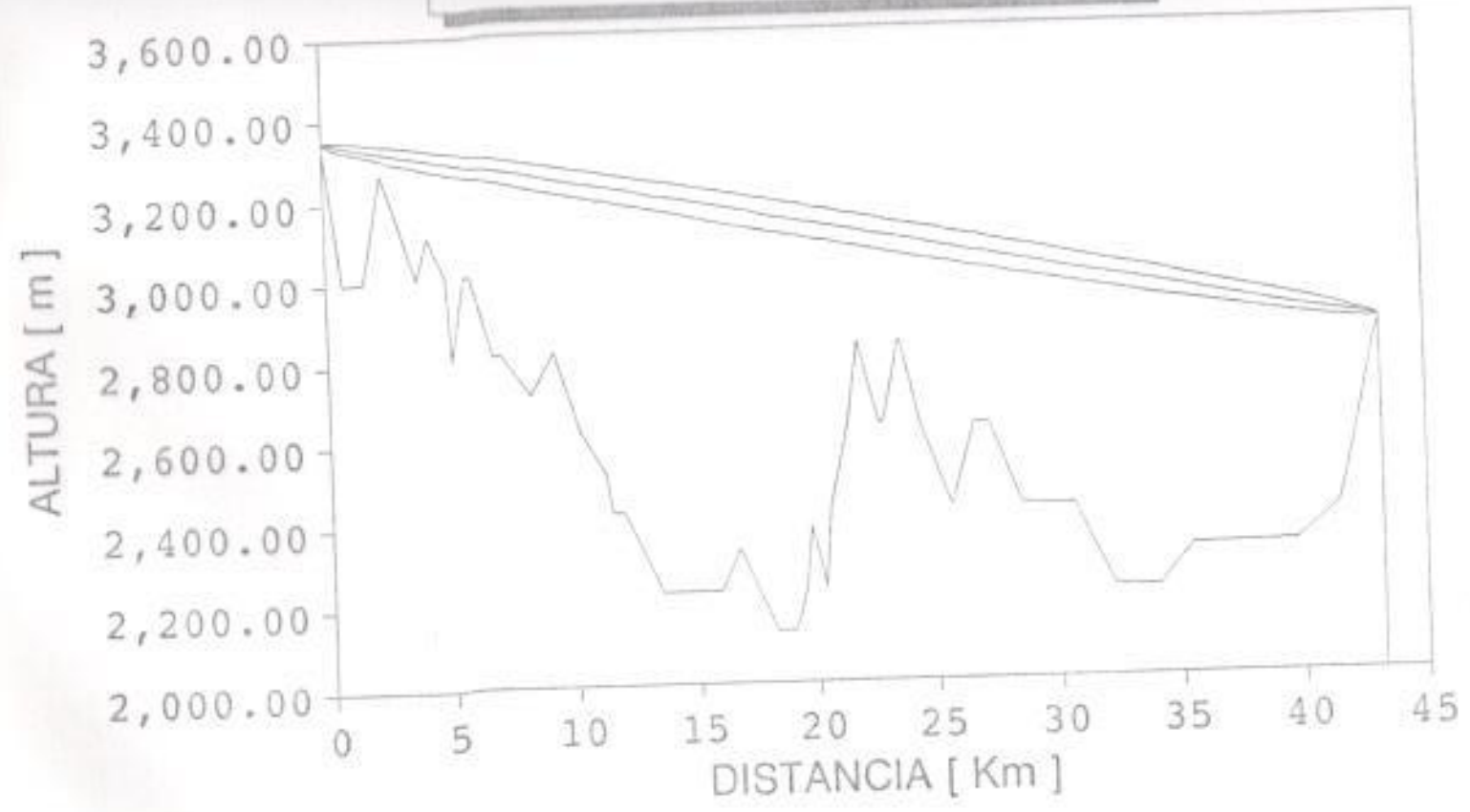
2849

15

## Primera zona de Fresnel

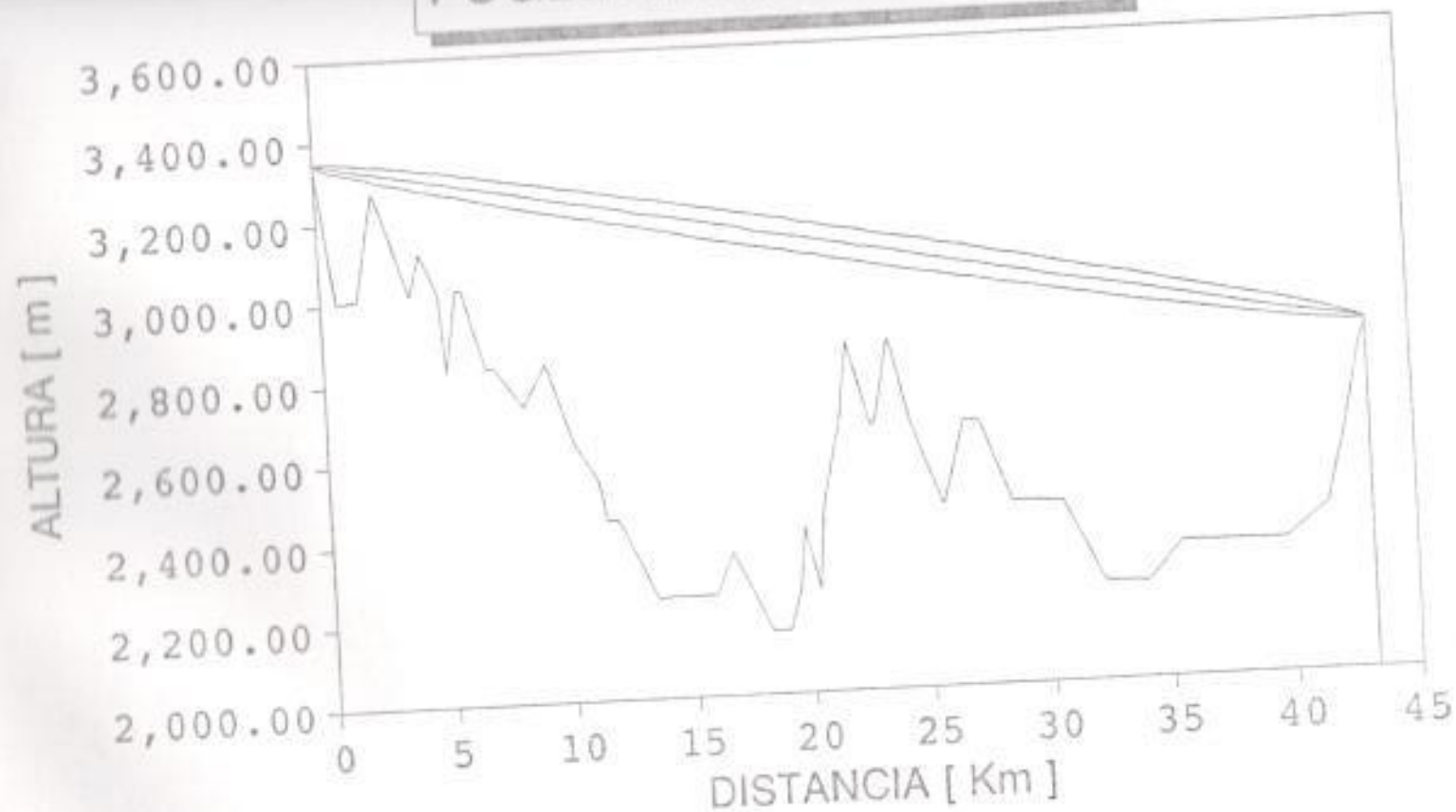
Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
6.48	2837.30	3046.67	3126.80
6.45	2837.27	3045.56	3125.65
11.20	2637.06	3037.23	3117.02
16.11	2436.59	3024.02	3103.10
16.10	2436.54	3022.92	3101.93
10.88	2636.03	3012.56	3090.81
10.82	2635.78	3008.22	3086.10
10.79	2635.65	3006.06	3083.74
15.89	2434.73	2992.63	3068.91
15.90	2433.96	2983.06	3058.13
15.97	2432.72	2969.91	3043.01
21.91	2230.87	2953.34	3023.40
22.80	2228.36	2934.60	3000.31
20.60	2326.19	2920.77	2982.40
26.68	2028.19	2881.63	2925.51
29.87	2414.39	2858.28	2900.42
22.56	2612.49	2663.22	2887.40
9.98	2810.76	2860.71	2874.07
#DIV/0!	2859	2864	2884

# ENLACE PUGLLA-HUACHICHAMBO



— Distancia = 43.25 km — Curvatura = 4/3

# ENLACE PUGLLA-HUACHICHAMBO



— Distancia = 43.25 km — Curvatura = 2/3

HUACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

	6.25
	2
	1.333
	2849
	10
	2010
	10

Altura terreno (ml.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.17	8.30	2791.88
2400	0.42	13.06	2657.64
2300	0.49	14.07	2603.94
2200	0.57	15.28	2456.28
2200	0.55	14.98	2355.60
2100	0.52	14.61	2315.33
2050	0.40	12.75	2207.94
2010	0.00	0.00	2020.00

HUACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

6.25  
 2  
 (K) = 1.333  
 2049  
 10  
 2010  
 10

Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
# <sub>i</sub> DIV/0'	2049.00	2859.00	2859.00
23.11	2600.17	2703.58	2800.18
19.69	2400.42	2644.58	2670.70
21.57	2300.49	2589.88	2618.01
18.74	2200.57	2441.00	2471.56
10.35	2200.55	2340.62	2370.58
14.71	2100.52	2300.72	2329.63
12.36	2050.40	2195.19	2220.69
# <sub>i</sub> DIV/0'	2010.00	2020.00	2020.00



HUACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

$\frac{1}{K} =$  6.25  
 $\frac{1}{K} =$  2  
 $\frac{1}{K} =$  1.333  
 $\frac{1}{K} =$  2649  
 $\frac{1}{K} =$  10  
 $\frac{1}{K} =$  2010  
 $\frac{1}{K} =$  10

Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
#,DIV/0'	2849.00	2859.00	2859.00
23.11	2600.17	2783.58	2800.18
19.69	2400.42	2644.58	2670.70
21.57	2300.49	2589.88	2618.01
16.74	2200.57	2441.00	2471.56
10.35	2200.55	2340.62	2370.58
14.71	2100.52	2300.72	2329.93
12.36	2050.40	2195.19	2270.69
#,DIV/0'	2010.00	2020.00	2020.00

## RACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

6.25  
 12  
 1.333  
 2849  
 10  
 2010  
 10

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.17	3.39	2791.88
2400	0.42	5.33	2657.64
2300	0.49	5.74	2603.94
2200	0.57	6.24	2456.28
2200	0.55	6.12	2355.60
2100	0.52	5.96	2315.33
2050	0.40	5.21	2207.94
2010	0.00	0.00	2020.00

HUACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

6.25  
12  
1.333  
2849  
10  
2010  
10

Relación C/R # <sub>J</sub> DIV/0!	Elevación ajustada	Primera zona de Fresnel	
		Lóbulo inferior	Lóbulo superior
	2849.00	2859.00	2859.00
56.60	2600.17	2708.49	2705.27
48.24	2400.42	2662.31	2662.97
52.64	2300.49	2598.20	2609.69
40.99	2200.57	2450.04	2462.52
25.35	2200.55	2349.48	2361.72
36.02	2100.52	2309.37	2321.29
30.26	2050.40	2202.73	2213.14
# <sub>J</sub> DIV/0!	2010.00	2020.00	2020.00

HUACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

6.25

15

1.333

2849

10

2010

10

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.17	3.03	2791.88
2400	0.42	4.77	2657.64
2300	0.49	5.14	2603.84
2200	0.57	5.58	2456.28
2200	0.55	5.47	2395.60
2100	0.52	5.33	2315.33
2050	0.40	4.66	2207.94
2010	0.00	0.00	2020.00

