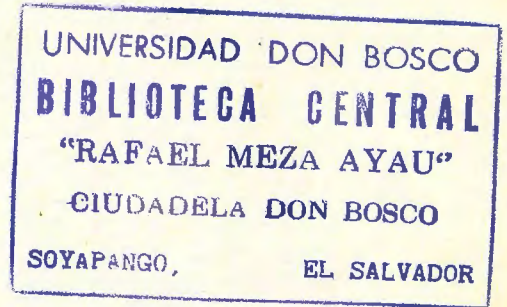


A473
1993

cic 8832

450 -

UNIVERSIDAD DON BOSCO FACULTAD DE INGENIERIA



PROGRAMA DE SIMULACION PARA LA PREDICCION DE VISIBILIDAD EN RADIO ENLACES

TRABAJO ELABORADO PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO EN ELECTRONICA

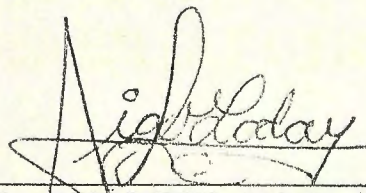
PRESENTADO POR:

ROBERTO CARLOS ALVARENGA URIAS
CARLOS ALBERTO CRESPIAN YANEZ
OSCAR GIOVANNI DURAN VIZCARRA

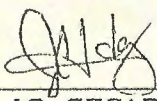
SOYAPANGO, 1993.

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

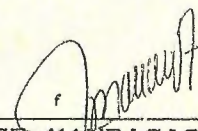
PROGRAMA DE SIMULACION PARA LA
PREDICCION DE VISIBILIDAD EN
RADIOENLACES



ING. RIGOBERTO GODOY LUNA
ASESOR.



ING. JULIO CESAR HERNANDEZ
JURADO.



ING. JOSE MAURICIO JUAREZ
JURADO.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso;

A mis padres Nena y Napoleón;

A mis tíos Bertita y Francisco;

A mi esposa Rosicela;

A mi hermano Alan;

A todos aquellos que de alguna manera colaboraron para lograr alcanzar esta meta.

A Julio.

Roberto Carlos.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso;

A mis padres Clara Luz y Vicente;

A mis hermanas;

A todos aquellos que de alguna manera colaboraron para lograr alcanzar esta meta.

Carlos Alberto.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso;

A mis padres Ana Margarita y Oscar;

A Julio "Mumú" Cuéllar (Q.D.D.G.);

A Patricia;

A Graciela;

A todos aquellos que de una u otra forma siempre me apoyaron.

Oscar Giovanni.

PROLOGO

Cuando llegó el momento de llevar a cabo el trabajo de graduación, se trató de detectar necesidades para buscar la forma de solventarlas mediante la elaboración de un trabajo que estuviera acorde a la realidad nacional. Teniendo eso en mente, se acudió a una serie de personas e instituciones involucradas con el campo de las telecomunicaciones en el país.

Entre los sitios a los que se acudió se encuentra la Subgerencia de Planificación de la Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL), donde fue sugerida la idea de elaborar un software tal que posibilitara la estimación de niveles de visibilidad en proyectos de radioenlace, dada la importancia de tal procedimiento y la forma relativamente rudimentaria en que hasta la fecha se realiza.

La idea fue tomando forma paulatinamente. Se contactó con personal especializado en el área, se recabó información bibliográfica y, una vez evaluada la factibilidad del tema, se decidió poner en marcha el proyecto.

Es así como se presenta el trabajo "Programa de Simulación para la predicción de Visibilidad en Radio Enlaces", como una respuesta a las limitantes existentes en el área de comunicaciones en el país.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	i
GENERALIDADES	1
PROPAGACION DE LOS ENLACES EN LAS BANDAS DE UHF Y SHF . .	5
RADIOENLACES EN LAS BANDAS DE UHF Y SHF	44
DESARROLLO DEL PROGRAMA	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
GLOSARIO	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

INDICE

CONTENIDO

PAGINA

INTRODUCCION	vii
1. GENERALIDADES	1
1.1 ANALISIS DEL PROBLEMA	1
1.2 ALCANCES	3
1.3 LIMITACIONES	3
2. PROPAGACION DE LOS ENLACES EN LAS BANDAS DE UHF Y SHF	5
2.1 ANALISIS DE UN ENLACE IDEAL	5
2.2 REFRACCION ATMOSFERICA	8
2.3 CURVATURA DEL HAZ RADIOELECTRICO	12
2.4 RADIO EQUIVALENTE DE LA TIERRA	16
2.5 INFLUENCIA DE LA CURVATURA DE LA TIERRA	19
2.6 DIFRACCION Y ZONAS DE FRESNEL	22
2.7 DESVANECIMIENTOS	35
3. RADIOENLACES EN LAS BANDAS DE UHF Y SHF	44
3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS RADIOENLACES .	45
3.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE	47
3.3 ESQUEMA BASICO DE UN ENLACE	51
3.3.1 Enlace Monovano	51
3.3.2 Enlace con Repetidores	54

3.4	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA RADIANTE	56
3.4.1	Antenas	57
3.4.1.1	Propiedades	57
3.4.1.2	Tipos	63
3.4.2	Alimentadores de Antena	68
3.4.3	Duplexor	74
3.4.4	Otros dispositivos	76
3.5	DIAGRAMA DE NIVELES	80
3.6	ANALISIS DE PERDIDAS EN EL ENLACE	81
3.6.1	Pérdidas en Elementos Terminales	84
3.6.2	Ganancia de las Antenas	85
3.6.3	Pérdida Total en el Vano	85
3.6.4	Potencia Entregada al Receptor	86
4.	DESARROLLO DEL PROGRAMA	92
4.1	DESCRIPCION DEL MODELO	92
4.2	CARACTERISTICAS DE LA BASE DE DATOS	95
4.2.1	Creación de la base de datos	95
4.2.2	Manejo de la base de datos	97
4.3	CONVERSION A COORDENADAS DE LAMBERT	101
4.4	RECONSTRUCCION DEL PERFIL	105
4.4.1	Distancia entre los puntos a enlazar	105
4.4.2	Obtención de la matriz de alturas y distancias	108
4.4.3	Interpolación de alturas	110
4.5	INTRODUCCION DE LOS DATOS	119
4.6	EVALUACION DEL GRADO DE VISIBILIDAD	120
4.6.1	Determinación de los radios de la primera zona de Fresnel	120

4.6.2 Determinación de los márgenes de visibilidad	122
4.7 EVALUACION DE VISIBILIDAD PARA DIFERENTES VALORES DE K	124
4.8 EVALUACION DE LAS PERDIDAS	125
4.9 ENTREGA DE RESULTADOS	125
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
5.1 CONCLUSIONES	127
5.2 RECOMENDACIONES	129

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La comunicación ha tenido un papel muy importante en el desarrollo del ser humano. La transmisión de conocimientos no hubiese sido posible si el hombre no contara con los mecanismos para efectuar el intercambio de ideas.

En el principio el hombre utilizaba métodos rudimentarios para lograr comunicarse con sus semejantes. Inicialmente, con señales de humo, tambores y medios similares, limitando el contenido y el alcance de los mensajes. Posteriormente, con el desarrollo de la civilización, se comenzó con la comunicación escrita. No fué hasta que en el siglo XIX, se produjo un salto gigantesco en el campo de la comunicación a distancia, cuando hombres como Hertz, Marconi y Edison, demostraron la posibilidad de enviar voz humana a grandes distancias. A partir de entonces, fué posible la transmisión de voz, y posteriormente datos e imágenes, llegando a lograr grandes adelantos tecnológicos en este campo.

Debido a la complejidad de los núcleos poblacionales y de producción, las comunicaciones se han vuelto cada vez más vitales para el desarrollo de los pueblos.

El Salvador no es la excepción. Instituciones públicas y privadas han desarrollado proyectos que emplean sistemas de comunicación tratando de satisfacer la demanda de la población de comunicarse a distancia.

La rapidez en la instalación es algo que los sistemas de radiocomunicación siempre han tenido a favor, ya que básicamente solo necesitan plantas de transmisión y recepción, recayendo el rol de línea de transmisión en la atmósfera.

Particularmente, los sistemas de radioenlace en las bandas de UHF y SHF constituyen un soporte básico de las comunicaciones a larga distancia.

La planificación de este tipo de sistemas es un proceso complejo, que requiere la determinación de áreas de cobertura o trayectoria del radioenlace en consideración. La determinación se realiza en forma gráfica, con mapas, a partir de los cuales se reconstruye el perfil topográfico del terreno bajo estudio y con el auxilio de ecuaciones con las cuales se pueden establecer los valores que corresponden a determinados parámetros, a fin de satisfacer los niveles nominales de operación de los radios, asegurando así un alto grado de confiabilidad y calidad.

El presente trabajo es un estudio sobre los enlaces de comunicaciones punto a punto en el rango del espectro de frecuencia que incluye las bandas de UHF y SHF (desde 300 MHz hasta 30 GHz), como un medio alternativo para la planificación de radioenlaces que permitan la intercomunicación de poblaciones, o Centrales de Conmutación en el país, auxiliándose del valioso soporte tecnológico que constituye la computadora.

La estructura general del trabajo está dada en cinco capítulos que se resumen de la siguiente manera:

CAPITULO I

Se desarrollan en este capítulo los antecedentes del problema de comunicaciones existente en el país, así como las justificaciones del trabajo, los alcances y limitaciones inherentes al desarrollo del mismo.

CAPITULO II

En este capítulo se abordan los conceptos generales de propagación, así como algunos conceptos sobre la difracción, las zonas de Fresnel, el radio efectivo de la Tierra, la curvatura relativa de los haces radioeléctricos y la Tierra, así como los desvanecimientos.

CAPITULO III

El tercer capítulo constituye una introducción a los radioenlaces en UHF y SHF, las ventajas y desventajas existentes, la estructura de los mismos y sus aplicaciones.

CAPITULO IV

En este capítulo se mostrará el desarrollo del sistema de análisis del radioenlace como parte de un programa de computadora que ayuda a la determinación de la posibilidad del enlace entre dos puntos determinados, de tal forma que se analice la factibilidad de la transmisión y recepción entre dichos puntos.

CAPITULO V

Este capítulo está dedicado a plantear las conclusiones generales del trabajo y a proponer una metodología para una mejor utilización del programa.

Finalmente se anexa información técnica relacionada con la investigación, y la bibliografía consultada, así como ejemplos prácticos de la puesta en marcha del sistema.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANALISIS DEL PROBLEMA

Los sistemas de radiocomunicación se caracterizan por el corto tiempo que requiere su realización. Para muchas empresas de telecomunicación, a nivel mundial, tienen relevancia la diversidad de trayectos y la posibilidad de superar terrenos difíciles con saltos muy grandes.

En los últimos años, El Salvador ha experimentado un crecimiento en sus sistema de telecomunicaciones, que ha sido ampliamente influenciado por los avances logrados en países desarrollados.

La planificación de un sistema de radioenlaces consta de los siguientes pasos:

- 1º) Estudio de la demanda de tráfico de telecomunicación entre los puntos a enlazar.
- 2º) Decisión de las características de transmisión requeridas.
- 3º) Selección de las frecuencias a utilizar.
- 4º) Selección de la ubicación de las estaciones.
- 5º) Planificación de los edificios, torres, suministro de energía y vías de acceso a las estaciones.
- 6º) Consideración de los planes de mantenimiento del sistema.
- 7º) Decisión de las especificaciones para la adquisición de equipos.

Cada uno de éstos pasos debe ser llevado a cabo con sumo cuidado, dada su importancia.

En El Salvador, los proyectos de radioenlace que han de formar parte de la red pública, son administrados por ANTEL; cuando se proyecta el enlace de pocas poblaciones, ANTEL encarga a su personal la completa elaboración de los planes y estudios de factibilidad, mientras que cuando se trata de proyectos grandes, la empresa que suministra el equipo también se encarga de realizar dicho trabajo.

Como es de esperarse, los radioenlaces no se encuentran únicamente al servicio de la red telefónica pública, sino también tienen aplicación en áreas que están bajo el cuidado de empresas privadas.

En El Salvador no se cuenta con mecanismos modernos que permitan llevar a cabo con rapidez y seguridad la escogitación de los lugares donde han de ubicarse las estaciones, dado que siempre se recurre a un método manual para la obtención de perfiles y el análisis geométrico que determinan si un radioenlace es viable o no.

Mediante éste trabajo de investigación se propone una herramienta alternativa apegada a la realidad del país que permita agilizar la selección de la ubicación geográfica de las estaciones haciendo uso de software. En países desarrollados se usan sistemas semejantes; en Estados Unidos existen paquetes como el *RPATH* y el *SHDMAP* que utilizan bases de datos del relieve de dicha nación para efectuar predicciones de visibilidad.

1.2 ALCANCES

Se propone un sistema computarizado de predicción de visibilidad en radioenlaces a partir de la banda de UHF, con el objeto de optimizar los recursos existentes en la planificación de estos.

El software que constituye el mencionado sistema se adecuó a las necesidades y recursos existentes, dada la falta de Sistemas de Información Geográfica (GIS) en el país.

El software desarrollado es capaz de reconstruir y presentar en pantalla el perfil del terreno comprendido entre las estaciones que se planea enlazar (para lo cual hace uso de la información contenida en su base de datos) para evaluar el nivel de visibilidad de que dispondría tal radioenlace si se llevara a la realidad. También entrega una estimación de la potencia que estaría llegando al receptor.