## HUACHICHAMBO - LOJA ( CENTRO )

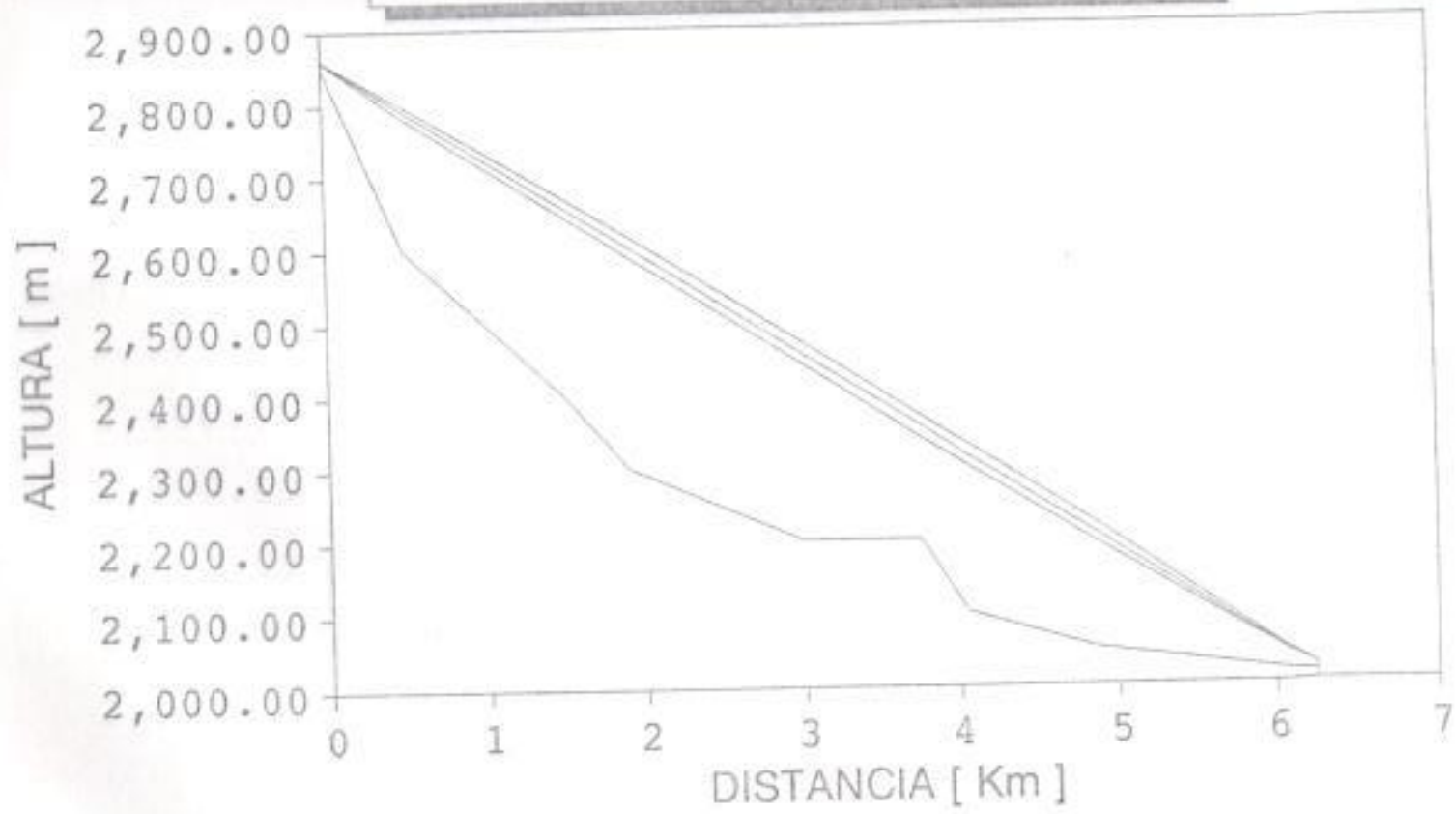
6.25
15
1.333
2849
10
2010
10

Relación C/R # <sub>1</sub> DIV/0'	Elevación ajustada	Primera zona de Fresnel	
		Lóbulo inferior	Lóbulo superior
	2849.00	2859.00	2859.00
63.28	2600.17	2788.85	2794.91
53.93	2400.42	2652.87	2662.41
59.08	2300.49	2598.81	2609.08
45.83	2200.57	2450.70	2461.86
28.34	2200.55	2350.13	2361.07
40.28	2100.52	2309.99	2320.66
33.84	2050.40	2203.28	2212.59
# <sub>1</sub> DIV/0'	2010.00	2020.00	2020.00

LINLAJUE  
 HUACHICHAMBO-LOJA(CENTRO)

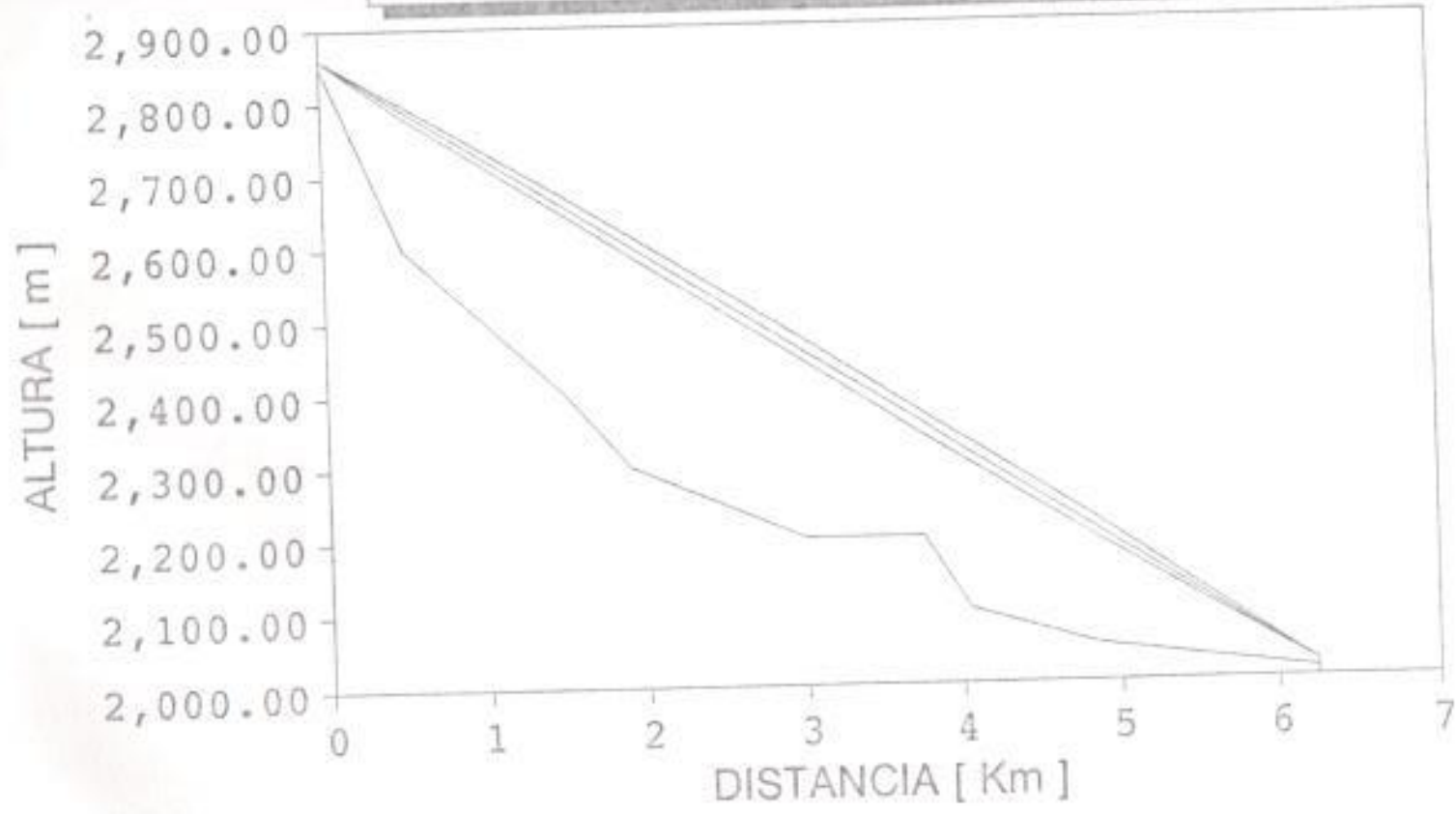
Curva

# ENLACE HUACHICHAMBO-LOJA(centro)



— Distancia = 6.25 km — Curvatura = 4/3

# ENLACE HUACHICHAMBO-LOJA(centro)



— Distancia = 6.25 km — Curvatura = 2/3

HUACHICHAMBO - LOJA ( OESTE )

Altura (m.) =	5.15
Radio (m.) =	2
Curvatura (K) =	1.333
Altura (m.) =	2649
Altura (m.) =	10
Altura (m.) =	2125
Altura (m.) =	20

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2649	0.00	0.00	2859.00
2600	0.17	9.22	2768.88
2400	0.33	12.85	2637.17
2200	0.33	12.85	2366.83
2150	0.27	11.50	2304.44
2150	0.02	2.72	2151.93
2125	0.00	0.00	2145.00



HUACHICHAMBO - LOJA ( OESTE )

Temperatura (°C) =	5.15
Temperatura (°F) =	42
Temperatura (K) =	277.33
Temperatura (°C) =	28.49
Temperatura (°F) =	83
Temperatura (°C) =	21.25
Temperatura (°F) =	70

Altura terreno (m.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.17	3.75	2768.88
2400	0.33	5.24	2637.17
2200	0.33	5.24	2366.83
2150	0.27	4.72	2304.44
2150	0.02	1.11	2151.93
2125	0.00	0.00	2145.00

HUACHICHAMBO - LOJA ( OESTE )

5.15  
12  
1.333  
2849  
10  
2125  
20

Relación C/R	Elevación ajustada	Primera zona de Fresnel	
		Lóbulo inferior	Lóbulo superior
# <sub>i</sub> DIV/0!	2849.00	2859.00	2859.00
44.83	2600.17	2765.12	2772.65
45.16	2400.33	2631.93	2642.42
31.74	2200.33	2361.58	2372.07
32.66	2150.27	2299.72	2309.16
1.73	2150.02	2150.82	2153.04
# <sub>i</sub> DIV/0!	2125.00	2145.00	2145.00

## HUACHICHAMBO - LOJA ( OESTE )

Altura (m) =	5.15
Radio (Hz) =	15
Curvatura (K) =	1.333
Altura (m) =	2849
Altura (m) =	10
Altura (m) =	2125
Altura (m) =	20

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.17	3.37	2768.88
2400	0.33	4.69	2637.17
2200	0.33	4.69	2366.83
2150	0.27	4.22	2304.44
2150	0.02	0.99	2151.93
2125	0.00	0.00	2145.00

HUACHICHAMBO - LOJA ( OESTE )

	5.15
	15
	1.333
	2049
	10
	2125
	20

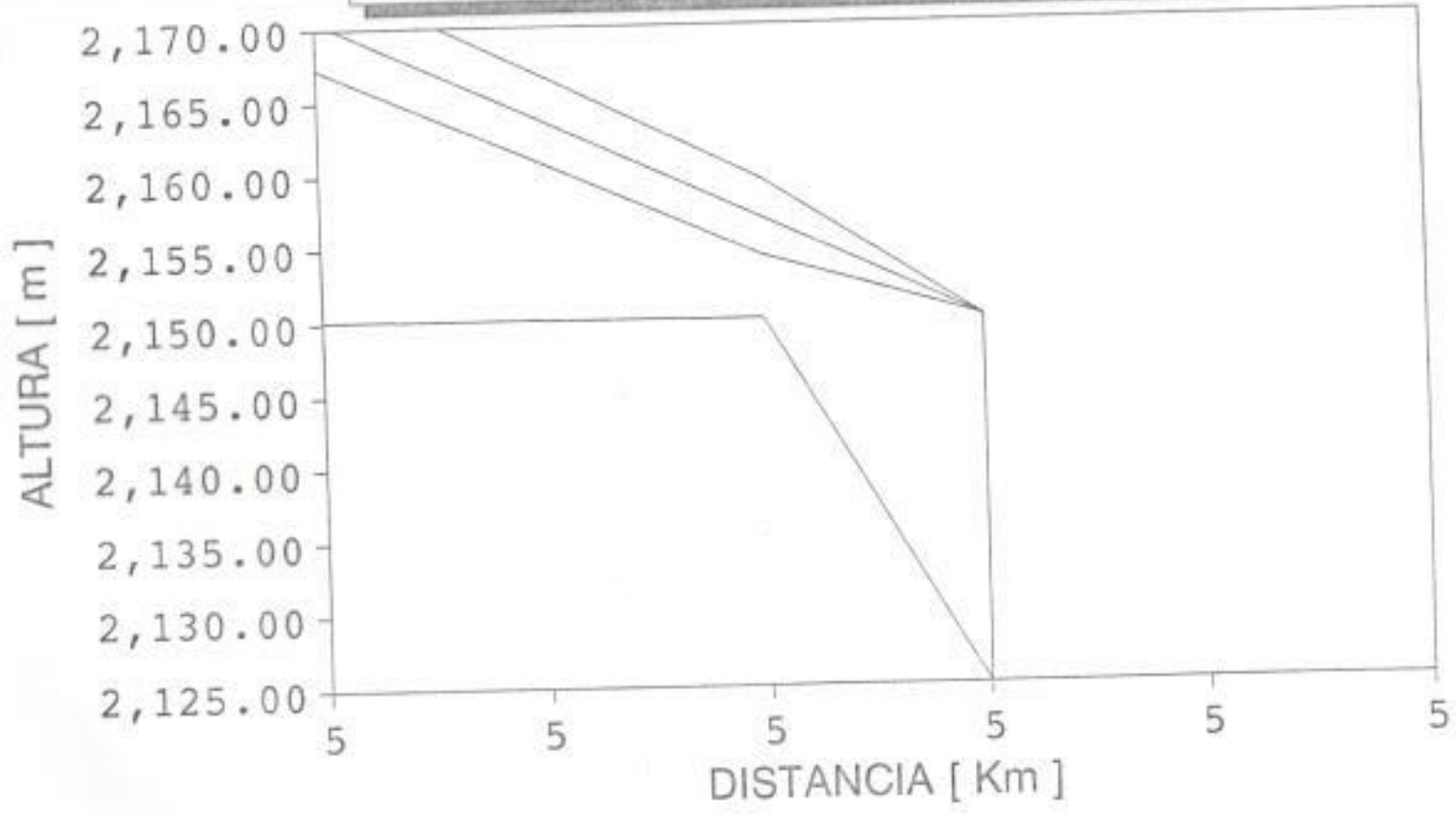
Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
#_DIV/0!	2849.00	2859.00	2859.00
50.12	2600.17	2765.62	2772.25
50.49	2400.33	2632.48	2641.87
35.49	2200.33	2362.13	2371.52
36.52	2150.27	2300.22	2308.66
1.93	2150.02	2150.94	2152.93
#_DIV/0!	2125.00	2145.00	2145.00

ENLACE  
 HUACHICHAMBO-LOJA(OESTE)