Además, si el usuario lo desea, puede obtener reportes impresos de los resultados.

1.3 LIMITACIONES

El trabajo descrito a lo largo de éste documento está sujeto a dos limitaciones, las cuales se describen a continuación:

- 1a) Además de lo que estén por hacer empresas privadas, ANTEL planea la introducción o expansión del servicio a poblaciones desatendidas en los años anteriores.

La mayor parte de esta expansión se llevará a cabo en las zonas Central y Oriental. Lo desarrollado es un prototipo del sistema de predicción propuesto, por lo tanto no se ha introducido la base de datos correspondiente a todo el país, sino solo lo que aproximadamente corresponde a la zona oriental del mismo. No obstante, el software ha sido desarrollado de tal manera que es posible ampliar su base de datos con el objeto de cubrir por completo todo el país e inclusive otras partes de Centroamérica.

- 2a) Resulta imposible conseguir el cien por ciento de precisión al momento de obtener las bases de datos topográficos, lo cual produce un error al aproximar a los valores discretos de las curvas de nivel de los mapas las alturas reales del terreno.

Al momento de crear la base de datos se vuelve necesario dividir los mapas (escala 1:50,000) en celdas. Dentro de cada celda se encuentran contenidas una serie de alturas correspondientes al área respectiva, de las cuales se toma la mayor con el objeto de presentar la peor condición.

CAPITULO II

PROPAGACION DE LOS ENLACES EN LAS BANDAS DE UHF Y SHF

En éste capítulo se analizarán las características fundamentales de propagación en los sistemas que operan a línea vista, en frecuencias contenidas en las bandas de UHF y SHF (desde 300 MHz hasta 30 GHz). Comenzando a partir de una situación considerada ideal, serán estudiados los diversos fenómenos que influyen en un enlace real con radiovisibilidad.

2.1 ANALISIS DE UN ENLACE IDEAL

Se considerará el caso de un enlace establecido entre dos puntos situados en el vacío, en ausencia de cualquier cuerpo que pueda influir en la propagación de las ondas de radio, tal como lo muestra la fig. 1.

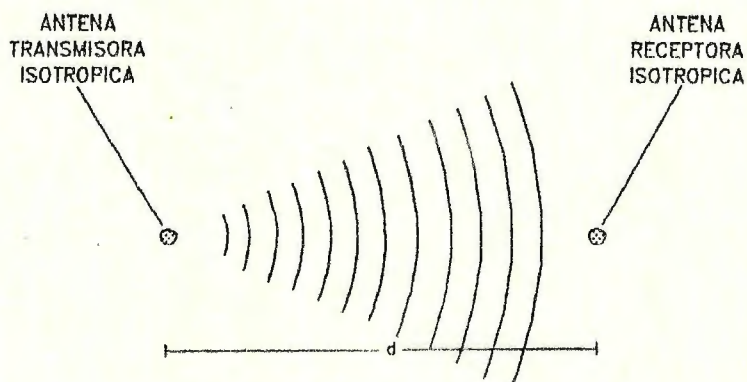


FIG. 1

ENLACE IDEAL ENTRE ANTENAS ISOTROPICAS

En ésta figura tanto la antena transmisora como la receptora se asumirán como antenas que irradian (o reciben) uniformemente en todas direcciones, es decir como *antenas isotrópicas*.

La densidad de potencia en la superficie localizada a una distancia d al frente de la antena transmisora viene dada por:

$$P_s = \frac{P_T}{4\pi d^2} \quad (1)$$

Donde:

- P_T = Potencia transmitida (W)
- P_s = Densidad de potencia localizada a una distancia d de la antena isotrópica transmisora (W/m²)
- $4\pi d^2$ = Area de superficie esférica considerada (m²)

La antena receptora capta una parte de la potencia existente en el frente de onda radiado como si absorbiera la energía distribuida en una parte de la superficie de dicho frente de onda.

En el caso del enlace ideal de la fig. 1 la relación entre la potencia transmitida (P_T) y la potencia recibida (P_R), se denomina *atenuación en espacio libre* y depende de la distancia entre las antenas isotrópicas y de la frecuencia de la portadora utilizada.

Las antenas reales utilizadas en el rango de frecuencias a considerar no irradian ni capturan uniformemente la energía en el frente de onda, sino que presentan la propiedad de concen-

trarla en haces muy estrechos en torno a una línea recta que las une imaginariamente, de modo que se aumenta la densidad de potencia en esa región. Por consiguiente, se obtiene una mayor potencia recibida en relación a aquella que sería captada en un enlace entre antenas isotrópicas, como el que se ilustra en la figura anterior.

Así, si en la fig. 1 se sustituyen las antenas isotrópicas por antenas reales, la potencia recibida dependerá también de las características de las antenas utilizadas y será superior a la captada en el caso anterior.

Las condiciones de propagación en el espacio libre (descritas y analizadas anteriormente) no son encontradas en la práctica, a no ser en casos muy especiales de enlaces a distancias relativamente cortas (no más de 10 km) operando a frecuencias superiores a los 2 GHz, y en regiones en las cuales la topografía del terreno tenga poca influencia pudiendo considerarse un comportamiento casi uniforme de la atmósfera.

Cuando la onda se propaga a través de la atmósfera real y se considera la influencia del terreno ocurren los mismos fenómenos verificados en la óptica con la luz, que es también una onda electromagnética. Así se observa, por ejemplo, la ocurrencia de refracciones, reflexiones y absorciones de las ondas de radio, fenómenos que modifican el nivel de energía de la señal recibida en relación a la prevista en el espacio libre, además de introducir distorsiones en la señal de información.

Se observa entonces que el nivel de energía de la señal recibida varía en torno al valor previsto en espacio libre,

presentando fluctuaciones en el tiempo, debido a que las características de los diversos parámetros que influyen en la propagación varían con respecto al tiempo.

2.2 REFRACCION ATMOSFERICA

Si un haz luminoso incide sobre una superficie de agua en reposo, como lo muestra la fig. 2, parte de esa luz será reflejada y parte penetrará en el agua. Ese fenómeno de penetración del haz con un ángulo diferente al de incidencia respecto a la normal, se llama *refracción* y puede ser fácilmente verificado sumergiendo parcialmente una varilla en agua; vista desde determinado ángulo, la varilla parecerá estar quebrada en el punto en el que penetra en el agua.

Se puede entender bien el fenómeno de refracción considerando, conforme se muestra en la fig. 3, la variación de velocidades de propagación de la onda al pasar del aire al agua. El frente de onda A_1A_2 alcanza la superficie del agua; siendo la velocidad de la luz menor en el agua que en el aire ($V_2 < V_1$), el punto A_1 recorre una distancia d_1 , al mismo tiempo que A_2 recorre una distancia mayor d_2 . Como resultado habrá una variación en la dirección de la propagación.

Ese cambio de dirección ocurre siempre que la onda incida de forma oblicua en una superficie que separa dos medios distintos y depende de una característica de esos medios llamada *índice de refracción* (n). Este índice expresa la relación entre la velocidad de propagación de la onda electromagnética en el vacío y la velocidad de propagación de la misma en el medio en

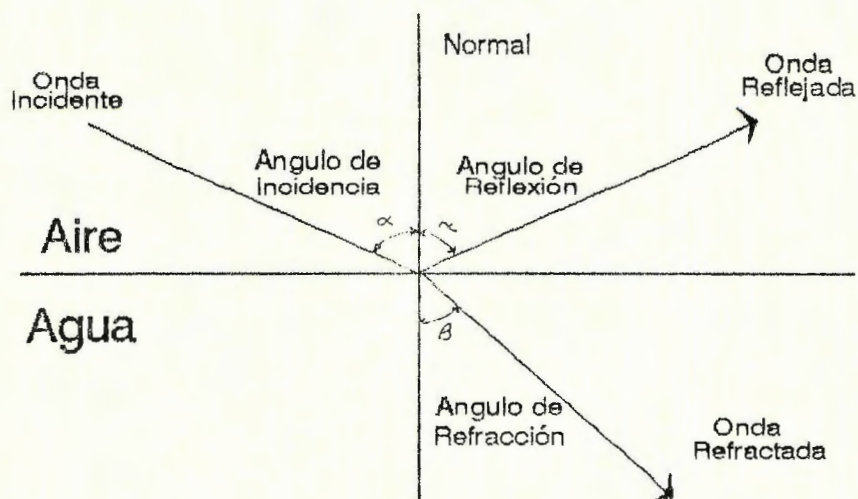


FIG. 2

REFRACCION DEL HAZ DE LUZ AL PASAR DEL AIRE AL AGUA

que se encuentra. De esta forma será mayor para los medios más densos (menor velocidad de propagación).

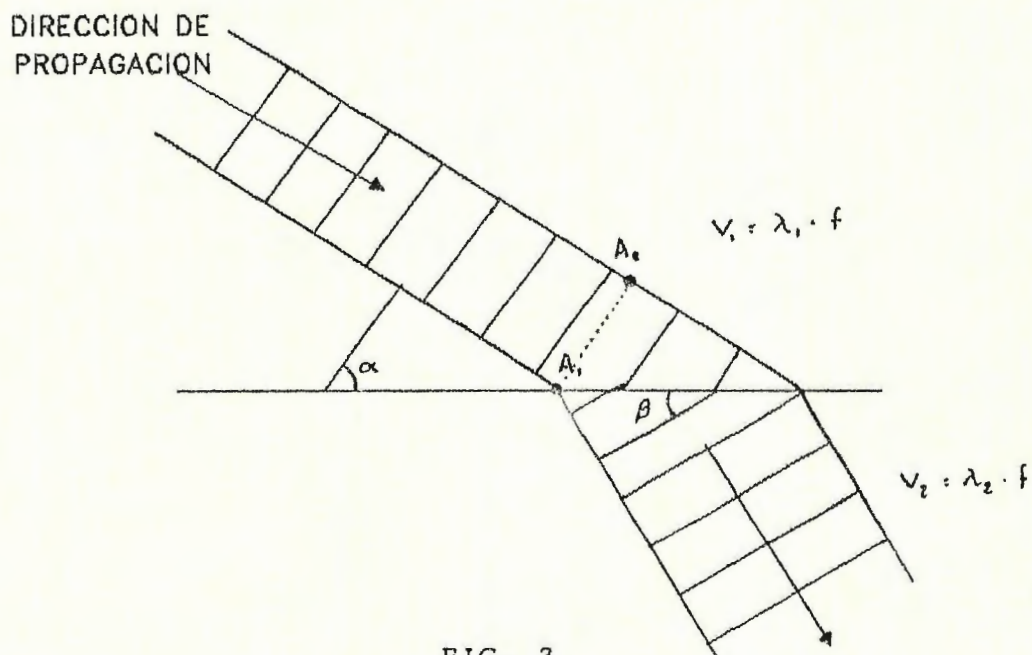


FIG. 3

VARIACION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE LA ONDA

Nótese que las velocidades son diferentes en los dos medios ($V_2 < V_1$) modificándose la longitud de onda, ya que la frecuencia es la misma.

Las ondas que viajan a través de las capas bajas de la atmósfera, se ven sometidas a la refracción ocasionada por la no uniformidad de éstas. El efecto tiene importancia arriba de 30 MHz en radioenlaces terrestres y espaciales y se manifiesta en una curvatura del trayecto de propagación.

Como en los radioenlaces terrestres es importante la posición relativa del trayecto con respecto a los obstáculos, la curvatura puede ser un factor negativo, ya que puede ocasionar desvanecimientos bajo ciertas condiciones.

Como el mecanismo productor de la curvatura es la refracción atmosférica, se estudiará éste efecto comenzando por el índice de refracción.

Dado que en los radioenlaces terrestres las ondas radioeléctricas viajan muy próximas al suelo, en los proyectos se considera la dependencia del índice de refracción de superficie (n) a parámetros físicos de la atmósfera. Específicamente:

$$n = f(p, e, T) \quad (2)$$

Donde:

p	=	Presión atmosférica en mbar
e	=	Presión del vapor de agua en mbar
T	=	Temperatura absoluta en °K

Como n es un valor muy próximo a la unidad (difiere de uno en varias millonésimas), suele emplearse el coíndice N , que es:

$$N = (n-1)10^6 \quad (3)$$

La variación del coíndice sobre la superficie de la tierra con los parámetros de la atmósfera, es:

$$N = \frac{77.6}{T} \left(p + 4810 \frac{e}{T} \right) \quad (4)$$

Para condiciones normales de presión y temperatura, es decir: $p = 1013$ mbar, $e = 10.2$ mbar y $T = 288$ °K, se tiene:

$$n = 1.000319$$

$$N = 319$$

A partir del caso anterior puede apreciarse la conveniencia de utilizar el coíndice en lugar del índice de refracción.

Como consecuencia de la variación que experimentan p , e y T , así como la de otros factores, al cambiar la altura, varía también el índice de refracción atmosférico.