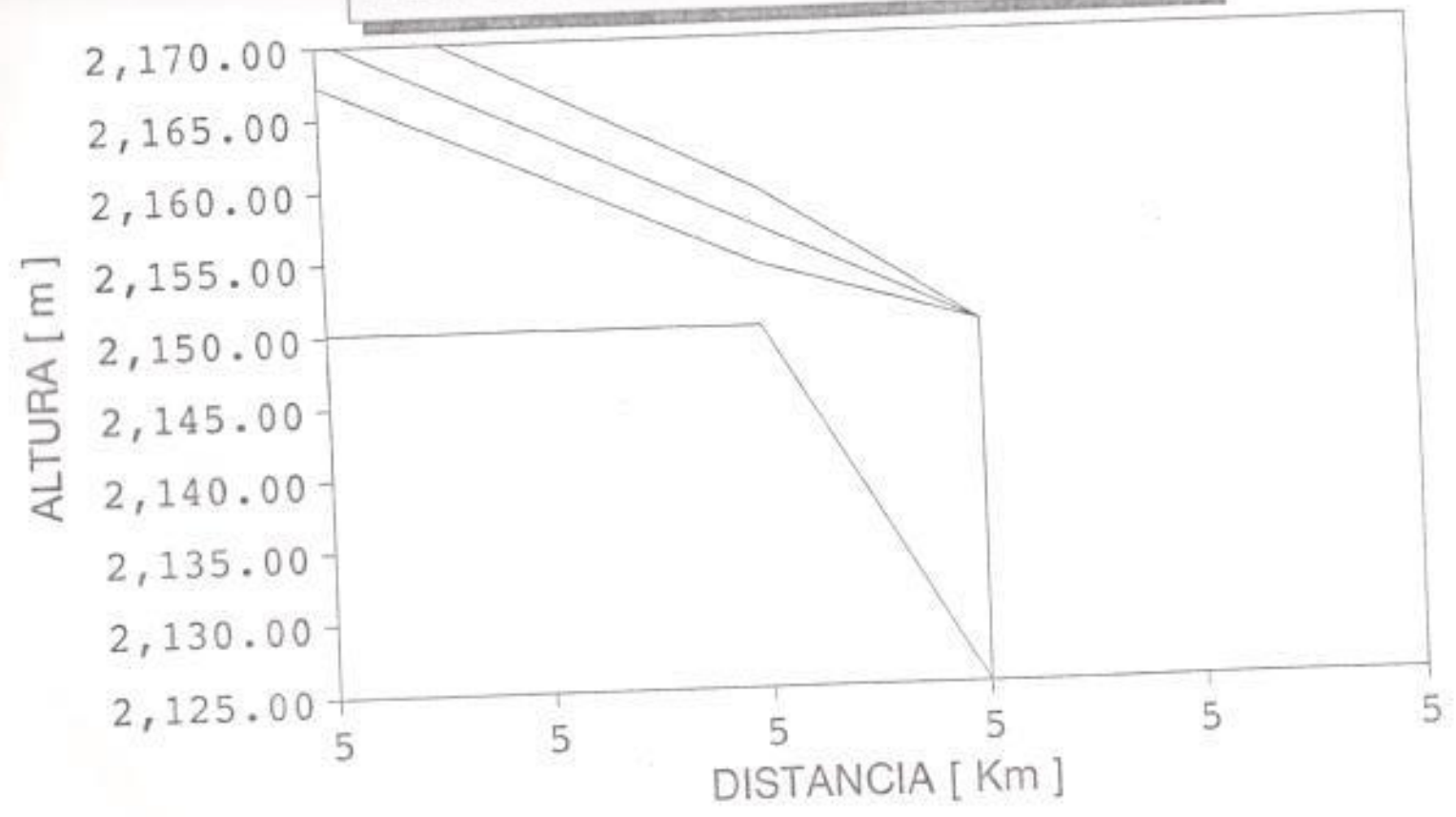
2125.00  
 2145.00  
 2150.00  
 2152.93

# ENLACE HUACHICHAMBO-LOJA(0ESTE)



— Distancia = 5.15 — Curvatura = 4/3

# ENLACE HUACHICHAMBO-LOJA(0ESTE)



— Distancia = 5.15 — Curvatura = 2/3

HUACHICHAMBO - LOJA ( ESTE )

...	=	6.93
...	=	2
Temperatura (K) =		1.333
...	=	2849
...	=	10
...	=	2100
...	=	10

...	Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
	2849	0.00	0.00	2859.00
	2600	0.19	8.33	2804.96
	2400	0.48	13.26	2696.88
	2200	0.70	15.99	2529.35
	2200	0.71	16.10	2475.31
	2200	0.67	15.68	2399.66
	2100	0.64	15.29	2367.23
	2050	0.59	14.76	2334.81
	2000	0.55	14.20	2307.79
	2000	0.09	5.77	2134.86
	2050	0.05	4.37	2124.05
	2100	0.00	0.86	2110.54

## HUACHICHAMBO - LOJA ( ESTE )

$\lambda =$	6.93
$\mu =$	2
$\sigma =$	1.333
$\tau =$	2849
$\rho =$	10
$\omega =$	2100
$\phi =$	10

## Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
# <sub>i</sub> DIV/0!	2849.00	2859.00	2859.00
24.58	2600.19	2796.63	2813.29
22.35	2400.48	2683.62	2710.14
20.56	2200.70	2513.37	2545.34
17.06	2200.71	2459.22	2491.41
12.69	2200.67	2383.97	2415.34
17.43	2100.64	2351.94	2382.52
19.26	2050.59	2320.05	2349.57
21.64	2000.55	2293.59	2321.98
23.35	2000.09	2129.09	2140.63
16.94	2050.05	2119.68	2128.42
12.19	2100.00	2109.68	2111.41



HUACHICHAMBO - LOJA ( ESTE )

=	6.93
=	12
=	1.333
=	2849
=	10
=	2100
=	10

Altura terreno (ml.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.19	3.40	2804.96
2400	0.48	5.41	2696.88
2200	0.70	6.53	2529.35
2200	0.71	6.57	2475.31
2200	0.67	6.40	2399.66
2100	0.64	6.24	2367.23
2050	0.59	6.03	2334.81
2000	0.55	5.80	2307.79
2000	0.09	2.35	2134.06
2050	0.05	1.78	2124.05
2100	0.00	0.35	2110.54

HUACHICHAMBO - LOJA ( ESTE )

...	=	6.93
...	=	12
...	=	1.333
...	=	2849
...	=	10
...	=	2100
...	=	10

Primera zona de Fresnel

Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
# DIV/O!	2849.00	2859.00	2859.00
60.20	2600.19	2801.56	2808.36
54.74	2400.48	2691.46	2702.29
50.36	2200.70	2522.83	2535.88
41.79	2200.71	2468.74	2481.88
31.08	2200.67	2393.25	2406.06
42.70	2100.64	2360.99	2373.48
47.17	2050.59	2328.78	2340.83
53.01	2000.55	2301.99	2313.58
57.23	2000.09	2132.50	2137.21
41.49	2050.05	2122.27	2125.83
29.85	2100.00	2110.19	2110.89

HUACHICHAMBO - LOJA ( ESTE )

6.93  
 15  
 1.333  
 2849  
 10  
 2100  
 10

Altura terreno (mt.)	Curvatura terrestre	Radio de Fresnel	Altura del haz
2849	0.00	0.00	2859.00
2600	0.19	3.04	2804.96
2400	0.48	4.84	2696.88
2200	0.70	5.84	2529.35
2200	0.71	5.88	2475.31
2200	0.67	5.73	2399.66
2100	0.64	5.58	2367.23
2050	0.59	5.39	2334.81
2000	0.55	5.18	2307.79
2000	0.09	2.11	2134.86
2050	0.05	1.60	2124.05
2100	0.00	0.32	2110.54

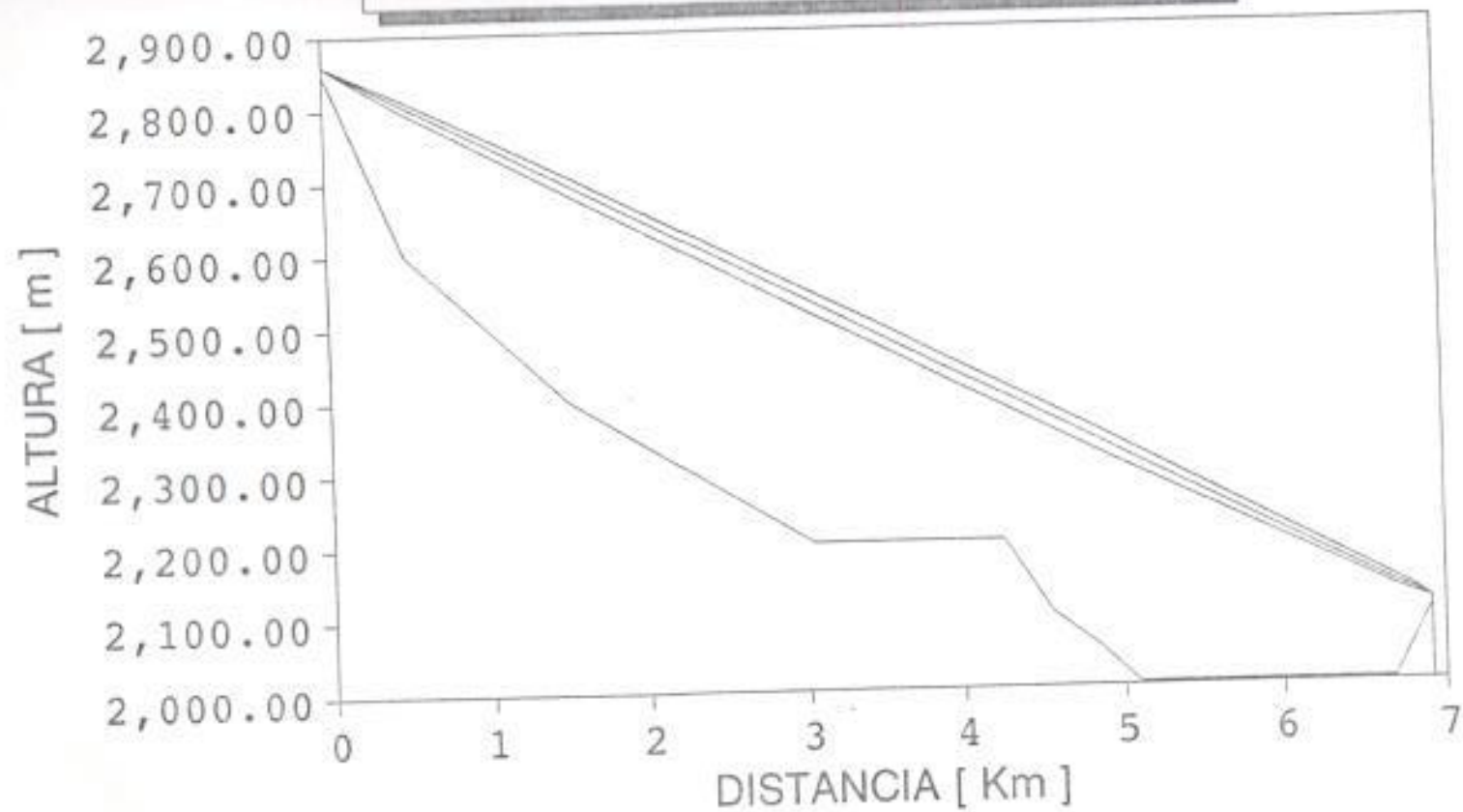
## HUACHICHAMBO - LOJA ( ESTE )

$\lambda$ =	6.93
$f$ (Hz) =	15
Curvatura (K) =	1.333
$R$ =	2849
$L$ =	10
$H$ =	2100
$T$ =	10

## Primera zona de Fresnel

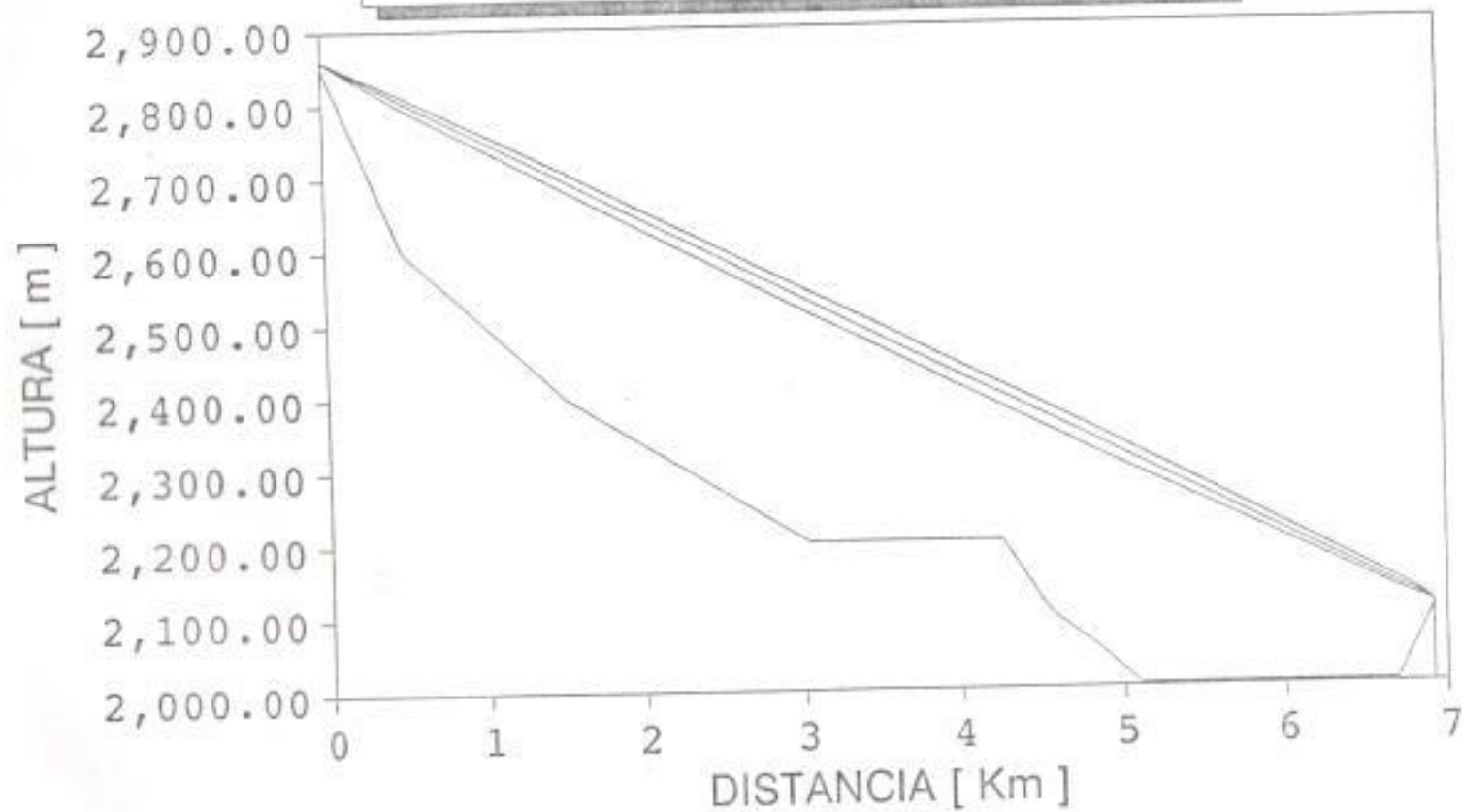
Relación C/R	Elevación ajustada	Lóbulo inferior	Lóbulo superior
#1 DIV/0'	2849.00	2859.00	2859.00
67.30	2600.19	2801.92	2808.00
61.21	2400.48	2692.04	2701.72
56.30	2200.70	2523.52	2535.19
46.72	2200.71	2469.44	2481.19
34.75	2200.67	2393.93	2405.38
47.74	2100.64	2361.65	2372.82
52.74	2050.59	2329.42	2340.20
59.27	2000.55	2302.60	2312.97
63.98	2000.09	2132.75	2136.96
46.38	2050.05	2122.46	2125.65
33.38	2100.00	2110.22	2110.86

# ENLACE HUACHICHAMBO-LOJA(ESTE)



— Distancia = 6.925 km — Curvatura = 4/3

# ENLACE HUACHICHAMBO-LOJA(ESTE)



— Distancia = 6.925 km — Curvatura = 2/3

## CAPITULO V

### FORMULAS UTILIZADAS PARA REALIZAR LOS CALCULOS DEL ENLACE DE MICROONDAS

#### 5.1 NIVEL DE SEÑAL

$$\text{Nivel de señal} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_f - L_d - L_l + 30 \quad (\text{dBm})$$

donde:

$P_{Tx}$ : Potencia de la antena transmisora (dBw)

$G_{Tx}$ : Ganancia de la antena transmisora (dB)

$G_{Rx}$ : Ganancia de la antena receptora (dB)

$L_f$ : Pérdidas en espacio libre (dB)

$L_d$ : Pérdidas por difracción (dB)

$L_l$ : Pérdidas por líneas de transmisión (dB)

#### 5.2 CONFIABILIDAD DEL ENLACE

La confiabilidad de un enlace de microonda está determinado por:

$$P = K * Q * 6 * 10^{-7} * F * D^3 * 10^{(-FM/10)}$$

En términos de porcentaje se tiene que la confiabilidad viene dada por:

$$(1 - P) * 100$$

Siendo:

K: Factor de clima

Q: Factor de terreno

F: Frecuencia ( GHz )

D: Distancia ( Km )

FM: Margen de desvanecimiento ( dbm )

Los factores de terreno y de clima se detallan en la tabla 1.

### 5.3 CLARIDAD DEL HAZ Y ALTURA REQUERIDA DE LA ANTENA

De la figura 2 se tiene que la claridad del haz está definida como:

$$h_c = (h_{a1} + h_{g1}) - d_1/d * (h_{a1} + h_{g1} - h_{a2} - h_{g2}) - (d_1 * d_2)/(2ka) - h_s \quad (m)$$

donde:

k - Radio efectivo de la tierra

a - Radio real de la tierra (  $6.37 \times 10^6$  m )



CLARIDAD DEL HAZ

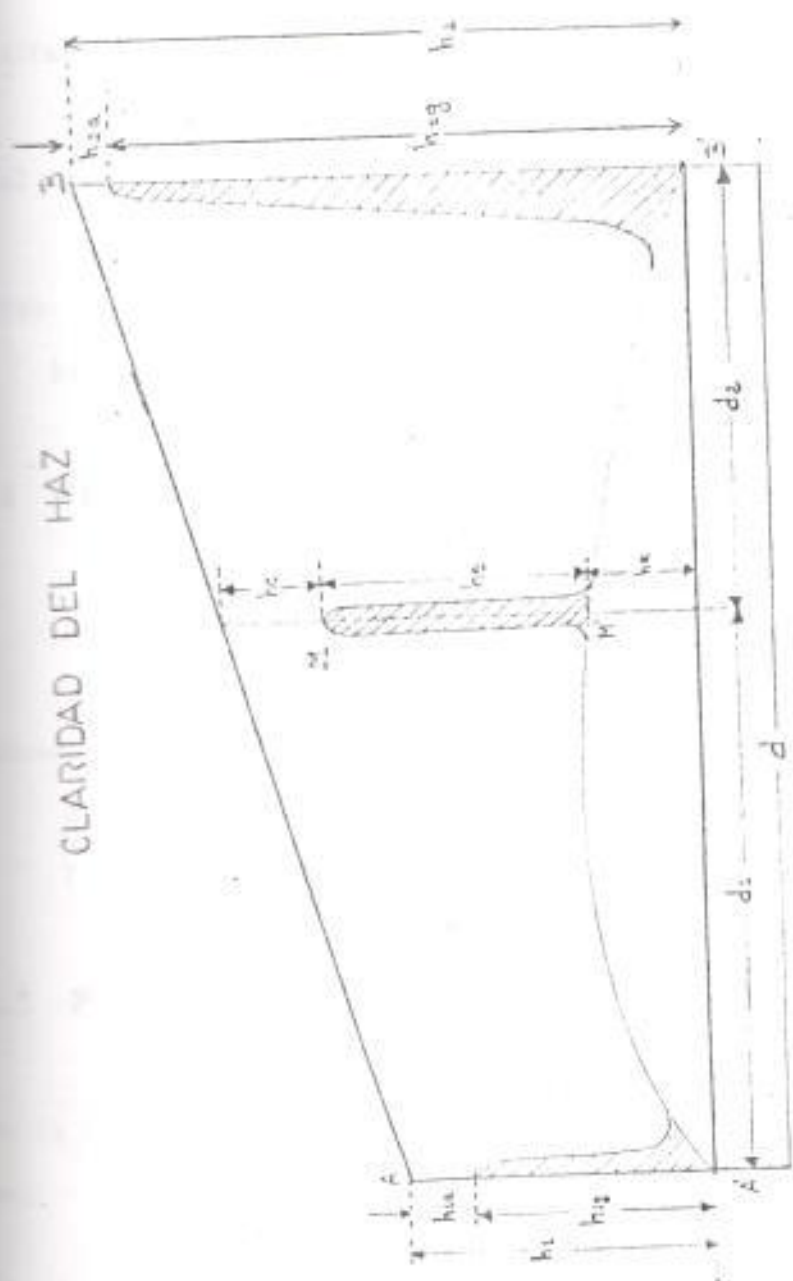


FIG 2

La altura de la antena requerida es:

$$h_2 \geq d/d_1 * (h_0 + h_s) - 2 d_2/d_1 * (h_{g1} + h_{a1}) + d * d_2 / (2 * k * a) - h_{g2} \text{ (m)}$$

donde:

$h_s$  = Altura de la cima sobre el nivel del mar

#### 5.4 PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE

$$L_f = 92.4 + 20 \log d + 20 \log f \quad \text{(dB)}$$

donde:

$d$ : Distancia total del trayecto (km.)

$f$ : Frecuencia (Ghz.)

#### 5.5 PERDIDAS POR DIFRACCION

De la figura 3 se tiene que las pérdidas por difracción están dadas por:

$$A = [ 20 \log ( 2 \pi h / h_0 ) ] / [ 16 + 20 \log ( h/h_0 ) ] \quad \text{(dB)}$$

# PERDIDAS POR DIFRACCION

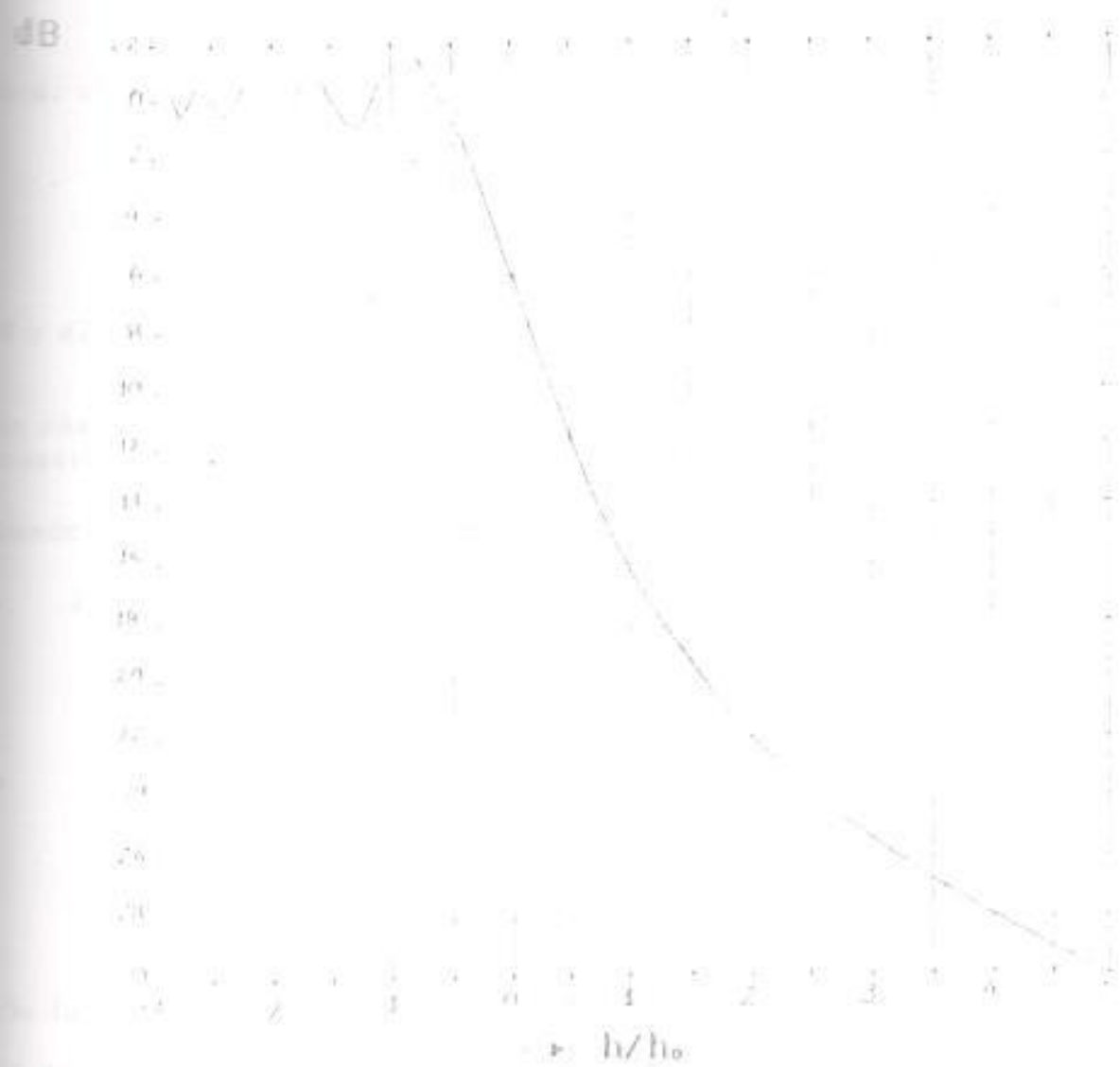


FIG. 3

donde:

$A$  = Pérdida por difracción

$M$  = Punto de longitud infinita perpendicular a la línea TR

$h_0$  = Radio de la primera zona de Fresnel

donde el radio de la primera zona de Fresnel está dado por:

$$h_0 = \text{RAIZ} [ \lambda d_1 d_2 / d ] \quad (\text{m})$$

$d_1$  y  $d_2$  son suficientemente largas comparadas con  $h$ .

En una aproximación más avanzada de  $A$ , se tienen las siguientes ecuaciones:

Donde  $x = h / h_0$

• Para  $x > 0.8$ :

$$A = 20 \log [ 2 \pi x ( 1 + 1 / ( 17 x^4 + 6 ) ) ] \quad (\text{dB})$$

• Para  $|x| < 1$ :

$$A = 6.02 + 12.32 x - 3.63 x^3 + 1.63 x^4 \quad (\text{dB})$$

De la figura 4 podemos obtener el valor de la pérdida (en dB) por la primera zona de Fresnel en base a la relación  $h / h_0$ .