En radiocomunicación se maneja la variación por medio del gradiente dn/dh . En la atmósfera normal se considera una variación lineal (ver fig. 4), disminuyendo el índice con la altura, lo que equivale a un gradiente constante y negativo. El valor de este gradiente más aceptado es:

$$\frac{dn}{dh} = -0.039 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

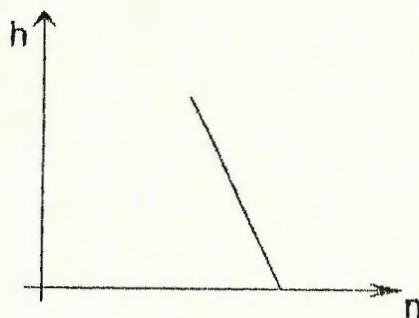


FIG. 4

VARIACION TIPICA DEL INDICE DE REFRACCION ATMOSFERICO CON LA ALTURA

El modelo lineal cuya gráfica se muestra en la fig. 4 solo es válido para el primer kilómetro de altura sobre la superficie terrestre. Por encima de esta altura se adopta una función de tipo exponencial como ley de variación del índice de refracción con respecto a la altura.

2.3 CURVATURA DEL HAZ RADIOELECTRICO

Al variar el índice de refracción con la altura, el rayo radioeléctrico experimenta una refracción al atravesar las capas atmosféricas. Si dicho índice decrece con la altura, el rayo se refractará alejándose de la normal, por lo que la trayectoria no es rectilínea, sino curva.

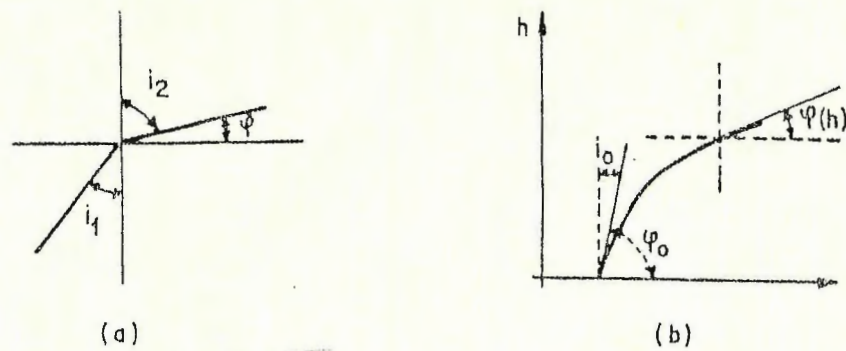


FIG. 5
DEFLEXION DEL HAZ RADIOELECTRICO

De las leyes de la refracción, se tiene (ver fig. 5):

$$n(h) \cdot \cos \varphi(h) = n(0) \cdot \cos \varphi(0) \quad (5)$$

Donde:

φ = Angulo que forma la tangente del haz con la superficie de la tierra.

La curvatura, como es sabido, es:

$$\sigma = \frac{d\varphi}{ds} \quad (7)$$

Donde:

s = Longitud del arco descrito por el haz.

Derivando la ec. 5 con respecto a s y tras sencillas operaciones, se obtiene una expresión que permite relacionar la curvatura del haz y el gradiente del índice de refracción atmosférico:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{\cos \varphi}{n} \cdot \frac{dn}{dh} \approx \frac{dn}{dh} \quad (8)$$

Donde ρ es el radio de curvatura del haz. La aproximación está justificada puesto que, como se ha visto, n es un valor muy bajo. La curvatura del haz es negativa, en caso de una atmósfera normal, lo cual es favorable.

Si R_T es el radio terrestre, la curvatura de la tierra viene dada por:

$$\frac{1}{\rho_T} = -\frac{1}{R_T} \quad (8)$$

Luego, la curva relativa del haz radioeléctrico respecto a la Tierra, valdrá:

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_T} = \frac{1}{R_T} + \frac{dn}{dh} \quad (9)$$

Se pueden distinguir tres casos, los cuales pueden ser analizados mediante la interpretación de la ec. 9:

- a) $dn/dh < 0$ (fig. 6a). Es el más frecuente, según el modelo de atmósfera lineal con gradiente negativo. En éste caso el alcance es superior al del horizonte óptico,

- b) $dn/dh=0$ (fig. 6b). La trayectoria del rayo es rectilínea, por lo que el alcance coincide con el horizonte óptico.
- c) $dn/dh>0$ (fig. 6c). La curvatura del rayo es positiva, lo que supone una reducción del alcance y mayor posibilidad de intercepción del haz por obstáculos.

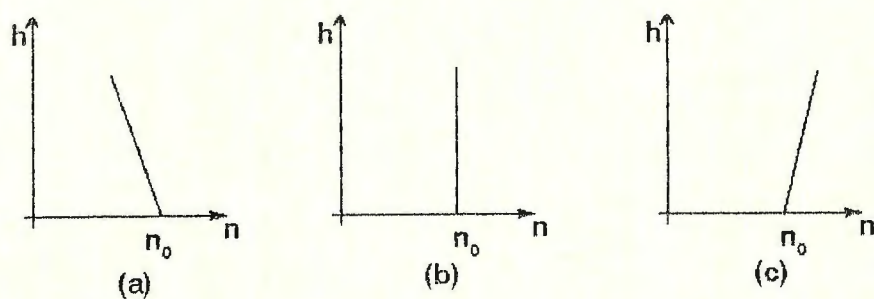


FIG. 6

DIFERENTES GRADIENTES DEL INDICE DE REFRACCIÓN

En la fig. 7 se interpreta la repercusión de los diferentes gradientes sobre un enlace con alturas de antenas transmisora receptora fijas. Para mayor sencillez se considera una Tierra lisa, sin obstáculos. En la figura siguiente se representa la trayectoria real (curvilínea) del haz radioeléctrico para distintos valores del gradiente del índice de refracción.

Se observa que el margen sobre el obstáculo propio de la redondez de la Tierra es máximo cuando el gradiente del índice de refracción atmosférica asume valores negativos y mínimo con valores positivos. Lo mismo ocurriría si hubiese obstáculos. El margen sobre ellos será mínimo cuando el valor del gradiente es positivo.

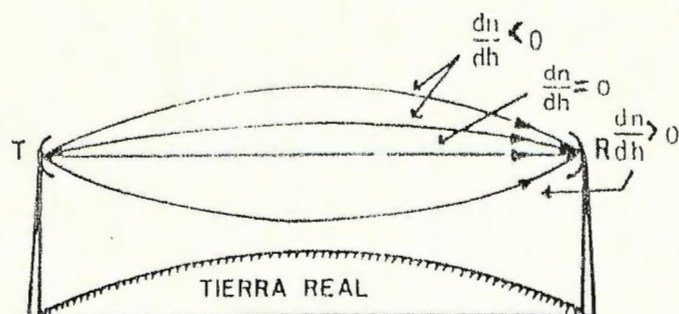


FIG. 7

INFLUENCIA DEL GRADIENTE EN LA CURVATURA DE LOS RAYOS

En la fig. 8 se presenta otra consecuencia. En ella se resalta el hecho de que para conservar la visibilidad con un gradiente positivo es necesario aumentar la altura de la antena; por otro lado, puede notarse que se tiene mayor confiabilidad con un gradiente negativo, ya que se necesita menor altura en las antenas para este propósito.

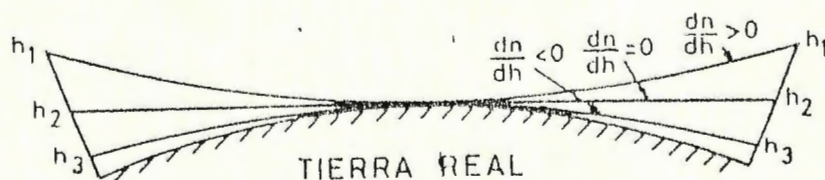


FIG. 8

INCIDENCIA RASANTE DEL HAZ RADIOELECTRICO A DISTINTOS GRADIENTES

2.4 RADIO EQUIVALENTE DE LA TIERRA

En realidad lo importante no es la curvatura de la Tierra o del haz radioeléctrico, sino la curvatura relativa de éste respecto

a la primera, lo cual permite considerar convenientemente la propagación de las ondas en línea recta sobre una tierra que tiene una curvatura relativa.

Lo anterior puede conseguirse sustituyendo el radio real de la Tierra (R_T) por otro ficticio que lo equipara K veces, de manera que se conserve la curvatura relativa. De esta manera se tendrá:

$$\frac{1}{K \cdot R_T} = \frac{1}{R_T} + \frac{dn}{dh} \quad (10)$$

De donde el factor K resulta ser:

$$K = \frac{1}{1 + R_T \cdot \frac{dn}{dh}} \quad (11)$$

Considerando el radio terrestre de 6.37×10^6 m y condiciones atmosféricas normales:

$$K = \frac{1}{1 + (6.37 \times 10^6 \text{ m}) \cdot (-0.039 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1})} \approx \frac{4}{3} \quad (12)$$

El valor normal K de $4/3$, se ha comprobado a través de varios años de estudios experimentales y se considera que éste valor se mantiene más del 60 % del tiempo, en un intervalo de que aproximadamente va de las 9:00 a.m. a las 5:00 p.m.

Otras condiciones de propagación se muestran en la fig. 9. Variaciones de K desde valores menores de $4/3$ hasta $K = 2/3$, ocurren aproximadamente durante 0.1 % del tiempo, por lo que resulta conveniente realizar las pruebas de campo de propagación durante el tiempo en que prevalecen las condiciones normales en la atmósfera ($K = 4/3$), es decir, durante el día entre las 9 AM hasta las 5 PM. Debido a cambios en las condiciones meteorológicas este factor puede fluctuar entre 0.6 y 2.0 .

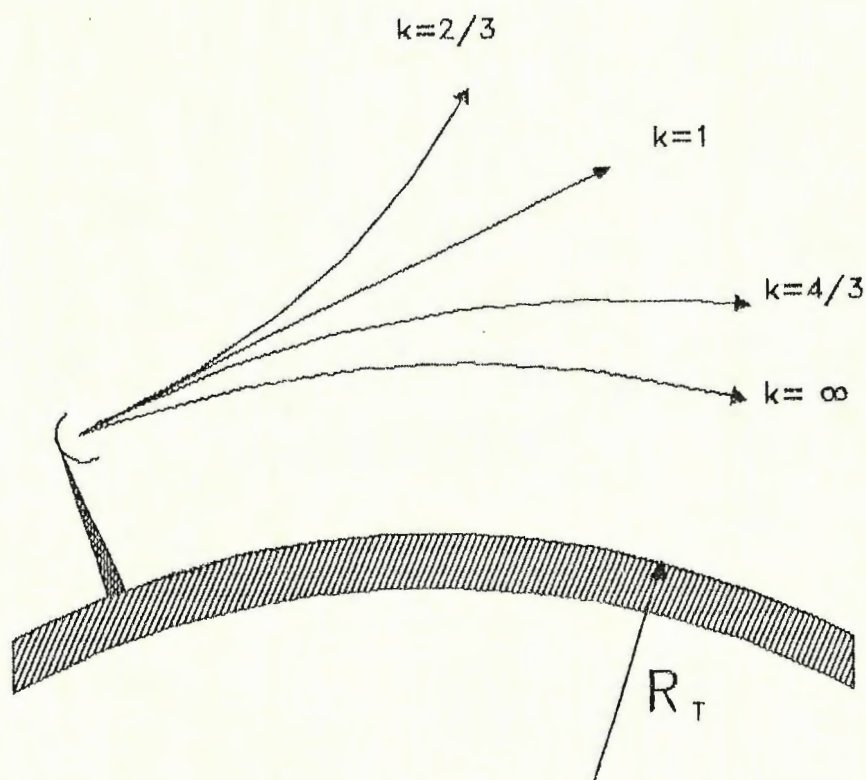


FIG. 9
PROPAGACION DE UN HAZ BAJO DISTINTAS CONDICIONES ATMOSFERICAS

Durante condiciones extremadamente adversas, se podrían incluso asumir valores aún más distantes de $4/3$.

2.5 INFLUENCIA DE LA CURVATURA DE LA TIERRA

Para estudiar el efecto de los obstáculos en la propagación es imprescindible conocer la situación relativa del haz radioeléctrico con respecto a ellos, medido en forma de visibilidad u obstrucción.