DIFRACCION POR UN OBSTACULO

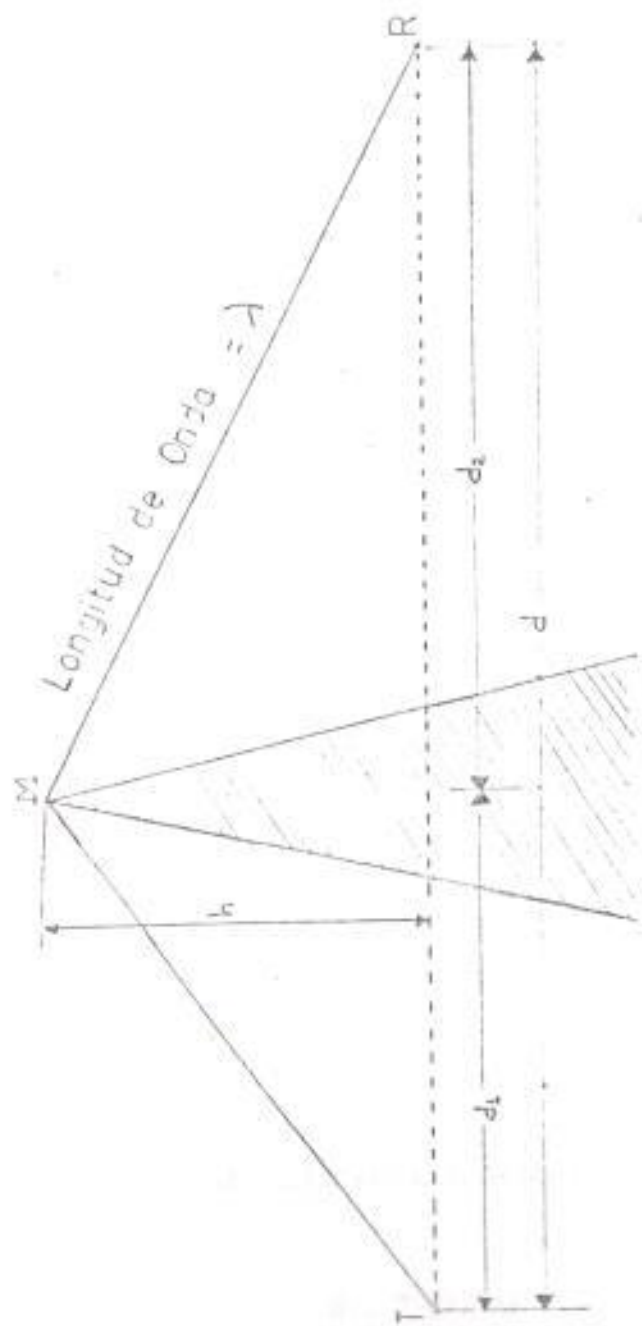


FIG. 4

## 5.6 PUNTOS DE REFLEXION

De la figura 2, se tiene que el factor C está dado por:

$$C = (h_1 - h_2) / (h_1 + h_2)$$

donde:

$h_1$ : Altura del punto final del trayecto más la altura de la antena (m.)

$h_2$ : Altura del punto final del trayecto más la altura de la antena (m.)

El factor m lo calculamos como sigue:

$$m = d^2 / \{4 * k * a * (h_1 + h_2)\}$$

En base a la figura 5, podemos calcular el valor b.

Por consiguiente, para poder calcular las distancias a la cual se encuentra el punto de reflexión, tenemos:

$$d_1 = d/2 * (1+b) \quad (m.)$$

$$d_2 = d - d_1 \quad (m.)$$

COEFICIENTE b

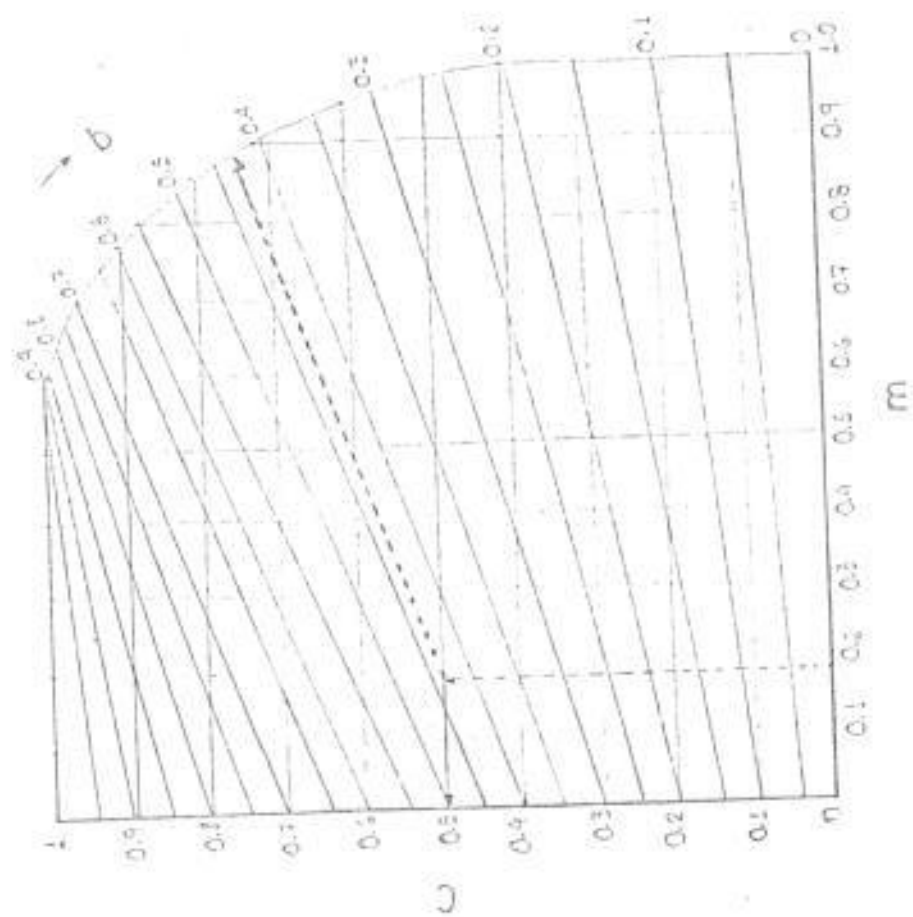


FIG 5

donde:

$d_1$ : Distancia desde el punto más alto del trayecto (m.)

$d_2$ : Distancia desde el punto más bajo del trayecto (m.)

## 5.7 ANGULOS DE ELEVACION DE LA ONDA DIRECTA

Los ángulo de elevación de la onda directa estan dados por:

$$\theta_1 = 0.0573 \left[ (h_2 - h_1)/d - 4*d/(51*k) \right] \quad (\text{grados})$$

$$\theta_2 = 0.0573 \left[ (h_1 - h_2)/d - 4*d/(51*k) \right] \quad (\text{grados})$$

donde:

$h_1$ : Altura del cerro mas la altura de la antena (m.)

$h_2$ : Altura del cerro mas la altura de la antena (m.)

$d$ : Distancia total (km.)

$k$ : Factor de curvatura de la tierra (4/3)



## 5.8 ANGULOS VERTICALES DE LA ONDA DIRECTA

En base a la figura 6, tenemos que los ángulos verticales de la onda directa están dados por:

$$\alpha_1 = -[(h_{10}-h_{20})/d + d/(2*k*a)] \quad (\text{mrad.})$$

$$\alpha_2 = -[(h_{20}-h_{10})/d + d/(2*k*a)] \quad (\text{mrad.})$$

donde:

- $h_{10}$ : Altura del punto inicial mas la altura de la antena (m.)
- $h_{20}$ : Altura del punto final mas la altura de la antena (m.)
- $d$ : Distancia total del trayecto (km.)
- $k$ : Factor de curvatura del atierra (4/3)
- $a$ : Radio de la tierra (6.375 km.)

## 5.9 ANGULOS VERTICALES DE LA ONDA REFLEJADA

En base a la figura anterior, tenemos que los ángulos verticales de la onda reflejada vienen dadas por:

$$\beta_1 = -[(h_{10}/d_1) + d_1/(2*k*a)] \quad (\text{mrad.})$$

ANGULOS DEL TRAYECTO

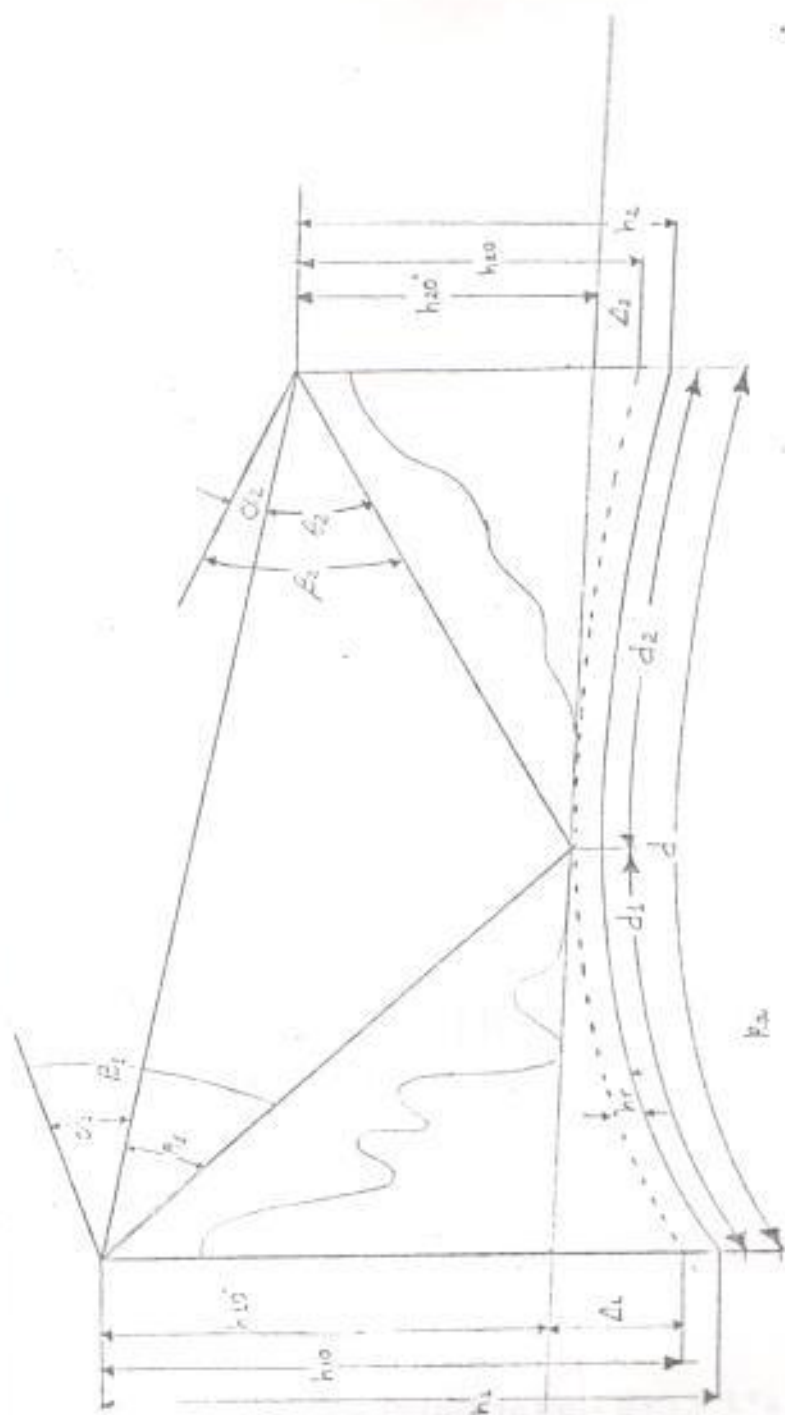


FIG 6

$$\theta_2 = -[(h_{20}/d_2) + d_2/(2*k*a)] \quad (\text{mrad.})$$

donde:

$h_{10}$ : Altura del punto inicial mas la altura de la antena (m.)

$h_{20}$ : Altura del punto final mas la altura de la antena (m.)

$d_1$ : Distancia a partir del extremo mas alto del trayecto (km.)

$d_2$ : Distancia a partir del extremo mas bajo del trayecto

(km.)

$k$ : Factor de curvatura del atierra (4/3)

$a$ : Radio de la tierra (6.375 km.)

Cabe indicar que  $h_{10}$  debe ser mayor que  $h_{20}$ .

## 5.10 ANGULOS ENTRE LA ONDA DIRECTA Y LA ONDA REFLEJADA

En base a la figura 6, tenemos que los ángulos entre la onda directa y reflejada vienen dados por:

$$\theta_1 = h_{10}/d_1 - (h_{10}-h_{20})/d - d_2/(2*k*a) \quad (\text{mrad.})$$

$$\theta_2 = h_{20}/d_2 - (h_{20}-h_{10})/d - d_1/(2*k*a) \quad (\text{mrad.})$$

donde:

$h_{10}$ : Altura del punto inicial mas la altura de la antena (m.)

$h_{20}$ : Altura del punto final mas la altura de la antena (m.)

$d$ : Distancia total del trayecto (km.)

$d_1$ : Distancia a partir del extremo mas alto del trayecto (km.)

$d_2$ : Distancia a partir del extremo mas bajo del trayecto

(km.)

$k$ : Factor de curvatura del atierra (4/3)

$a$ : Radio de la tierra (6.375 km.)

Cabe indicar que  $h_{10}$  debe ser mayor que  $h_{20}$ .

En base a la figura 7 se obtienen las pérdidas por la directividad de la antena a partir de los ángulos  $\theta_1$  y  $\theta_2$ .

## 5.11 DIVERSIDAD DE ESPACIO

Usando una aproximación de la ecuación de Vigants, podemos calcular el factor de diversidad de espacio como sigue:

$$I_s = [ 1.2 \times 10^{-3} \eta s^2 ( 10^{(P-V)/10} ) ] / d$$

donde:

$\eta$  = Efectividad en el intercambio de diversidad.

PERDIDAS POR  $\theta$

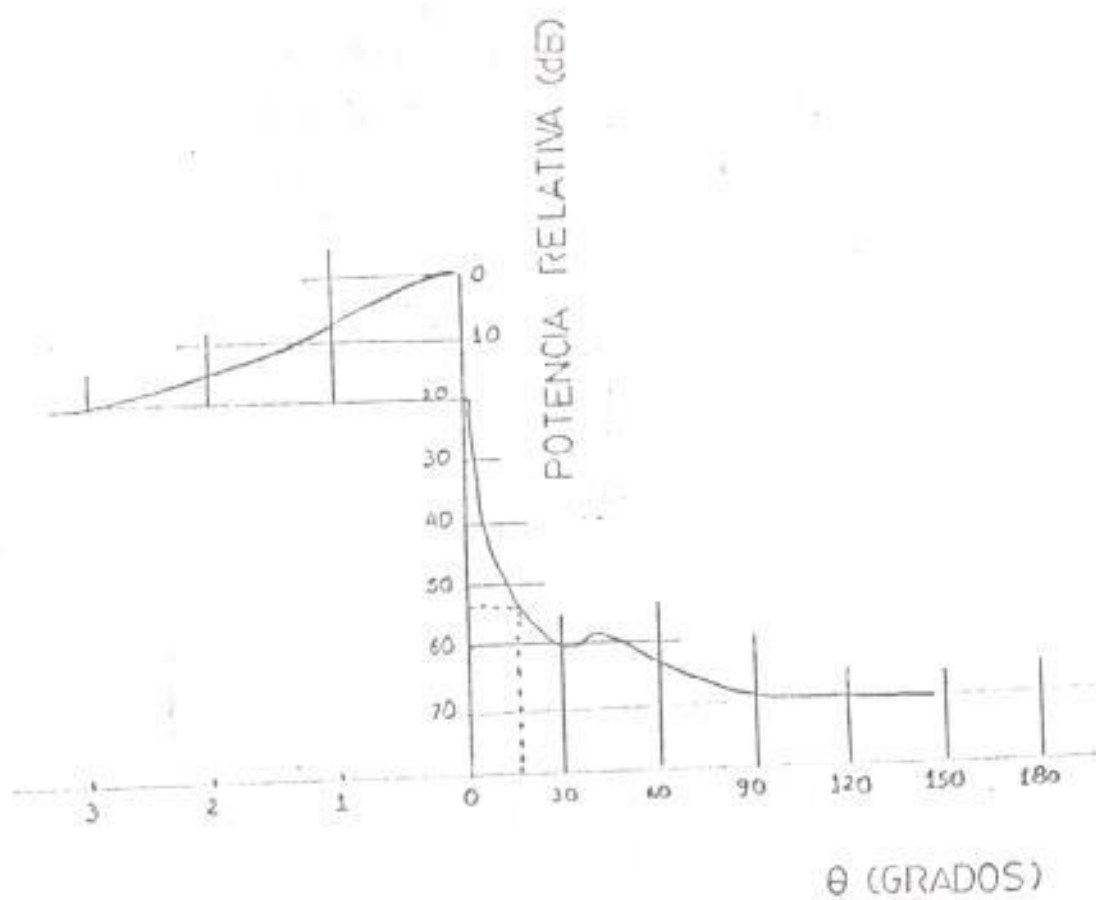


FIG. 7

$s$  = Espaciamiento vertical de las antenas (m) centro a centro  
(5 m  $\leq$   $s$   $\leq$  15 m)

$f$  = Frecuencia (Ghz)

$F$  = Profundidad del desvanecimiento (dB)

$V$  = Diferencia de ganancia entre dos antenas

$d$  = Longitud del salto (km)

## 5.12 PERDIDAS POR LLUVIAS

Teniendo como referencia la figura 8, podemos establecer las pérdidas que se producen por lluvia, dependiendo de la frecuencia de operación.

# ATENUACION POR LLUVIA

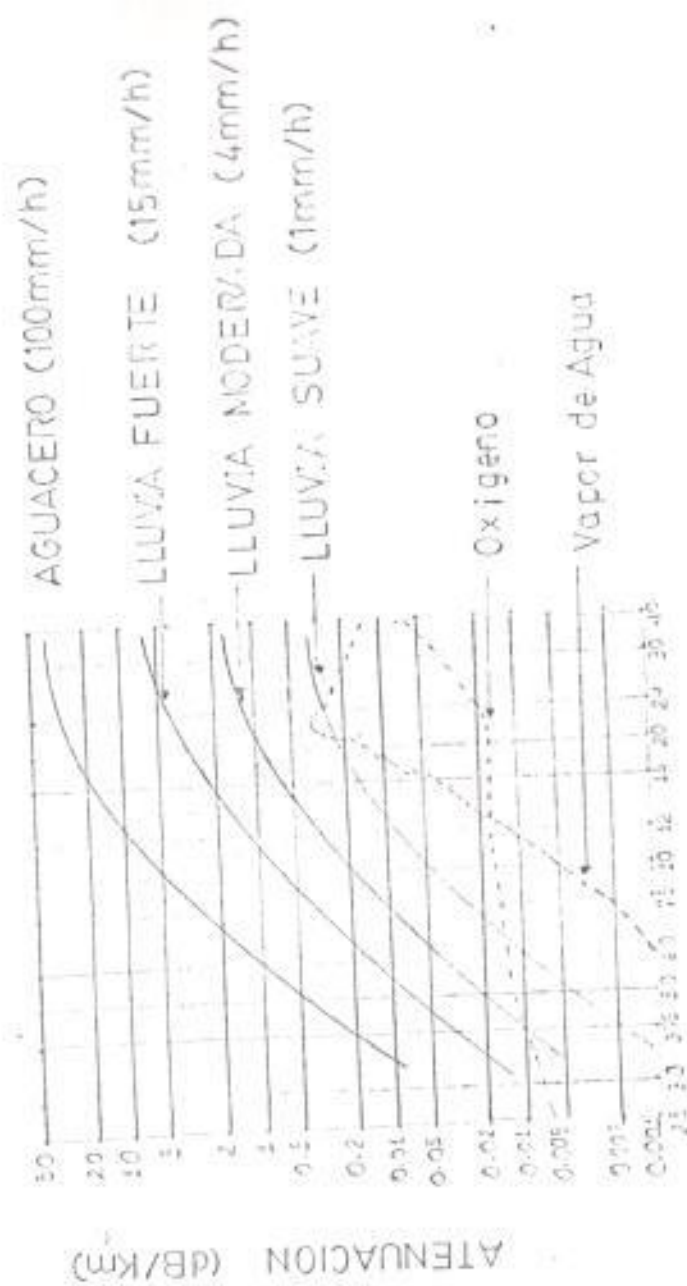


FIG 8

## CAPITULO VI

### ESTUDIO DEL TRAFICO URBANO DE LA CIUDAD DE LOJA

Considerando una proyección de la población en la ciudad de Loja, (véase tabla II) hacia el año 1.997, de aproximadamente 40.542 habitantes, de los cuales tenemos que la población urbana económicamente activa será de 17.546 (tabla III), podemos decir que de esta población el 2% podría adquirir el servicio de telefonía celular (este porcentaje es una aproximación como resultado del estudio de las diferentes ciudades en el país que cuentan con este servicio), de lo cual tenemos que 350 personas requerirían del servicio.

En base a esta cantidad de usuarios, realizaremos el cálculo de la cantidad de canales necesarios en la ciudad de Loja.

Tenemos que cada abonado, en promedio, usará el teléfono 5.6 minutos por día (valor calculado en base a la cantidad promedio pagada por un abonado).



TABLA II

PROYECCION DE LA POBLACION EN  
LA CIUDAD DE LOJA HACIA EL AÑO 2000  
DE ACUERDO A LA POBLACION URBANA - RURAL

EDAD (años)	Población rural			Población urbana		
	1982	1990	2000	1982	1990	2000
20 - 24	3.527	3.874	5.964	8.582	10.604	11.502
25 - 29	2.900	3.166	4.526	5.809	8.713	10.987
30 - 34	2.659	2.611	3.025	4.286	6.825	8.562
35 - 39	2.412	2.484	3.120	3.369	5.291	7.146
40 - 44	2.282	2.150	2.351	2.722	4.060	6.025
TOTAL:	13.780	14.285	18.986	24.768	60.261	44.222

TABLA III

PROYECCION DE LA POBLACION EN  
LA CIUDAD DE LOJA HACIA EL AÑO 2000  
DE ACUERDO A LA POBLACION URBANA - RURAL  
ECONOMICAMENTE ACTIVA

EDAD	Población rural económicamente activa			Población urbana económicamente activa			
	(años)	1982	1990	2000	1982	1990	2000
20 - 24		1.052	1.226	1.376	1.102	2.128	2.954
25 - 29		945	1.251	1.453	1.617	2.960	4.926
30 - 34		1.008	1.252	1.374	1.446	2.923	5.526
35 - 39		910	1.251	1.348	1.100	2.442	3.821
40 - 44		887	1.163	1.253	852	1.799	2.962
TOTAL:		4.802	6.143	6.804	6.117	12.252	20.189

Nota: En el cuadro de la Población económicamente activa hemos considerado a los profesionales técnicos, directores y funcionarios públicos superiores, personal administrativo, comerciantes, vendedores y trabajadores de servicios.

Por lo tanto diariamente tenemos que:

$$350 \text{ abonados} \times 5.6 \text{ min./día} = 1.960 \text{ min./día}$$

Considerando 20 días laborables al mes, se tiene:

$$1.960 \text{ min./día} \times 20 \text{ días / 1 mes} = 39.200 \text{ min./mes laborable}$$

Considerando como margen de seguridad un 25%, tenemos que el minuto tasable por día (M.T.P.D.) será:

$$1.960 \text{ min.} \times 1.25 = 2.450 \text{ M.T.P.D.}$$

Tenemos que  $S$  es la relación entre la duración total de una llamada promedio ( $T_1$ ), y el tiempo promedio de comunicación pagada ( $T_2$ ); donde  $T_1 = T_0 + T_2$ , donde  $T_0$  es el tiempo de operación.

Sabiendo que  $T_0 = 0.17 \text{ min.}$  y  $T_2 = 5.6 \text{ min.}$ , tenemos:

$$T_1 = (0.17 + 5.6) \text{ min.} = 5.77 \text{ min.}$$

$C$  es la relación entre el tráfico total del día y la parte del tráfico de la hora cargada. Para nuestro estudio tenemos que  $C = 9$ , ya que

es un valor recomendado para el cálculo de redes nacionales cuando no se dispone de registros de tráfico.

Para calcular el tráfico urbano, en erlangs, de la ciudad de Loja, tenemos:

$$A = (S \times M.T.P.D.) / (C \times 60)$$

$$A = ((5.77 / 5.6) \times 2.450) / (9 \times 60) = 4.67 \text{ erlangs}$$

Según la tabla IV y estimando una probabilidad de pérdida de 0.01 y accesibilidad completa, se tiene que el número necesario de canales para un servicio eficiente debe ser de 11 canales.

4.0	11
5.0	15
6.0	20

TABLA IV

CANALES EN FUNCION DE ERLANGS  
ACCESIBILIDAD COMPLETA - PERDIDA IGUAL A 0.01

Canales	Erlangs	Canales	Erlangs	Canales	Erlangs
1	0.0101	16	8.88	31	21.2
2	0.153	17	9.65	32	22.0
3	0.455	18	10.4	33	22.9
4	0.869	19	11.2	34	23.8
5	1.36	20	12.2	35	24.6
6	1.91	21	12.8	36	25.5
7	2.50	22	13.7	37	26.4
8	3.13	23	14.5	38	27.3
9	3.78	24	15.3	39	28.1
10	4.46	25	16.1	40	29.0
11	5.16	26	17.0	41	29.9
12	5.88	27	17.8	42	30.8
13	6.61	28	18.6	43	31.7
14	7.35	29	19.5	44	32.5
15	8.11	30	20.3	45	33.4

## CAPITULO VII

### CALCULOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA EL ENLACE DE MICROONDAS

Para efectos de mostrar como realizamos los cálculos en este estudio, cogeremos el tramo Puglla - Huachichambo, para en forma detallada calcular los parámetros para ese enlace y en el capítulo XX daremos la tabla de resultados de todos los demás tramos.

#### 7.1 Confiabilidad del enlace

Tenemos que:

FM: 28.22 dB

K: 0.25

Q: 0.5

F: 2.1 GHz

D: 43.25 km.

$$P = [1 - (K + Q \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot F \cdot D^3 \cdot 10^{(-FM/10)})] \cdot 100$$

$$P = [1 - (0.25 + 0.5 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot 2.1 \cdot (43.25)^3 \cdot 10^{(-28.22/10)})] \cdot 100$$

$$P = 99.9980\%$$

## 7.2 Puntos de reflexión

Siendo:

$$d: 43,25 \text{ km.}$$

$$h_1: 3,348 \text{ m.}$$

$$h_2: 2,859 \text{ m.}$$

$$k: 4/3$$

$$a: 6,375 \text{ km.}$$

Se tiene que:

$$C = (3,348 - 2,859) / (3,348 + 2,859)$$

$$C = 0,0787$$

$$m = (4 + 4/3 * 6,375)^{-1} * (43,25)^2 / (3,348 + 2,859)$$

$$m = 0,0088$$

De la figura 5 tenemos un  $b = 0,8$

Por lo tanto:

$$d_1 = (43,25/2) * (1 + 0,8)$$

$$d_1 = 38,92 \text{ km.}$$

Consecuentemente:

$$d_2 = 43,25 - 38,92 = 4,33 \text{ km.}$$

### 7.3 PERDIDAS POR LA DIRECTIVIDAD DE LA ANTENA

Sea:

$$d: 43,25 \text{ km.}$$

$$h_{10}: 3.348 \text{ m.}$$

$$h_{20}: 2.859 \text{ m.}$$

$$k: 4/3$$

$$a: 6,375 \text{ km.}$$

$$d_1: 38,92 \text{ km.}$$

$$d_2: 4,33 \text{ km.}$$

Se tiene que:

$$\theta_1 = ((3.348/38.92) - ((3.348 - 2.859)/43.25) - 4.33 / (2 * 4/3 * 6.375)) * 180 / 1000 / 3.14159$$

$$\theta_1 = 4.27^\circ$$

$$\theta_2 = (2.859/4.33) - (2.859 - 3.348) / 43.25 - 38.92 / (2 * 4/3 * 6.375) * 180 / 1000 / 3.14159$$

$$\theta_2 = 38.39^\circ$$

De la figura 7 obtenemos:

$$d\theta_1 = 28 \text{ dB}$$

$$d\theta_2 = 58 \text{ dB}$$



## 7.4 ANGULOS VERTICALES DE LA ONDA DIRECTA

Sea:

$$d: 43,25 \text{ km.}$$

$$h_{10}: 3,348 \text{ m.}$$

$$h_{20}: 2,859 \text{ m.}$$

$$k: 4/3$$

$$a: 6,375 \text{ km.}$$

Con las fórmulas detalladas en el capítulo IV obtenemos:

$$\alpha_1 = -0,79^\circ$$

$$\alpha_2 = 0,5^\circ$$

## 7.5 ANGULOS VERTICALES DE LA ONDA REFLEJADA

Sea:

$$d: 43,25 \text{ km.}$$

$$h_{10}: 3,348 \text{ m.}$$

$$h_{20}: 2,859 \text{ m.}$$

$$k: 4/3$$

$$a: 6,375 \text{ km.}$$

$$d_1: 38,92 \text{ km.}$$

$$d_2: 4,33 \text{ km.}$$

Usando las fórmulas respectivas obtenemos lo siguiente:

$$\beta_1 = -5.06^\circ$$

$$\beta_2 = -37.89^\circ$$

## 7.6 ANGULOS INCLUIDOS ENTRE LA ONDA DIRECTA Y LA ONDA REFLEJADA

Sea:

$$d: 43,25 \text{ km.}$$

$$h_{10}: 3,348 \text{ m.}$$

$$h_{20}: 2,859 \text{ m.}$$

$$k: 4/3$$

$$a: 6,375 \text{ km.}$$

$$d_1: 38,92 \text{ km.}$$

$$d_2: 4,33 \text{ km.}$$

Usando las ecuaciones definidas en un capítulo previo y con los datos arriba anotados, obtenemos:

$$\theta_1 = 4.27^\circ$$

$$\theta_2 = 38.39^\circ$$

## 7.7 CALCULOS DE LOS AZIMUTHS PARA CADA TRAYECTO ESTUDIADO

En base a estudios realizados, los azimuths para cada trayecto están representados en las figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16.