Con el objeto de llevar a cabo el análisis antes mencionado, debe trazarse el perfil del terreno entre los puntos de ubicación de las estaciones a enlazar tomando los datos de mapas y modificando las alturas por el coeficiente de corrección de la curvatura terrestre K , obteniéndose un perfil corregido que permite trazar el haz radioeléctrico como una línea recta. Cualquier cambio de K corresponde a otra corrección del perfil, lo cual permite fácilmente visualizar los efectos de los cambios de la altura o desplazamiento aparentes del trayecto de la onda con respecto a la superficie de la tierra. Se puede obtener una fórmula para la curvatura efectiva de la Tierra para cualquier valor de K como sigue:

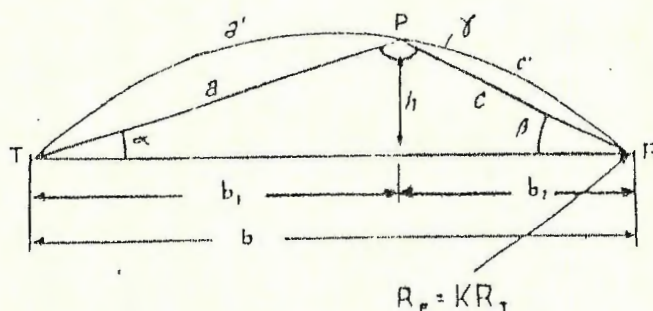


FIG. 10

CONSTRUCCION MATEMATICA DE LA CURVATURA DE LA TIERRA

Si b es la distancia entre los puntos T y R de la fig. 10, siendo b_1 y b_2 las distancias de éstos puntos a cualquier punto donde se desea conocer la altura h del arco de radio KR_T , se puede aplicar en el triángulo TPR la ley de los senos:

$$\frac{c}{\text{sen}\alpha} = \frac{a}{\text{sen}\beta} = \frac{b}{\text{sen}\gamma} \quad (13)$$

Por medio de ciertos procedimientos matemáticos, se puede demostrar que:

$$\frac{c}{\text{sen}\alpha} = \frac{a}{\text{sen}\beta} = \frac{b}{\text{sen}\gamma} = 2 \cdot K \cdot R_T \quad (14)$$

$$\therefore \text{sen}\alpha = \frac{h}{a} \quad (15)$$

Combinando las ecs. 14 y 15, se obtiene:

$$\text{sen}\alpha = \frac{h}{a} = \frac{c}{2 \cdot K \cdot R_T} \quad (16)$$

$$\therefore h = \frac{a \cdot c}{2 \cdot K \cdot R_T} \quad (17)$$

Normalmente se considera que:

$$a \approx a' \approx b_1 \quad \text{y} \quad c \approx c' \approx b_2$$

Tales aproximaciones son válidas debido a que el tramo entre los puntos a considerar es despreciable en relación al radio efectivo de la Tierra. Al efectuar estas aproximaciones y sustituirlas en la ec. 17 se llega a la siguiente expresión:

$$h = \frac{b_1 \cdot b_2}{2 \cdot K \cdot R_T} \quad (18)$$

Si el radio terrestre se toma de 6.37 Mm, se obtiene la fórmula general, expresando b_1 y b_2 en km:

$$h = 0.0786 \frac{b_1 \cdot b_2}{K} \quad (19)$$

En la fig. 11 se presenta el ejemplo de un perfil. Para $K = K_1$ el margen sobre obstáculos es igual a EC.

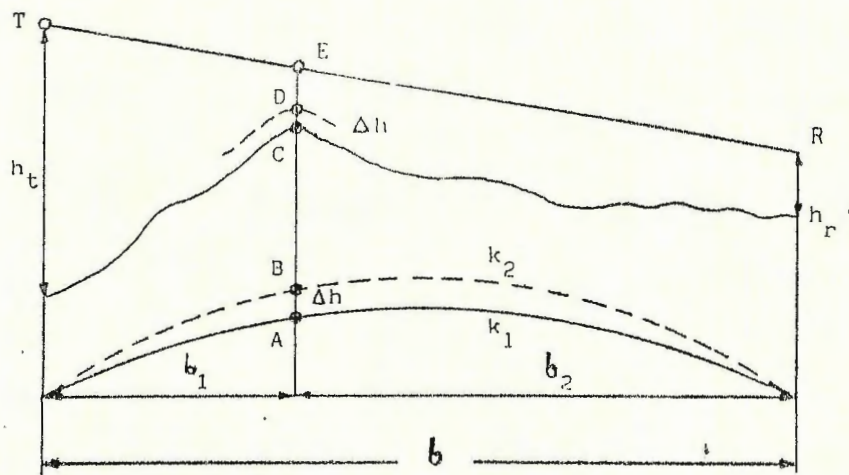


FIG. 11
EJEMPLO DE PERFIL

Si $K = K_2 < K_1$, la Tierra aparenta ser más curva y, por lo tanto, la altura a una distancia d_1 de la torre de transmisión aumentará un diferencial de h pasando de A a B. Lo mismo ocurre al perfil, por lo que el nuevo margen sobre obstáculos es $DE < CE$.

El incremento de la altura viene dado por:

$$\Delta h = \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \cdot R_T} \left(\frac{1}{K_2} - \frac{1}{K_1} \right) \quad (20)$$

2.6 DIFRACCION Y ZONAS DE FRESNEL

Debe considerarse que la presencia de la Tierra cambia las condiciones de propagación, ya que la señal recibida no solo depende de la señal propagada a través del espacio, sino también de las ondas que se hayan reflejado por el terreno.

La luz tiende a propagarse en línea recta; no obstante, una observación cuidadosa muestra que un rayo de luz envuelve ligeramente los bordes de los obstáculos que se interponen en su camino. El fenómeno antes descrito recibe el nombre de *difracción*. En otras palabras, la difracción causa un esparcimiento de la energía más allá de los bordes previstos por la óptica geométrica.

Similar comportamiento se observa con las ondas de radio, pero dado que estas tienen mayor longitud de onda que la luz visible, el efecto de la difracción es mucho más notorio en ellas que en la luz. De esta manera, ante la presencia de un obstáculo, el frente de onda de la señal tiende a experimentar cambios de dirección.

El terreno también puede influir en el comportamiento de la señal produciendo reflexiones. Las ondas reflejadas, pueden

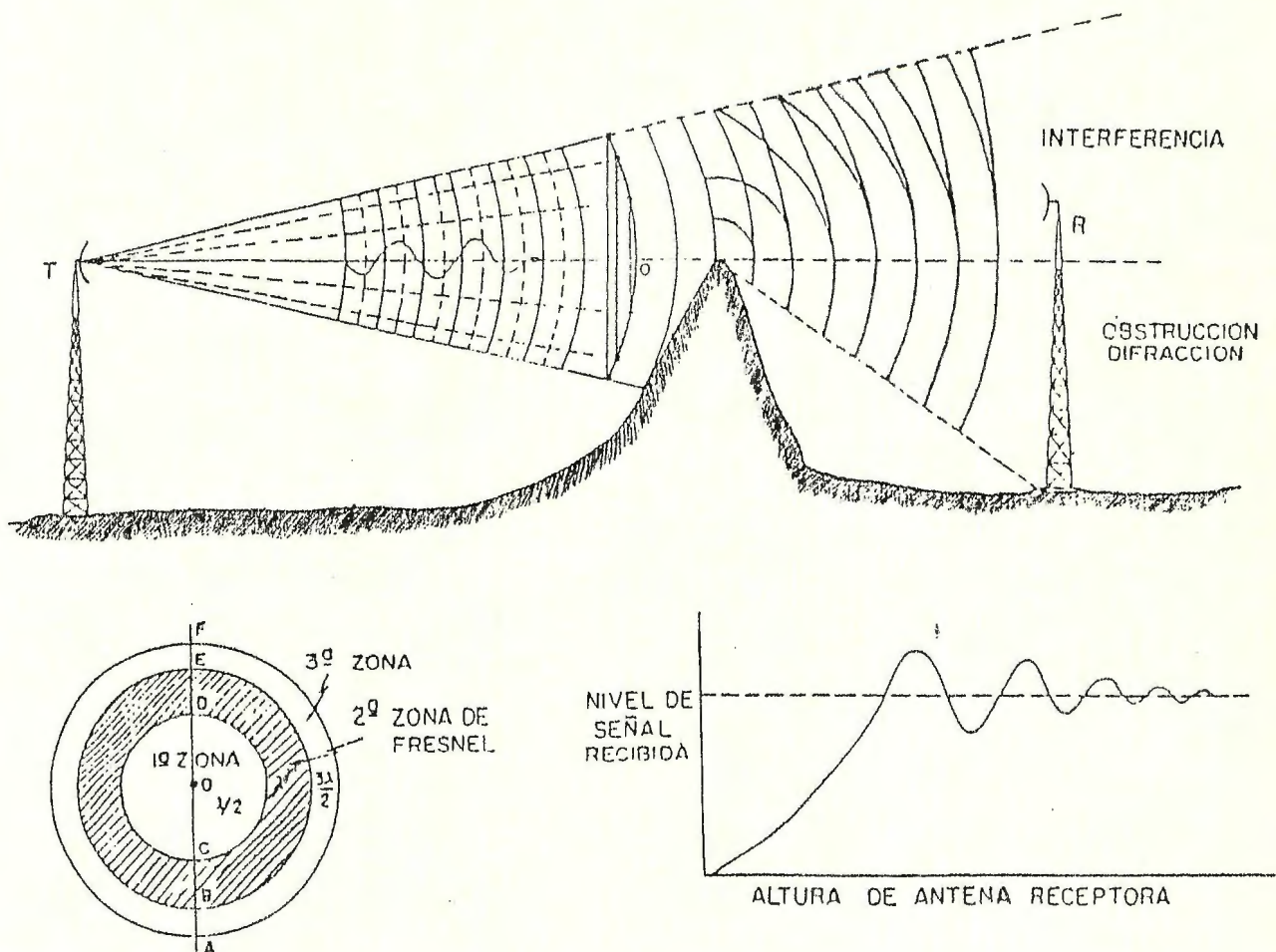


FIG. 12
DIFRACCION Y ZONAS DE FRESNEL

llegar en fase o fuera de ella con la onda directa a la antena receptora reforzando o disminuyendo el nivel de la señal recibida y, dependiendo de las características de los puntos de reflexión pueden, en ciertos casos, cancelar por completo la señal recibida.

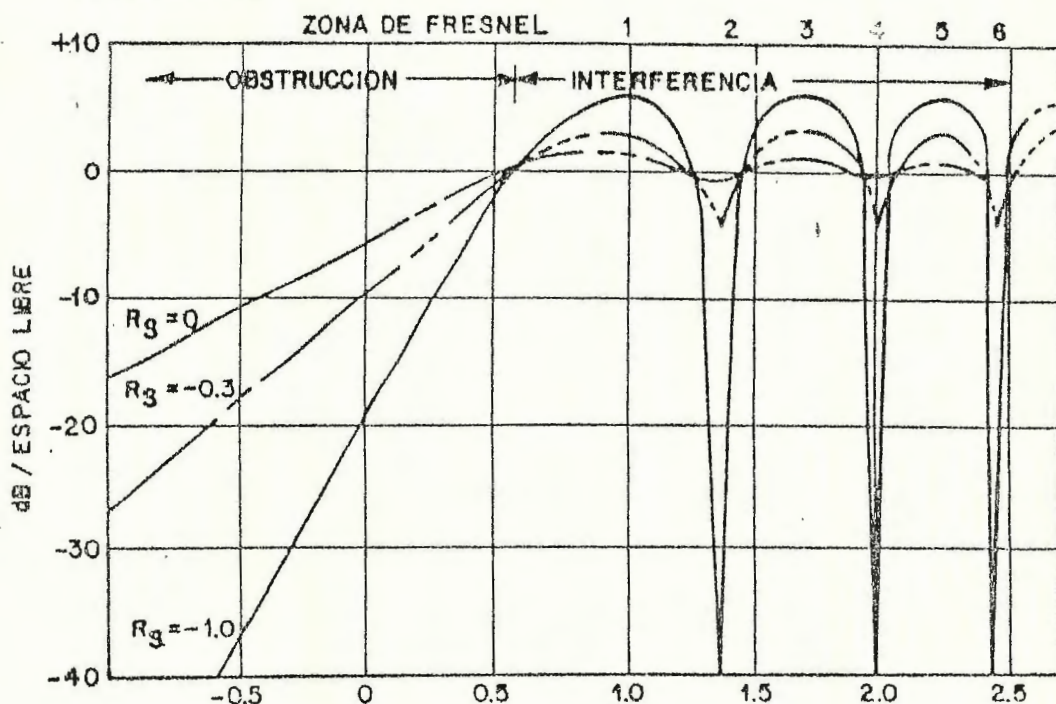
Se efectúan pruebas de propagación para determinar la influencia de los obstáculos que puedan afectar los enlaces del sistema de telecomunicación, afectando los niveles de recepción; por lo tanto, se efectúan dichas pruebas variando las alturas de las antenas de las estaciones a enlazar, para poder determinar posteriormente las alturas finales de las torres del sistema a fin de satisfacer las condiciones mínimas de transmisión y recepción. Cualquier obstrucción sobre la trayectoria de las ondas no dejará pasar el frente de onda y producirá una variación de la señal al cambiar las alturas de las antenas, primeramente debido a la "sombra" del obstáculo y también debido a la interferencia entre la onda directa del transmisor y la onda reflejada del obstáculo, como se ilustra en la figura 12.

Estos desfases presentarán valores máximos en el momento en que las dos señales, la original y la reflejada, se encuentren en fase, y mínimos, cuando se encuentren en desfase. Por lo tanto, los máximos y mínimos que se obtienen por interferencias, dependen de la diferencia de fase entre la onda directa y la reflejada.

Todos los puntos en que la diferencia de fase es hasta media longitud de onda se denominan la primera zona de Fresnel y, de la misma manera, los límites de la n -ésima zona de Fresnel están demarcados por todos los puntos en que la onda reflejada difiere por n veces media longitud de onda de la onda directa ($n = 1, 2, 3, 4, \dots$).

Teniendo en cuenta que la onda sufre su desfase de 180° (media longitud de onda) al reflejarse, las zonas de Fresnel 1, 3, 5,

7, ... aumentarán la señal recibida hasta su máximo (6 dB) y las zonas de Fresnel 2, 4, 6, 8, ... producirán disminuciones en la señal y pueden, en caso dado cancelarla por completo, dependiendo por supuesto de las características de la superficie de reflexión.