FIG. 10

PUGLLA



FIG. 11

MACHALA

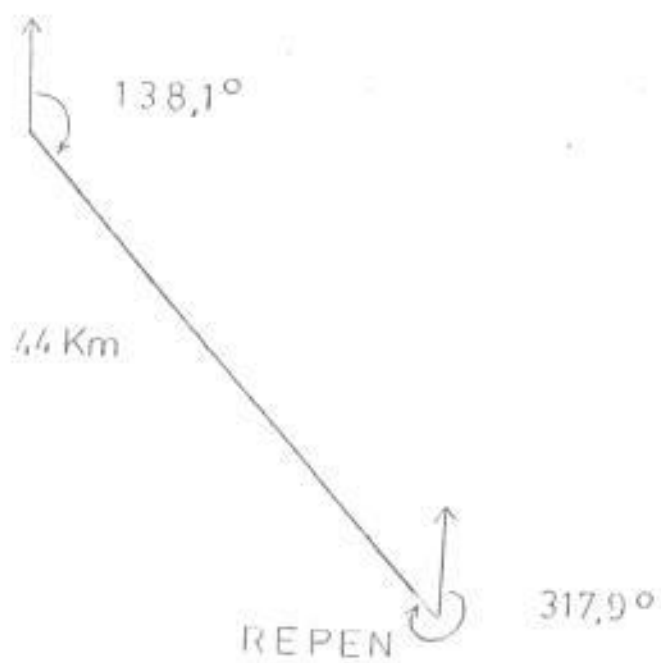


FIG. 12

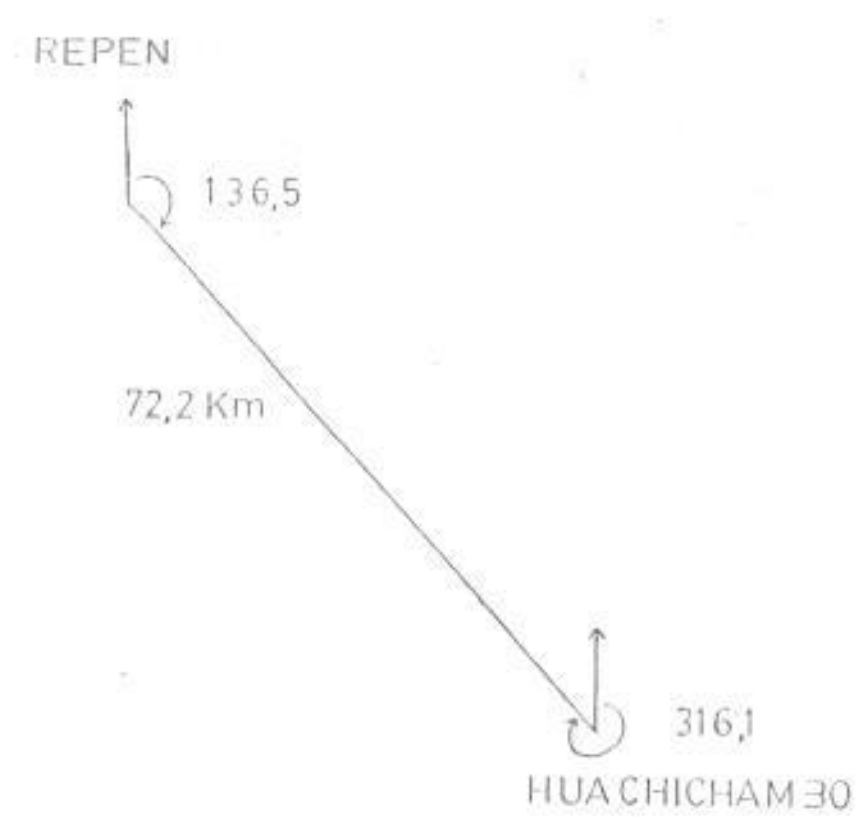
REPEN

136,5

72,2 Km

316,1  
HUA CHICHAM 30

FIG. 13



MACHALA

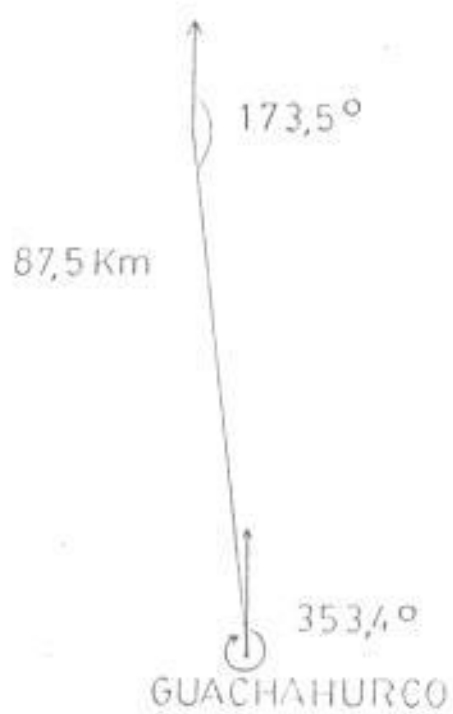


FIG. 14





FIG. 15

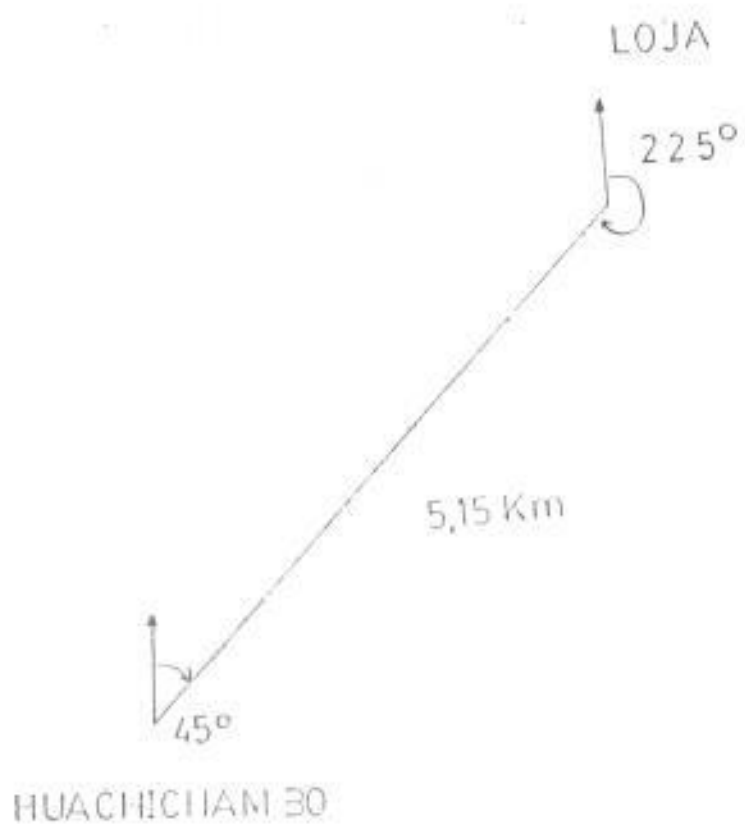


FIG 16

## CAPITULO VIII

### CALCULO DE NIVELES DE SEÑAL EN LA CELDA DE LA CIUDAD DE LOJA

Con el fin de cubrir la parte central de la ciudad y las carreteras más importantes con un nivel de señal aceptable, hicimos el estudio respectivo para ubicar la antena omnidireccional, dándonos como resultado que un buen lugar es en las calles Chuquisaca entre Bogotá y Caracas.

Para llegar a esta conclusión realizamos cálculos trazando radiales desde dichas calles con ángulos respecto al norte de:  $40^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $111^\circ$ ,  $129^\circ$ ,  $145^\circ$ ,  $155^\circ$ ,  $171^\circ$ ,  $190^\circ$  y  $274^\circ$ , dándonos las siguientes tablas de resultados:

Siendo Tx la antena omnidireccional y Rx la antena del teléfono celular:

Umbral del receptor (dB): -100

Potencia de Tx (dBw): 11.76

Ganancia de la antena de Tx (dB): 10

Ganancia de la antena de Rx (dB): 1

Pérdidas por línea de transmisión de Tx (dB): 2

Pérdidas por línea de transmisión de Rx (dB): 0

Pérdidas adicionales (dB): 0

Pérdidas por Fresnel (dB): 35

Tipo de terreno: Montañoso

Tipo de clima: Frio

Frecuencia de operación (Mhz.): 880

Aplicando las respectivas ecuaciones, tenemos la siguiente tabla de resultados:

Radial (grados)	D (km.)	Pérdidas en espacio libre (dB)	Nivel de señal (dBm)	Ubicación
40	1.3	93.6	-78	Hacia el río Jipiro
90	1.27	92.9	-77.24	Al este de Loja
100	1.05	91.7	-76.03	A lo largo de la calle Guayaquil
111	1.47	94.67	-79	Hasta la vía Oriental de paso
129	1.56	95.19	-79.53	Hasta la calle Paris
145	2.78	100.21	-81.54	Abre toda la Av. Orillas del Zamora
155	2.2	98.17	-82.5	Hacia el centro de Loja
171	5.5	106.13	-90.37	Hacia el extremo sur de la ciudad

190	3.5	102.21	-86.54	Hacia el oeste (Av. de Los Paltas)
274	4.5	104.39	-88.63	Hacia el norte (antigua vía a Cuenca)

Siendo Tx la antena del teléfono celular y Rx la antena omnidireccional:

Umbral del receptor (dB): -100

Potencia de Tx (dBw): -3

Ganancia de la antena de Tx (dB): 1

Ganancia de la antena de Rx (dB): 10

Pérdidas por línea de transmisión de Tx (dB): 0

Pérdidas por línea de transmisión de Rx (dB): 2

Pérdidas adicionales (dB): 0

Pérdidas por Fresnel (dB): 35

Tipo de terreno: Montañoso

Tipo de clima: Frío

Frecuencia de operación (Mhz.): 835

Usando las respectivas ecuaciones obtenemos la siguiente tabla de resultados:

Radial (grados)	D (km.)	Pérdidas en espacio libre (dB)	Nivel de señal (dBm)	Ubicación
40	1.3	93.6	-92.6	Hacia el río Jipiro
90	1.27	92.9	-91.9	Al este de Loja
100	1.05	91.7	-90.7	A lo largo de la calle Guayaquil
111	1.47	94.67	-93.67	Hasta la vía Oriental de paso
129	1.56	95.19	-94.19	Hasta la calle Paris
145	2.78	100.21	-99.21	Cubre toda la Av. Orillas del Zamora
155	2.2	98.17	-97.17	Hacia el centro de Loja
171	5.5	106.13	-105	Hacia el extremo sur de la ciudad
190	3.5	102.21	-101.21	Hacia el oeste (Av. de Los Paltas)
274	4.5	101.39	-103.39	Hacia el norte (antigua vía a Cuenca)

## CAPITULO IX

### RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO

1. Datos
2. Premisas (tesis)
3. Principio de la edición
4. Principios de la edición
5. Disponibilidad de la edición
6. Principios de la edición
7. Principios de la edición

**RESULTADOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA SABER  
LA CONFIABILIDAD DEL ENLACE**

**ENLACE MACHALA - LOJA (RUTA #1)**

Tramo	Machala - Repen	Repen - Huachichambo
Distancia (km.)	44	72.2
Potencia Tx (dBm)	40	40
Pérdidas en espacio libre (dB)	131.32	135.63
Pérdidas por lluvia (dB)	5	5
Pérdidas por línea de transmisión ( Tx/Rx ) (dB)	2	2
Umbral del receptor (dBm)	-80	-80
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	-41.33	-46.44
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	-36.33	-41.44



## CONTINUACION DE ENLACE MACHALA - LOJA (RUTA #1)

Tramo	Machala - Repen	Repen - Huachichambo
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	-32.53	-37.64
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	-29.33	-34.44
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	38.67	33.56
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	43.67	38.56
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	47.47	42.36
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	50.67	45.56