R_g = COEFICIENTE REFLEXION

ABSCISAS: MARGEN S/OBSTACULOS/RADIO 1ª ZONA FRESNEL

FIG. 13

NIVEL DE SEÑAL VS. MARGEN SOBRE OBSTACULOS

En la figura 13, se representa la atenuación del espacio con respecto a la transmisión libre a diferentes valores del coeficiente de reflexión R_g . Se denomina *coeficiente de reflexión* a la relación entre la intensidad de campo de la onda reflejada y la onda incidente cuando una ésta incide sobre la superficie.

Estas curvas teóricas muestran que independientemente de R_s , se obtiene el valor que corresponde al espacio libre al dejar libre un 60 % del radio de la primera zona de Fresnel, condición que se emplea para analizar los resultados de las pruebas de propagación.

La pérdida de la señal por obstrucción está en función del terreno en el punto crítico y los valores teóricos del coeficiente de reflexión pueden oscilar entre cero, para difracción de un filo agudo, y -1 para una superficie suavemente esférica. Sin embargo, nunca se logran éstos valores en la práctica a las frecuencias consideradas, sino que se puede decir que el promedio del coeficiente R_s va desde -0.2 hasta -0.3, el cual corresponde a un terreno con vegetación normal. Los valores negativos de R_s son debidos al desfase de 180° que sufre la onda al reflejarse.

Para determinar el porcentaje de visibilidad de una zona de Fresnel se aplica la siguiente expresión:

$$\%V = \left(1 - \frac{h-H}{r} \right) \cdot 100\% \quad (21)$$

Dónde:

$\%V$ = Porcentaje de visibilidad en el punto a considerar.

h = Altura corregida del punto del terreno a considerar.

H = Altura a la que se encuentra el radio de la zona de Fresnel (cuyo porcentaje de visibilidad se desea calcular) en el mismo punto.

r = Radio de la zona de Fresnel considerada en el punto bajo evaluación.

Es importante tomar en cuenta que, para mantener el nivel de la señal, no debe permitirse que el haz, durante las más adversas condiciones de atmósfera, tenga una claridad menor que 60 % dentro de la primera zona de Fresnel, ya que la mayoría de la energía transmitida esta contenida dentro de la primera zona.

Para sistemas de comunicación de muy alta confiabilidad que operan en las bandas consideradas, la condición de claridad que debe mantenerse, arriba de cualquier obstáculo, será de 60 % dentro de la primera zona de Fresnel al variar K desde un valor de $4/3$ hasta $2/3$ teniendo un margen adecuado para evitar desvanecimientos, logrando alta confiabilidad.

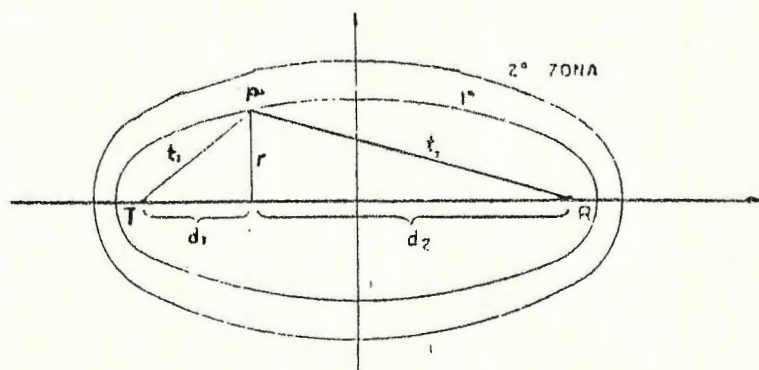


FIG. 14

ANALISIS GEOMETRICO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL

Suponiendo que existe la propagación libre a través de una atmósfera con un índice de refracción constante entre los puntos T y R de la figura 14, Para cualquier zona, la diferen-

cia entre la trayectoria entre la onda TR y la reflejada TPR debe ser n veces media longitud de onda, tal como se indica en la siguiente expresión:

$$t_1 + t_2 - (d_1 + d_2) = n \frac{\lambda}{2} \quad (22)$$

Empleando el teorema de Pitágoras:

$$t_1 = \sqrt{d_1^2 + r^2} = d_1 \sqrt{1 + \frac{r^2}{d_1^2}} \quad (23)$$

$$t_2 = \sqrt{d_2^2 + r^2} = d_2 \sqrt{1 + \frac{r^2}{d_2^2}} \quad (24)$$

Desarrollando la serie del binomio:

$$(a+b)^n = a^n + \frac{b \cdot a^{n-1} \cdot n}{1!} + \frac{n(n-1)}{2!} \cdot b^2 \cdot a^{n-2} + \dots \quad (25)$$

Sustituyendo apropiadamente los términos en la serie del binomio se puede expresar t_1 y t_2 tal como se indica en las ecs. 26 y 27.

$$t_1 = d_1 \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{r^2}{d_1^2} + \frac{\left(\frac{1}{2}\right) \left(-\frac{1}{2}\right) r^4}{2d_1^4} + \dots \right] \quad (26)$$

$$t_2 = d_2 \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{r^2}{d_2^3} + \frac{\left(\frac{1}{2}\right)\left(-\frac{1}{2}\right)r^4}{2d_2^5} + \dots \right] \quad (27)$$

y como normalmente r es mucho menor que d , se utilizan solamente los primeros términos de las series:

$$t_1 = d_1 \left(1 + \frac{r^2}{2d_1^3} \right) \quad (28)$$

$$t_2 = d_2 \left(1 + \frac{r^2}{2d_2^3} \right) \quad (29)$$

Combinando la ec. 19 con las dos anteriores:

$$t_1 + t_2 - (d_1 + d_2) = d_1 \left(1 + \frac{r^2}{2d_1^3} \right) + d_2 \left(1 + \frac{r^2}{2d_2^3} \right) - d_1 - d_2 = n \frac{\lambda}{2} \quad (30)$$

$$\therefore n \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{2} \left(\frac{d_1 + d_2}{d_1 \cdot d_2} \right) \quad (31)$$

La fórmula general que permite determinar el radio de cualquier zona de Fresnel a cualquier distancia d_1 del transmisor o d_2 del receptor es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad \forall \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (32)$$

A continuación se mostrarán dos ejemplos que evidencian la influencia que tiene el factor K sobre los perfiles del terreno.

Ejemplo 1:

Análisis de trayectoria para varios valores de K entre dos puntos A y B.

Longitud del Trayecto	30.8 Km
Altura de A sobre el nivel del mar	1,260.0 m
Altura de B sobre el nivel del mar	882.0 m
Altura de antena para punto A sobre el suelo	26.0 m
Altura de antena para punto B sobre el suelo	25.0 m
Mínima claridad para 1ª. Zona de Fresnel	23.7 m
	6 100.0 %
Coefficiente K considerado	1.33
Frecuencia de transmisión	0.9 GHz

K	Distancia Crítica desde A	Radio de 1ª Zona de Fresnel	Margen a 1ª Zona de Fresnel	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	
	Km	m	m	m	%
0.50	29.00	23.74	17.21	23.74	100.00
0.60	29.00	23.74	18.58	23.74	100.00
0.70	29.00	23.74	19.56	23.74	100.00
0.80	29.00	23.74	20.29	23.74	100.00
0.90	29.00	23.74	20.86	23.74	100.00
1.00	29.00	23.74	21.31	23.74	100.00
1.10	29.00	23.74	21.68	23.74	100.00
1.20	29.00	23.74	21.99	23.74	100.00
1.33	29.00	23.74	22.33	23.74	100.00
1.50	29.00	23.74	22.68	23.74	100.00
1.75	29.00	23.74	23.07	23.74	100.00
2.00	30.65	7.14	23.34	7.14	100.00
2.25	30.65	7.14	23.36	7.14	100.00
2.50	30.65	7.14	23.37	7.14	100.00
∞	30.65	7.14	23.52	7.14	100.00

TABLA #1

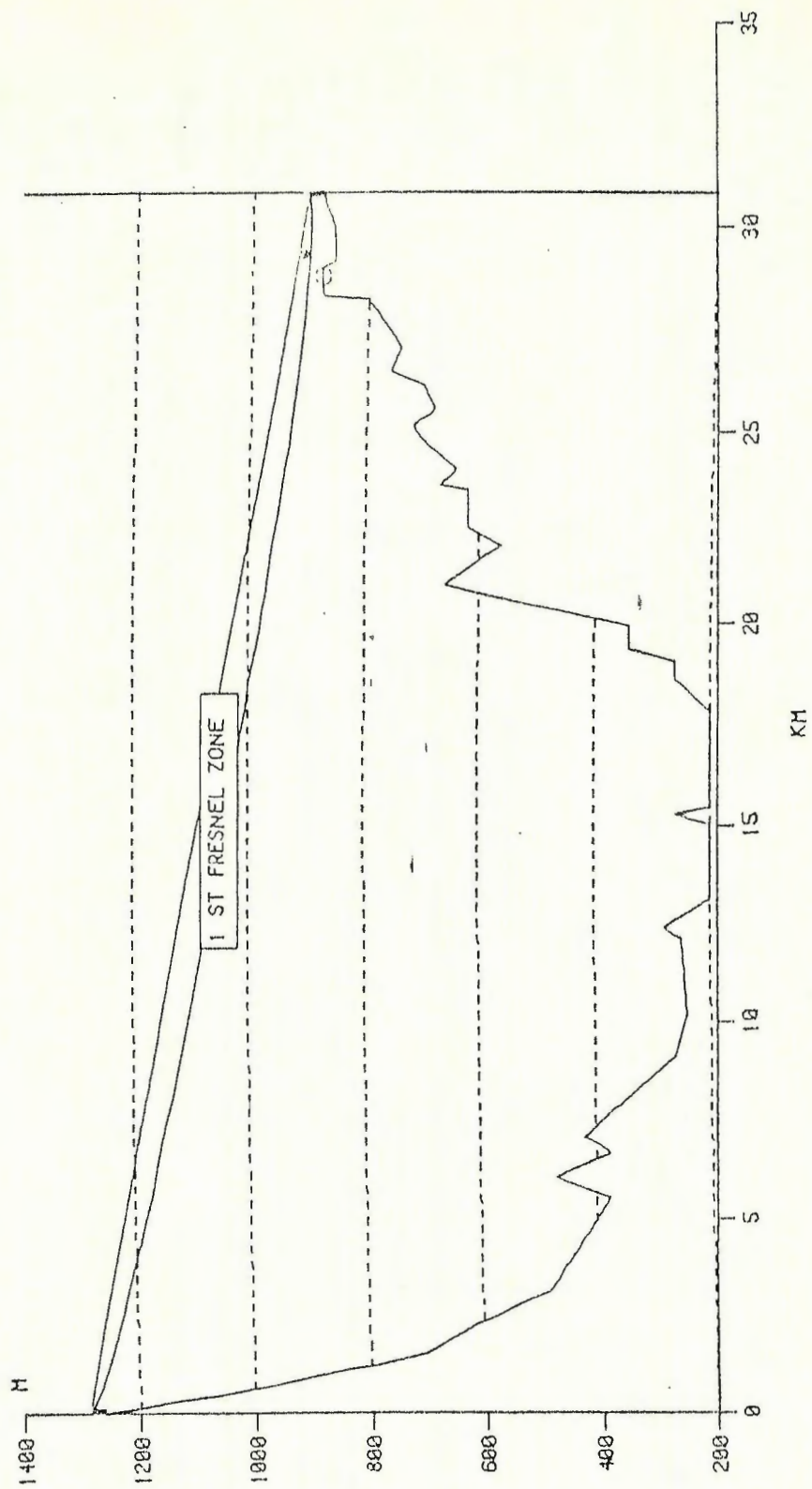


FIG. 15

Ejemplo 2:

Análisis de trayectoria para varios valores de K entre dos puntos C y D.

Longitud del Trayecto 50.0 Km

Altura de C sobre el nivel del mar 1,020.0 m

Altura de D sobre el nivel del mar 1,000.0 m

Altura de antena para punto C sobre el suelo 19.0 m

Altura de antena para punto D sobre el suelo 21.0 m

Mínima claridad para 1ª. Zona de Fresnel 25.3 m

ó 100.0 %

Coefficiente K considerado 1.33

Frecuencia de transmisión 0.9 GHz

K	Distancia Crítica desde C	Radio de 1ª Zona de Fresnel	Margen a 1ª Zona de Fresnel	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	
				m	%
0.50	48.00	25.27	-8.62	16.65	65.89
0.60	48.00	25.27	-6.11	19.16	75.83
0.70	48.00	25.27	-4.31	20.96	82.93
0.80	48.00	25.27	-2.97	22.30	88.26
0.90	48.00	25.27	-1.92	23.35	92.40
1.00	48.00	25.27	-1.08	24.18	95.71
1.10	48.00	25.27	-0.40	24.87	98.42
1.20	48.00	25.27	0.17	25.27	100.00
1.33	48.00	25.27	0.79	25.27	100.00
1.50	48.00	25.27	1.43	25.27	100.00
1.75	48.00	25.27	2.15	25.27	100.00
2.00	48.00	25.27	2.68	25.27	100.00
2.25	48.00	25.27	3.10	25.27	100.00
2.50	48.00	25.27	3.44	25.27	100.00
∞	48.00	25.27	6.45	25.27	100.00

TABLA #2

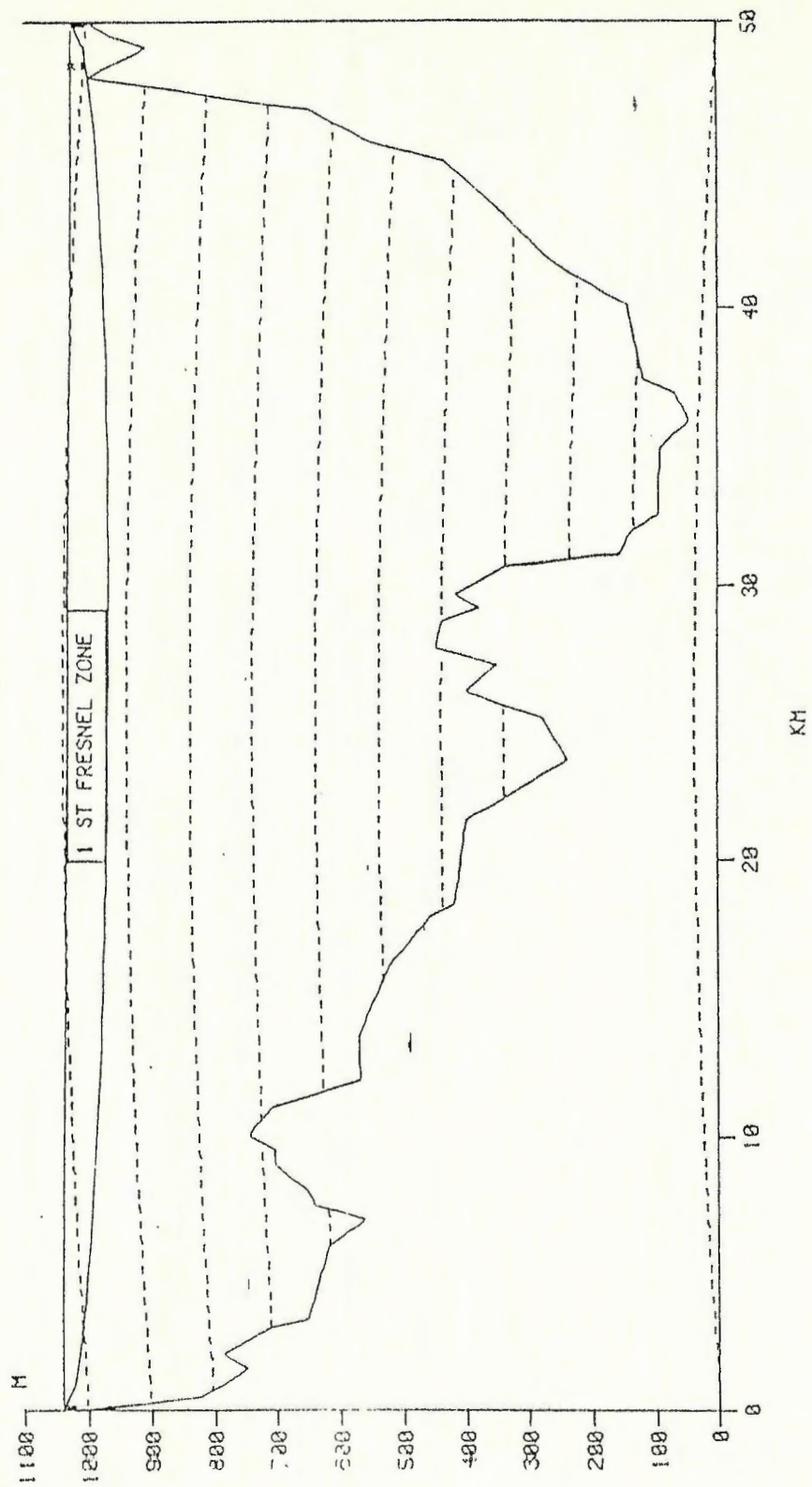


FIG. 16

En el ejemplo 1 se ilustra el análisis de una trayectoria con visibilidad del 100 %, lo cual indica que no existen obstrucciones representativas que influyan en la transmisión.

En el ejemplo 2, por el contrario, se muestra una trayectoria parcialmente obstruida para determinados valores de K .

En las tablas se consideran los diferentes valores asumidos por K , así como la distancia desde el primer punto considerado hasta el lugar en donde se encuentra un posible o posibles obstáculos, el radio de la primera zona de Fresnel, considerado en el lugar analizado, el margen hacia la primera zona de Fresnel, así como el nivel de claridad o margen de claridad que existe en este punto.

La claridad de la primera zona de Fresnel es expresada tanto en valores absolutos (en metros), como relativos (en forma porcentual).

De acuerdo a lo visto anteriormente, el valor de $K = 4/3$ prevalece la mayor parte del tiempo, y es usado como punto de partida para los análisis de visibilidad. Los otros valores considerados dan una idea acerca de los cambios que pueden ocurrir al variar diversas condiciones atmosféricas, produciendo variaciones en las alturas aparentes del terreno.

2.7 DESVANECIMIENTOS

Se denomina *desvanecimiento* a toda disminución del nivel de la señal recibida con respecto al nivel que se obtiene en condiciones normales. A la diferencia entre el nivel normal y el nivel recibido con desvanecimiento se le llama *profundidad* del desvanecimiento.

Como consecuencia del desvanecimiento el valor instantáneo de la potencia o del campo recibido no es constante, sino una variable aleatoria. Generalmente se considera que el valor medio de ésta variable corresponde al nivel de recepción normal.

Se denomina *duración* de un desvanecimiento al intervalo de tiempo que media entre la disminución y recuperación del nivel normal. De acuerdo con su duración, los desvanecimientos pueden ser catalogados como lentos o rápidos.

Los desvanecimientos pueden ser clasificados también como selectivos o planos, según que varíe su intensidad o no dentro de una banda estrecha de frecuencias (la correspondiente a la modulación de la portadora). Los desvanecimientos selectivos producen una distorsión en el espectro de la portadora modulada, que se traduce en una grave distorsión en la información recibida o incluso en su pérdida.

Por último se clasifica a los desvanecimientos atendiendo a los fenómenos que los ocasionan:

- a) Desvanecimientos por atenuación, y
- b) Desvanecimientos por trayectos múltiples.

En cualquier momento pueden ocurrir los desvanecimientos mencionados solos o en combinación.

En los radioenlaces con visibilidad directa, la causa primaria de desvanecimientos es la variación irregular del índice de refracción atmosférico.

Para poder visualizar fácilmente los efectos de la atmósfera sobre la propagación se emplean curvas que presentan la variación del coíndice N de refracción con respecto a la altura sobre la tierra.

Los valores del coíndice se emplean al efectuar mediciones meteorológicas. En una atmósfera normal ($K = 4/3$) el índice de refracción aumenta, como se explicó anteriormente, en forma lineal con respecto a la altura sobre la Tierra y la inclinación de la curva representa la magnitud del doblez del haz de las ondas con respecto a la Tierra, tal como se explica en los siguientes párrafos.

La condición normal prevalece durante casi todo el día cuando las corrientes de aire caluroso por convección y los vientos, mantienen la atmósfera en un flujo de corrientes de aire constantes y homogéneas.

Durante otros tiempos ocurren efectos no lineales de temperatura, humedad y presión que causan irregularidades en las curvas

del índice de refracción que, a su vez, son causas de desvanecimientos.

Al atardecer y durante la noche el calor es radiado por el suelo y distribuido a las capas de la atmósfera que se encuentran cerca de la Tierra, creando así una inversión de temperatura y cambios en la humedad de la atmósfera. Dependiendo de la evaporación que ocurra simultáneamente y del estado de la atmósfera, se distorsiona la curva del índice de refracción y da como resultado que el haz se invierte y se dobla hacia arriba aumentando su curvatura y disminuyendo la señal recibida, según se muestra en la fig. 17a. En la cercanía de la superficie terrestre éste efecto equivale a una variación de K desde $4/3$ a $K = 2/3$, debido a que la pendiente de la curva disminuye. En ciertos casos puede ocurrir lo contrario, si la pendiente aumenta se invierte el haz hacia abajo, la señal también bajará y tendrá las variaciones que se muestran en la fig. 17c. Esta condición se debe a poca humedad y a un aumento de la temperatura con respecto a la altura del terreno y, en ciertos casos, puede ocurrir debido a las temperaturas relativas que se encuentran entre los lagos y la tierra.

Si aire caliente y seco pasa sobre la tierra fría, se evapora la humedad y se pueden formar capas en la atmósfera muy bien definidas, las cuales dan como resultado la formación de ductos o canales atmosféricos. La curva del índice de refracción tendrá la forma indicada en la fig. 17d. El mismo efecto de ducto puede formarse en regiones de alta presión al bajar grandes masas de aire que chocan con la Tierra y se dispersan.

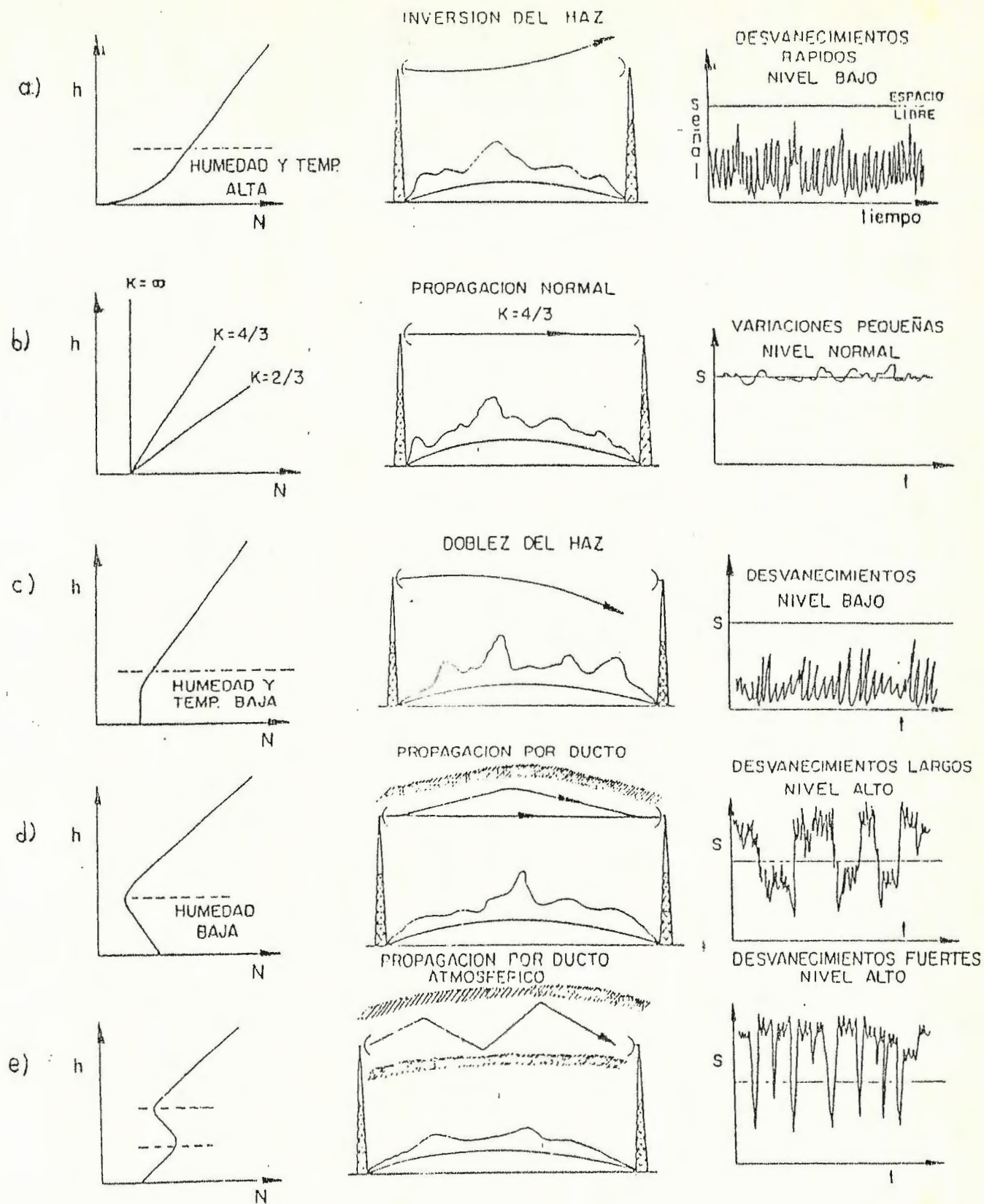


FIG. 17
DESVANECIMIENTOS

Sin embargo, en regiones de baja presión el aire que sube y los vientos que se forman mantienen la atmósfera homogénea y favorecen la propagación normal.

Puede presentarse el caso de regiones montañosas¹ donde se forma mucha neblina por enfriamiento del suelo al atardecer o por el flujo de aire caliente sobre la tierra fría. La neblina consta de pequeñas gotas formadas al cambiar el agua del estado gaseoso al líquido, manteniendo la cantidad total de agua constante, por lo que no habrá grandes cambios en el índice de refracción.

La inversión normal de la temperatura dentro de la neblina puede ocasionar la condición descrita en la fig. 17a con una ligera inversión del haz acompañada por un nivel bajo de la señal que subsiste hasta que desaparezca la neblina.

Las gotas de la neblina y de lluvia normal tienen un efecto despreciable sobre la propagación y presenta poca pérdida de la señal por atenuación.

La fig. 17e muestra la condición de un ducto elevado formado por dos capas que mantienen las ondas atrapadas aumentando la señal recibida cuando ambas antenas se encuentran dentro del ducto y produciendo desvanecimientos fuertes debido a las condiciones variables del mismo.