## CONTINUACION DE ENLACE MACHALA - LOJA (RUTA #1)

Tramo	Machala - Repen	Repen - Huachichambo
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	50.67	45.56
Confiabilidad del enlace (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	99.9993	99.9974
Confiabilidad del enlace (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	99.9997	99.9992
Confiabilidad del enlace (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	99.9999	99.9997
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	99.9999	99.9998
Frecuencia (Ghz)	2.1	2.1
Pérdidas de Fresnel ( dB )	0	0.8
Altura antena (Tx Rx) (mt.)	10/10	30/30

## RESULTADOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA SABER LA CONFIABILIDAD DEL ENLACE

### ENLACE BUERAN - LOJA

Tramo	Buerán - Puglla	Puglla - Huachichambo
Distancia (km.)	120.85	43.25
Potencia Tx (dBm)	40	40
Pérdidas en espacio libre (dB)	140.52	131.6
Pérdidas por lluvia (dB)	5	5
Pérdidas por línea de transmisión ( Tx/Rx ) (dB)	2	2
Umbral del receptor (dBm)	-80	-80
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	-50.53	-41.61
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	-45.53	-36.61

## CONTINUACION DE ENLACE BUERAN-LOJA

Tramo	Buerán - Puglla	Puglla - Huachichambo
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	-41.72	-32.81
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	-38.53	-29.61
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	29.47	38.39
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	34.47	46.39
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	38.28	47.19
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	41.47	50.39

## CONTINUACION DE ENLACE BUERAN-LOJA

Tramo	Buerán - Puglla	Puglla - Huachichambo
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	99.9686	99.9968
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	99.9901	99.9999
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	99.9959	99.9999
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	99.9980	99.9999
Frecuencia (Ghz)	2.1	2.1
Pérdidas de Fresnel (dB)	0	0
Altura antena (Tx/Rx) (m.)	15/15	10/10

## RESULTADOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA SABER LA CONFIABILIDAD DEL ENLACE

### ENLACE MACHALA - LOJA (RUTA #2)

Tramo	Machala - Guachaureo	Guachaureo - Huachichambo
Distancia (km.)	87.5	69.5
Potencia Tx (dBm)	40	40
Pérdidas en espacio libre (dB)	137.72	135.72
Pérdidas por lluvia (dB)	5	5
Pérdidas por línea de transmisión ( Tx/Rx ) (dB)	2	2
Umbral del receptor (dBm)	-80	-80
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	-47.72	-45.72
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	-42.72	-40.72

## CONTINUACION DE ENLACE MACHALA - LOJA (RUTA #2)

Tramo	Machala - Guachaureo	Guachaureo - Huachichambo
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	-38.92	-36.92
Nivel de señal (dBm) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	-35.72	-33.72
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	32.28	34.28
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	37.28	39.28
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	41.08	43.08
Margen de desvanecimiento (dB) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	44.28	46.28



## CONTINUACION DE ENLACE MACHALA - LOJA (RUTA #2)

Tramo	Machala - Guachaureo	Guachaureo - Huachichambo
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 29.5 dBi	99.9750	99.9980
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 32 dBi	99.9921	99.9994
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 33.9 dBi	99.9967	99.9997
Confiabilidad (%) con antenas de Tx y Rx de ganancia 35.5 dBi	99.9984	99.9999
Frecuencia (Ghz)	2.1	2.1
Pérdidas de Fresnel ( dB )	0	0
Altura antena (Tx Rx) (m.)	10.10	10.10



**RESULTADOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA SABER  
CONFIABILIDAD DEL ENLACE CON 2.1 GHZ.**

**ENLACE HUACHICHAMBO - LOJA**

Tramo	Huachichambo - Loja ( CENTRO )	Huachichambo - Loja ( ESTE )	Huachichambo - Loja ( OESTE )
Distancia (km.)	6.25	6.93	5.15
Potencia Tx (dBm)	30	30	30
Perd. espacio libre (dB)	114.37	115.27	112.69
Perd. por lluvia (dB)	3	4	4
Perd. por linea trans. ( Tx/Rx ) (dB)	2	2	2
Umbral del receptor (dBm)	-80	-80	-80
Ganancia Tx y Rx (dBi)	29.5	29.5	29.5

## CONTINUACION DE ENLACE HUACHICHAMBO - LOJA

Tramo	Huachichambo - Loja ( CENTRO )	Huachichambo - Loja ( ESTE )	Huachichambo - Loja ( OESTE )
Nivel de señal (dBm)	-32.92	-34.81	-31.9
Margen de desvanecimiento (db)	47.03	43.13	47.51
Confiabilidad (%)	100	100	100
Frecuencia (Ghz)	2.1	2.1	2.1
Pérdidas de Fresnel ( dB )	0	0	0
Altura antena (Tx-Rx) (m.)	10.10	10.10	10.25

**RESULTADOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA SABER  
LA CONFIABILIDAD DEL ENLACE CON 12 GHZ.**

**ENLACE HUACHICHAMBO - LOJA**

Tramo	Huachichambo - Loja ( CENTRO )	Huachichambo - Loja ( ESTE )	Huachichambo - Loja ( OESTE )
Distancia (km.)	6.25	6.93	5.15
Potencia Tx (dBm)	30	30	30
Perd. espacio libre (dB)	129.94	130.83	128.25
Perd. por lluvia (dB)	8	9	6.7
Perd. por línea trans. ( Tx Rx ) (dB)	5 / 5	5.5	5 / 7
Umbral del receptor (dB)	-80	-80	-80
Ganancia Tx (dB)	45.1 / 35	45.1 / 35	45.1 / 35

## CONTINUACION DE ENLACE HUACHICHAMBO - LOJA

Tramo	Huachichambo - Loja ( CENTRO )	Huachichambo - Loja ( ESTE )	Huachichambo - Loja ( OESTE )
Ganancia Rx (dBi)	45.1 / 35	45.1 / 35	45.1 / 35
Nivel de señal (dBm)	-27.75 / -47.95	-36.36 / -49.84	-26.76 / -46.96
Desvanecimiento (dB)	52.25 / 32.05	50.36 / 30.16	53.24 / 33.05
Confiabilidad (%)	100 / 99.99	100 / 99.99	100 / 99.99
Frecuencia (Ghz)	12	12	12
Altura antena (Tx/Rx) (mt.)	10/10	10/10	10/25

**RESULTADOS DE PARAMETROS NECESARIOS PARA SABER  
LA CONFIABILIDAD DEL ENLACE CON 15 GHZ.**

**ENLACE HUACHICHAMBO - LOJA**

<b>Tramo</b>	<b>Huachichambo - Loja ( CENTRO )</b>	<b>Huachichambo - Loja ( ESTE )</b>	<b>Huachichambo - Loja ( OESTE )</b>
Distancia (km.)	6.25	6.93	5.15
Potencia Tx	30	30	30
Perd. espacio libre (dB)	131.87	132.77	130.19
Perd. por lluvia (dB)	12.5	14	10.3
Perd. por línea trans. ( Tx/Rx ) (dB)	6 / 6	5.3 / 5.3	5.3 / 7
Umbral del receptor (dB)	-80	-80	-80
Ganancia Tx (dBi)	36.3 / 42.2	36.3 / 42.2	36.3 / 42.2
Ganancia Rx (dBi)	36.3 / 42.2	36.3 / 42.2	36.3 / 42.2

## CONTINUACION DE ENLACE HUACHICHAMBO - LOJA

Tramo	Huachichambo - Loja ( CENTRO )	Huachichambo - Loja ( ESTE )	Huachichambo - Loja ( OESTE )
Nivel de señal (dBm)	-54.07 / -41.98	-54.77 / -42.98	-50.19 / -38.4
Desvanecimiento (dB)	25.93 / 38.03	25.23 / 37.02	29.81 / 41.6
Confiabilidad (%)	99.99 / 100	99.99 / 99.99	99.99 / 100
Frecuencia (Ghz)	15	15	15
Altura antena (Tx/Rx) (mt.)	10.10	10.10	10.25

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para el tramo Buerán - Puglla tenemos que la mejor confiabilidad (99.998%) ha sido calculada utilizando una antena de 3.7 metros de diámetro con una ganancia de 35.5 dBi. Los resultados de claridad del haz con un factor de curvatura de la tierra ( $k$ ) de  $4/3$  es de 50 metros en el pico más alto lo cual aparentemente no produciría pérdidas en la primera zona de Fresnel, pero con un  $k = 2/3$  tenemos que las pérdidas de Fresnel son de 17 dB lo que disminuiría considerablemente la confiabilidad del enlace.
2. Cabe recalcar que la distancia del enlace (120.85 km.) hace que la confiabilidad obtenida sea la más baja de todos los enlaces estudiados para los diferentes tipos de antena.
3. Si se quisiera implementar este enlace sería necesario colocar las antenas a 100 y 168 metros de altura respectivamente, para tener una claridad igual a la primera zona de Fresnel y asegurar que no habrán pérdidas por obstrucción lo cual es completamente impráctico puesto que en este estudio tenemos otros enlaces con mejores facilidades de implementación.
4. Debido a lo anterior tenemos que descartar también el enlace entre Puglla y Huachichambo a pesar de que como lo muestran los cálculos es un enlace completamente confiable.



5. Para la ruta entre Machala y Reppen encontramos que no necesitamos usar antenas mayores a 2.4 metros de diámetro para obtener una confiabilidad de 99.9997%, inclusive podemos tener casi la misma confiabilidad sin necesidad de poner las dos antenas de la misma ganancia en los extremos, puesto que colocando una de 1.8 metros todavía tenemos 40 dB como margen de desvanecimiento. En este trayecto la relación de D/U es de 32 dB lo cual se puede considerar aceptable. Debido a las características del enlace, no necesitamos grandes alturas en las antenas.

6. En el enlace Reppen - Huachichambo encontramos que para los cálculos realizados con  $k = 4/3$ , existe una elevación que produce 0.8 dB de pérdidas en Fresnel, por lo tanto era de esperarse que al realizar cálculos con  $k = 2/3$  las pérdidas sean mayores, se han encontrado que son aproximadamente 15 dB, lo cual baja considerablemente la confiabilidad del enlace a 99.975% con antenas de 32 dBi de ganancia en ambos extremos. Debido a estos resultados, se ha decidido descartar esta ruta a pesar de que, el tramo Machala - Reppen es muy confiable.

7. La ruta Machala - Guachaureo - Huachichambo - Loja es, según los resultados obtenidos, la mejor alternativa para llevar los canales de voz vía microonda hasta la ciudad de Loja, por cuanto no existirán obstrucciones aún cuando varíe el valor de  $k$  por los cambios atmosféricos.



8. Para el tramo Machala - Guachaurco se recomienda utilizar antenas en ambos extremos de 35.5 dBi de ganancia, para obtener un margen de 44.28 dB. El valor de confiabilidad obtenido lo podemos considerar aceptable puesto que tenemos un buen nivel de señal en la recepción de ambos lados.
9. Este tramo puede ser afectado por desvanecimientos de la señal debido a multitrayectos, para lo cual se recomienda utilizar diversidad de espacio con una distancia entre antenas de mínimo 7 metros para obtener un factor de mejoramiento del enlace de 30.
10. En el tramo Guachaurco - Huachichambo se recomiendan antenas de 32 dBi para asegurar la confiabilidad del enlace en un 99.9994% y un margen de desvanecimiento de 39.28 dB.
11. Cabe destacar que se ha escogido como frecuencia de operación para los cálculos 2.1 Ghz. debido a que en esa frecuencia las atenuaciones por lluvia en el peor de los casos no llega a 0.1 dB/Km.
12. Se ha decidido colocar la Celda en la ciudad de Loja y no en el cerro Huachichambo debido a que aquí la Celda recibiría con niveles muy bajos a los teléfonos que estén transmitiendo desde la ciudad, aproximadamente -108 dBm, nivel que seguramente no se encuentre muy lejos del ruido para la frecuencia de recepción de la celda en dicho cerro.

13. La decisión anterior nos lleva a tener relaciones de C/N de aproximadamente 25 dB como promedio asumiendo que el ruido para dicha banda se encuentre en -115 dBm.
14. La ubicación que se recomienda para la Celda es en las calles Chuquisaca entre Caracas y Bogotá debido a que está sobre una elevación por encima del nivel de la ciudad lo cual nos ahorraría metros de torre, y además, desde ese sitio se ha observado que se tiene buena cobertura con las principales avenidas de la ciudad debido a que los haces que se radian hacia ellas son casi paralelos.
15. Se recomienda utilizar antenas omnidireccionales de 10 dB de ganancia con una potencia de 15 W en la antena. Cabe recalcar que el estudio está orientado a la buena cobertura y penetración dentro de la ciudad, más no a las carreteras que salen de la ciudad puesto que debido a la orografía muy accidentada es difícil calcular los niveles de señal que se recibirían en las mismas.
16. Para el tramo entre Huachichambo y Loja, por ser un enlace corto, se recomienda un enlace a 12 GHz, con antenas de 1.8 metros de diámetro en ambos lados. Se ha obtenido que la confiabilidad para este enlace es de un 100%.
17. Se ha encontrado que el número de canales para manejar el tráfico esperado es de 11, para lo cual se necesita solamente una portadora de RF en la ruta de microonda.

## BIBLIOGRAFIA

1. WINCH Robert G. Telecommunication Transmission Systems, Mc. Graw Hill, Estados Unidos, 1.994, pags. 135 - 199.
2. ANDREW. Systems Planning Product Specifications Services Catalog 35, Pags. 60, 79, 80, 156, 180, 182.
3. FRANCO Walter. Estudios de proagación, Diseños de radioenlace, IETEL, Pags. 80 - 95.
4. RAMOS Ing. Miriam. Tesis "Diseño de un Sistema de radiotelefonía móvil celular para la provincia de El Oro". ESPOI, 1987.
5. Apuntes de Tráfico Telefónico: EMETEL.
6. Apuntes de clases de Propagación, Antenas y Comunicaciones