Desvanecimientos por atenuación ocurren bajo condiciones de inversión o doblez del haz cuando el obstáculo no se libra lo suficiente para compensar las variaciones de la curvatura del haz, la señal será como se muestra en las figs. 17a y 17c.

Estos desvanecimientos pueden evitarse aumentando la altura de las antenas, sin embargo, pueden ocurrir desvanecimientos por atenuación al atraparse las ondas por ductos atmosféricos y si el transmisor o el receptor se encuentran fuera del ducto atmosférico puede disminuirse la señal considerablemente durante mucho tiempo o por cortos instantes, según sea el caso (figs. 17d y 17e).

Por lo antes expuesto puede concluirse que los desvanecimientos por atenuación son lentos y de larga duración. Como el radio de Fresnel depende de la frecuencia, este tipo de desvanecimiento también varía con la frecuencia, pero a gran escala, es decir de una banda a otra, pero no dentro de la misma banda; por consiguiente, se trata de un desvanecimiento plano.

Los desvanecimientos por trayectos múltiples se deben a la interferencia entre el rayo directo y otros que alcanzan la antena receptora con diversos ángulos, tras recorrer otros trayectos de propagación (por reflexiones en el suelo o en capas atmosféricas).

La señal resultante es la suma de una componente prácticamente constante (rayo directo) y otras componentes de amplitud variables y fases aleatorias.

Las causas principales de los desvanecimientos por interferencia se atribuyen a las variaciones de la temperatura, presión y humedad que continuamente ocurren en la atmósfera, dando como consecuencia que puedan existir varias trayectorias de las ondas entre el transmisor y receptor, ya sea por reflexiones en la atmósfera o en la Tierra. Cada trayectoria tiene diferente

longitud y se suma o se resta de la onda directa, dependiendo de la fase de la trayectoria de las ondas, dando como resultado que en cualquier instante la señal recibida será la suma vectorial de todas las ondas contribuyentes de diferentes trayectorias y puede mejorar o cancelar la señal recibida.

Las variaciones de la señal recibida, calculadas estadísticamente siguen las distribuciones de probabilidades de Rayleigh siempre que todas las componentes sean de una amplitud mediana similar. Dicha distribución de probabilidades viene dada en función del porcentaje del tiempo de observación y potencia referida al nivel normal, tomando como variables paramétricas la distancia del trayecto o la frecuencia de operación.

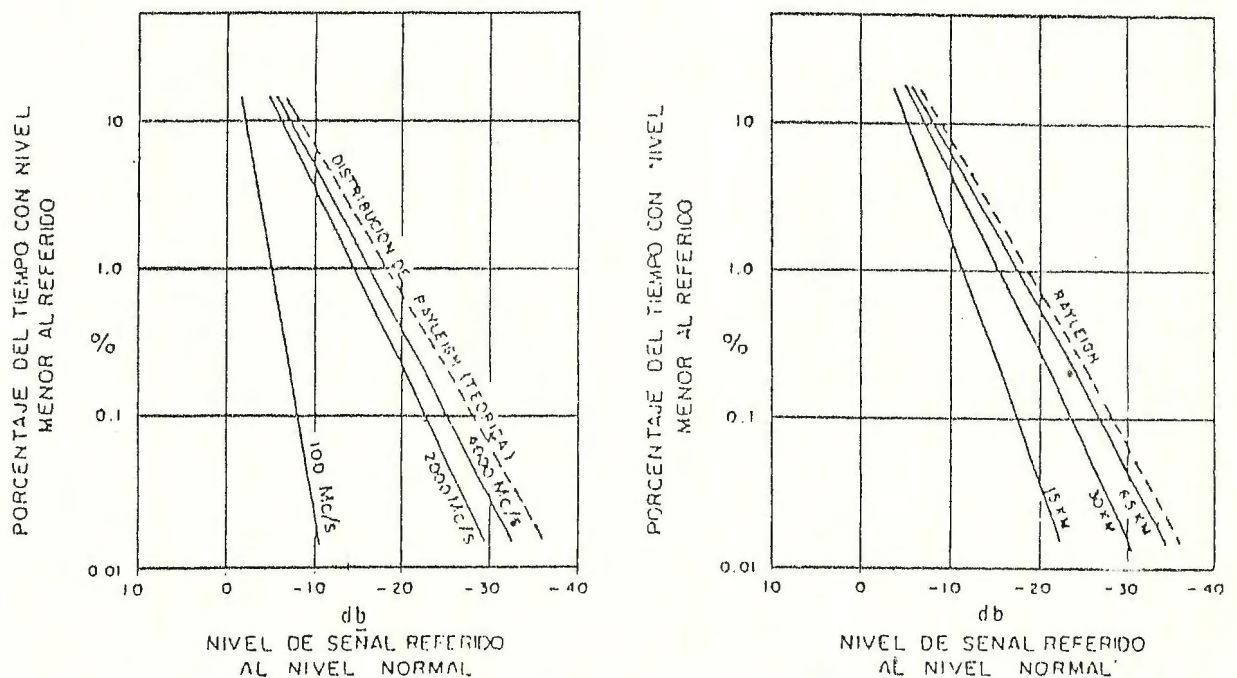


FIG. 18
DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE RAYLEIGH

Los desvanecimientos por trayectos múltiples son selectivos en frecuencia y rápidos. Generalmente se presentan de noche durante los días de verano con tiempo despejado.

Para que los desvanecimientos no afecten al sistema es necesario tomar las precauciones del caso. Para garantizar una adecuada operación ante desvanecimientos por atenuación es necesario proveer una potencia de salida suficientemente alta y un margen adecuado contra desvanecimientos en el receptor.

En el caso de desvanecimientos por trayectos múltiples se pueden emplear métodos para operación en diversidad, ya sea de frecuencia o/y de espacio.

El margen de seguridad contra desvanecimientos debe ser alrededor de 30 dB para lograr cierto grado de confiabilidad y de 40 dB para mejorar dicha característica. Además es recomendable mantener la longitud de los tramos entre 20 y 60 kilómetros, ya que el desvanecimiento puede incrementarse al aumentar la longitud del tramo.

El promedio de las longitudes de los tramos de un sistema que opera en la banda de los 4 GHz debe ser alrededor de 50 kilómetros.

Normalmente se considera que los desvanecimientos en varios tramos de un sistema no ocurren simultáneamente ni tienen relación entre sí.

Desvanecimientos fuertes pueden ocurrir en los tramos de propagación que atraviesan sobre terrenos planos o sobre agua

debido a que las ondas reflejadas pueden cancelar por completo la señal recibida. Estos efectos pueden disminuirse, si el terreno lo permite, localizando una antena en un punto alto y la otra en uno bajo manteniendo así la diferencia de fase entre la onda directa y la reflejada relativamente constante, debido a que el área de las reflexiones se sitúa en la cercanía de la antena baja y no cambiará mucho cuando varíe el factor K . Si los desvanecimientos son demasiado fuertes, debe buscarse otra ruta para el sistema de microondas.

Como se indicó antes, las capas atmosféricas se originan a consecuencia de bruscos cambios de temperatura y humedad. Por lo general estas capas son bastante estables; típicamente se forman a alturas elevadas, con espesores de unos 3 metros y unos 10 kilómetros de longitud. A veces se desplazan lentamente en dirección vertical provocando reflexiones dentro y fuera de fase.

Este tipo de problemas se puede solucionar utilizando antenas más grandes aplicando cualquier tipo de diversidad, o/y polarización vertical.

Se tiene preferencia por la polarización vertical, ya que con ella se tienen menores desvanecimientos; esto se debe a que ondas polarizadas verticalmente proveen de un poco más de energía a la antena receptora que las ondas polarizadas horizontalmente. Sin embargo, al mismo tiempo, una onda polarizada verticalmente es más susceptible al ruido.

CAPITULO III

RADIOENLACES EN LAS BANDAS DE UHF Y SHF

El objeto de un radioenlace es constituir un portador radio-eléctrico que proporcione una ancho de banda determinado para la transmisión de información con continuidad y confiabilidad superiores a unos mínimos especificados.

Los enlaces con microondas se han utilizado desde la Segunda Guerra Mundial y, aunque su evolución se interrumpió por la prioridad que se dió a los sistemas de radar, se beneficiaron de la aparición de ciertos dispositivos.

En lo que a los tipos de modulación utilizados se refiere, cuando los sistemas de conmutación y transmisión de las redes de telecomunicaciones eran completamente analógicos, es decir, hasta fines de los años setentas se utilizaban casi exclusivamente sistemas de radioenlaces con portadoras moduladas en frecuencia (FM). Las excepciones se daban en rutas con tráfico extremadamente denso y con muy pocas derivaciones intermedias, en las cuales era más apropiada la modulación en amplitud con banda lateral única (SSB-AM).

Cuando se empezaron a introducir las centrales de conmutación digitales, la transmisión analógica dejó de ser la solución más adecuada; por tal motivo fue desarrollada la primera generación de radioenlaces digitales, en los que se utilizaba preferentemente las modulaciones QPSK y 16 QAM.

Los sistemas de radioenlace son similares a los de transmisión multiplex por línea, cable o fibra óptica, salvo que el portador no es físico, sino radioeléctrico. La elección entre uno y otro depende de factores económicos y de seguridad. Por ejemplo, para distancias cortas el cable resulta más económico; sin embargo, en la medida en la que la distancia a enlazar son mayores, el costo de canal por kilómetro crece para el cable hasta que se iguala o supera el de un sistema de radio equivalente. Por otra parte, no solo influye la distancia, sino también las condiciones geográficas y de instalación.

3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS RADIOENLACES

Al ser comparados con otros sistemas de transmisión, los radioenlaces muestran ciertas ventajas e inconvenientes respecto a ellos. A continuación se citan las principales ventajas:

- a) Volumen de inversión generalmente más reducido.
- b) Instalación más rápida y sencilla.
- c) Conservación generalmente más económica y de actualización rápida.
- d) Pueden superarse las irregularidades del terreno.
- e) La regulación solo debe aplicarse al equipo, no al medio de transmisión.

Como puede notarse, las ventajas de los radioenlaces no se encuentran solo sobre terrenos inaccesibles o en la rapidez en la instalación de las redes; muchas veces el radioenlace se convierte en la única alternativa razonable en ciertas regiones

densamente pobladas, donde el tendido de cables enfrenta serios problemas.

En cuanto a los inconvenientes se pueden citar los siguientes:

- a) Restricción a tramos con visibilidad directa para los enlaces convencionales.
- b) Necesidad de acceso adecuado a estaciones repetidoras, en las que hay que disponer de energía, acondicionamiento y toda la infraestructura apropiada para la conservación de los equipos.
- c) Aunque la segregación es posible y se realiza, no es tan flexible como en los sistemas por cable.
- d) Condiciones atmosféricas adversas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica el uso de sistemas adicionales para solventar dicho problema.
- e) La gran linealidad requerida en los repetidores supone un importante problema de diseño en radioenlaces analógicos.

A menudo, las localidades que se pretende enlazar están demasiado alejadas y, además, puede que el relieve terrestre las oculte, teniendo que recurrirse a otro medio de transmisión o al uso de repetidores.

Además, muchas veces dichas localidades no se prestan a la creación de estaciones por causas de origen técnico, estético o económico. A estos motivos se añaden diversas molestias provocadas por organismos administrativos o políticos responsables de las localidades.

A nivel mundial la situación en las redes de transmisión se caracteriza por la competencia entre los radioenlaces y la fibra óptica. Mientras que la capacidad de las fibras ópticas puede ser incrementada a discreción aumentando la cantidad de fibras, la capacidad de los radioenlaces está acotada por las reservas limitadas de radiofrecuencia.

3.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE

La mayor parte de los radioenlaces son bidireccionales. Ambas direcciones de flujo de información utilizan el mismo trayecto y las mismas antenas.

Un radioenlace está constituido por estaciones terminales y repetidores intermedios. En la fig. 19 se da una representación esquemática. En las figs. 19a y 19b se ilustran la planta y perfil topográficos del enlace y en la fig. 19c se representa un esquema de bloques ilustrativo de la terminología que se utiliza. La distancia entre estaciones se llama *Vano*.

Las estaciones terminales ejercen tres funciones:

- 1a) Modular y demodular.
- 2a) Emitir y recibir.
- 3a) Colocar las antenas a la altura adecuada para asegurar visibilidad.

Los repetidores pueden ser activos o pasivos.

Los repetidores tienen por objeto salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y las alteraciones del

terreno, así como permitir que la señal llegue hasta el receptor de forma adecuada.

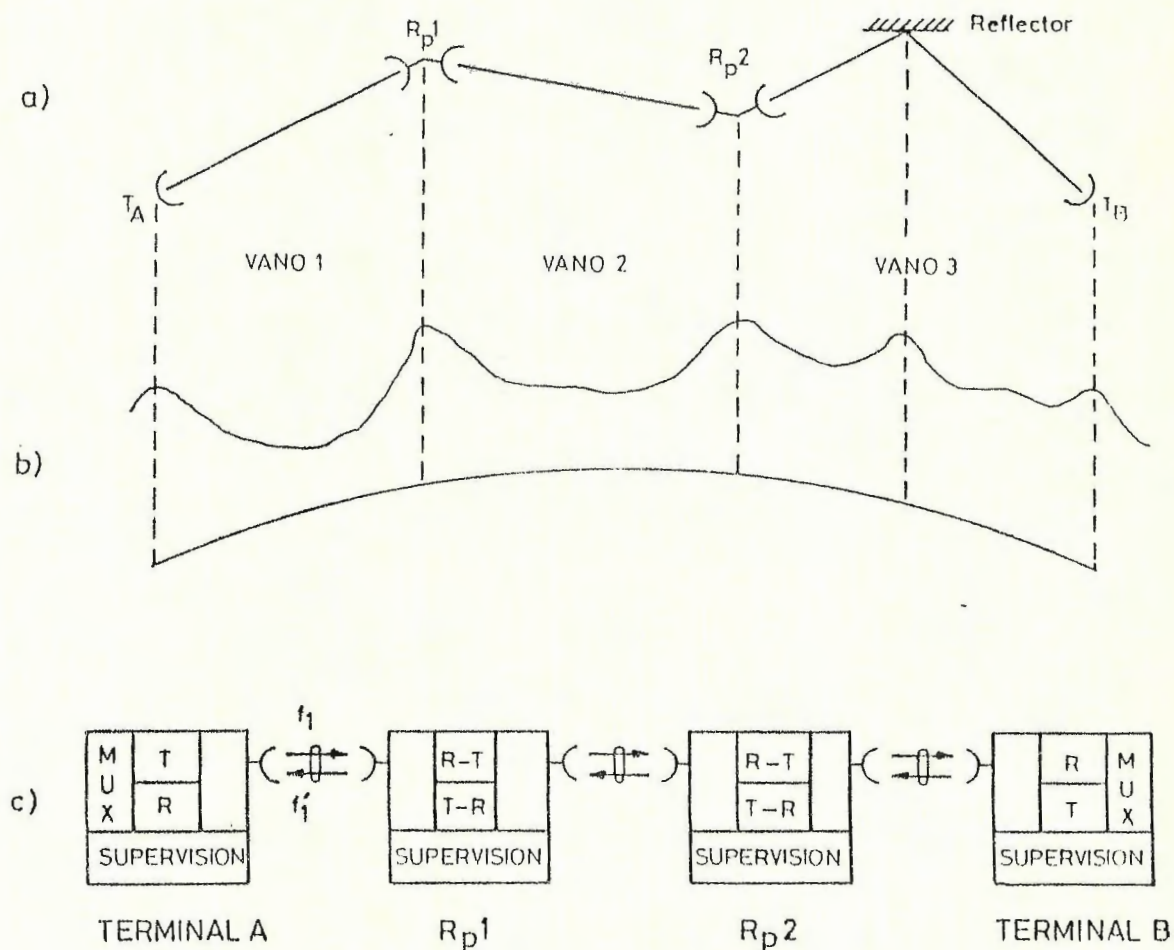


FIG. 19
ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE

Los repetidores activos involucran procesamiento de señal. Constan de un conjunto transmisor-receptor para cada sentido de transmisión (R-T y T-R).

En transmisiones analógicas ejercen dos funciones principales:

- 1a) Proporcionar una adecuada elevación a las antenas.
- 2a) Amplificación y reemisión de la señal recibida sin que ésta experimente otro tipo de procesamiento que no sea una transposición de frecuencia.

En transmisiones digitales, además de las funciones antes descritas, a los repetidores activos corresponde la función de trasladar nuevamente la señal a banda base y procesarla a fin de devolverle su forma original; a tal proceso se le llama *regeneración*.

Los repetidores pasivos se limitan a ubicar adecuadamente las antenas y cambiar la dirección del haz radioeléctrico, por lo que comúnmente se les llama *Reflectores*.

La utilización de este tipo de repetidores se encuentra restringida a enlaces en los cuales el haz radioeléctrico se asemeja grandemente a un haz de luz (es decir, cuando el haz se encuentra bastante concentrado), de manera que son aplicables las leyes de la reflexión. Tal semejanza se vuelve mayor en la medida que la frecuencia de operación aumenta. Por tal motivo, en la banda de UHF el uso de repetidores pasivos es prácticamente nulo.

El esquema de la fig. 19c comprende los terminales A y B, dos repetidores activos Rp_1 y Rp_2 y un reflector.

En los proyectos de los sistemas de radioenlaces se procura elegir las alturas de las antenas de manera que se den condiciones de propagación de espacio libre o, al menos, muy

cercanas a ellas. En tal sentido, es necesario despejar los obstáculos más desfavorables con suficiente margen. También debe tenerse en cuenta la influencia del clima en el valor del parámetro K (el cual controla la curvatura aparente de la Tierra) y sus variaciones.

Como puede notarse en la fig. 19, tanto las estaciones terminales como los repetidores activos incluyen etapas de supervisión. Los sistemas de supervisión tienen por finalidad obtener la máxima información posible sobre el estado del radioenlace en un momento dado, así como facilitar la operación y mantenimiento de las estaciones.

En un sistemas de radioenlaces debe distinguirse entre las *estaciones atendidas*, o con personal y aquellas *no atendidas*, a las que el personal acude únicamente con el objeto de realizar operaciones de mantenimiento. El sistema de supervisión debe ser capaz de transmitir cierto número de señalizaciones que informen acerca del estado del equipo en las estaciones no atendidas.

Una sección de supervisión está constituida por un conjunto de estaciones no atendidas, las cuales dependen de la misma estación supervisora (centro de supervisión).

Las informaciones transmitidas deben permitir localizar con exactitud el equipo que ha sufrido avería. Estas señales tienen su origen en las estaciones no atendidas y son transmitidas automáticamente al centro de supervisión. El sistema en cuestión puede también tener posibilidad de establecer la transmisión de señales en sentido inverso, es decir, del centro

de supervisión a la estación no atendida; se trata entonces de *señales de telemando*.

También se muestran en el esquema de la figura 19 algunas etapas de multiplex, ya que un radioenlace puede ser capaz de manejar varios radiocanales. Se entiende por *radiocanal* una portadora de ida y retorno con su señal moduladora. En consecuencia, un radioenlace de n radiocanales con una capacidad de C canales telefónicos cada uno de ellos, se comporta como n radioenlaces de C canales telefónicos yuxtapuestos sobre el mismo trayecto. La capacidad total es de $n \cdot C$ canales telefónicos.

3.3 ESQUEMA BASICO DE UN ENLACE

A continuación se procede a explicar el esquema básico de un enlace monovano, para luego detallar las características de uno con repetidores.

3.3.1 Enlace Monovano

Se presenta en la figura 20 un esquema general de enlace de un solo vano, con el fin de que se adquiriera una idea tecnológica general de la constitución del equipo e introducir los parámetros básicos que intervienen en la planificación y proyecto de los enlaces.

El esquema de la figura 20 ilustra un radiocanal genérico denotado por "1". Los equipos son transceptores, es decir,

transmisores y receptores en el un solo bastidor que comparte nel mismo sistema radiante. Se han omitido los bloques correspondientes a las etapas de supervisión y conmutación con el objeto de simplificar el análisis del sistema.

En el lado de transmisión la señal se aplica a una etapa de tratamiento y a un modulador. La modulación suele hacerse en una frecuencia llamada *Frecuencia Intermedia* (FI). Un valor habitual de FI es 70 MHz. Luego se traslada el espectro de la señal modulada a la portadora del radiocanal en un Convertidor Elevador de Frecuencia. A continuación se hace pasar la señal por un Amplificador No Lineal a fin de lograr mayor rendimiento. En algunos casos, el equipo no efectúa el traslado a frecuencia intermedia y la banda base es directamente trasladada a la radiofrecuencia que corresponde al radiocanal. Después se aplica la señal a un Filtro para eliminar componentes indeseadas.

En las instalaciones de cada estación, dada la importancia de las alturas de las antenas, se suele compartir una antena por varios radiocanales. Ello da lugar a una particular circuitería que comprende filtros y circuladores para combinar las señales de los radiocanales y encaminarlas a la antena común, debiéndose mantener un alto grado de aislamiento entre los diferentes trayectos para evitar interacciones mutuas.

En el esquema se conectan, en el lado de transmisión, los radiocanales "1" y "2" y se extraen los "1'" y "2'", procedentes del otro extremo.

En el lado de recepción, existe una circuitería similar que se encarga de la extracción de canales. El radiocanal "1" se aplica a un filtro y a un amplificador de RF.

Posteriormente, un Convertidor Reductor de Frecuencia traslada la señal a FI. A continuación, la señal se procesa en un amplificador de FI de ganancia variable, controlada por un lazo de control automático de ganancia (CAG), tras de lo cual se aplica al demodulador y es objeto de un tratamiento posterior para obtener la banda base. Si el sistema es del tipo que no efectúa traslado a frecuencia intermedia, tanto el convertidor reductor como el amplificador de FI son omitidos, así que la amplificación y el CAG se realizan a nivel de banda base.

El objeto del control automático de ganancia es mantener constante, dentro de ciertos límites, el nivel de portadora aplicado al demodulador. Para ello éste extrae una señal de control proporcional a dicho nivel, que se realimenta al amplificador de FI. Si el nivel tiende a disminuir (como consecuencia de un desvanecimiento, por ejemplo), se aumenta la ganancia del amplificador, reduciéndose en cambio cuando el nivel aumenta.

3.3.2 Enlace con Repetidores

Como ya se ha indicado, los repetidores tienen la misión de aumentar el alcance del radioenlace.

Básicamente el repetidor activo es un conjunto Receptor-Transmisor con cambio de frecuencia y amplificación de la señal de FI.

En contraste con las estaciones terminales, en los repetidores no es efectuada ninguna inyección o derivación en el tráfico principal, salvo en ocasiones donde una estación repetidora es utilizada como derivadora de banda base en forma parcial; consecuentemente no suelen ser necesarios los traslados a banda base y lances sucesivos son usualmente interconectados a nivel de frecuencia intermedia. En los radioenlaces digitales puede ser necesaria la regeneración, para lo cual si hay que efectuar el traslado a banda base.

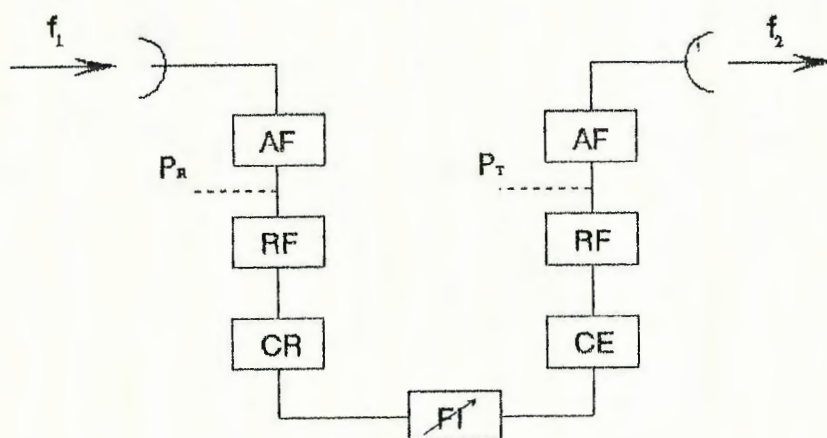


FIG. 21
ESTRUCTURA BASICA DE UN REPETIDOR ACTIVO

En la figura 21 se representa el esquema de bloques de un repetidor activo para un radiocanal de entrada de frecuencia f_1 , que sale del repetidor en frecuencia f_2 . Para mayor sencillez no se representan las unidades funcionales del circuito de retorno, ni las etapas de supervisión.

La señal recibida pasa por el bloque de Acoplador de Antena y Filtros al Amplificador de RF, tras de lo cual en el Convertidor Reductor (CR) se traslada a FI. La etapa de FI tiene una etapa que tiende a modificar automáticamente la ganancia para compensar el desvanecimiento.

Luego, en el lado de transmisión del repetidor, la señal pasa a un Convertidor Elevador que la sitúa en la frecuencia portadora f_2 de salida, tras de lo cual se amplifica y se aplica al Filtro y circuito de Acople a la Antena.

3.4 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA RADIANTE

En un sistema de radioenlaces se trata de ubicar las antenas en puntos apropiados (fuera de edificios y en alto) con el objeto de que las ondas electromagnéticas se propaguen alejadas de obstáculos; por consiguiente, las antenas deben ser conectadas a los equipos de transmisión y recepción mediante determinadas líneas de transmisión, llamadas *alimentadores de antena* o *líneas de antena*.

Aprovechando la propiedad de las antenas de poder operar como transmisoras y receptoras a la vez, en enlaces bidireccionales se suele emplear una sola antena en cada extremo; por tal motivo se hacen necesarios ciertos dispositivos que se encarguen de efectuar la separación de la señal que llega a la antena y la que sale de la misma.

El conjunto de la antena, línea, elementos de separación y otros dispositivos eventuales, recibe el nombre de *sistema*

radiante. A continuación se describen las características de las partes que constituyen dicho sistema.

3.4.1 Antenas

La antena es una estructura capaz de recibir y emitir ondas electromagnéticas a través del espacio libre.

3.4.1.1 Propiedades

Las propiedades eléctricas de una antena son caracterizadas por los siguientes parámetros:

a) **Impedancia:**

Considerando la antena transmisora como la carga del generador correspondiente al transmisor (o a la antena receptora como la fuente que alimenta al equipo de recepción), a través de la línea, ésta presenta una impedancia característica; dicha impedancia tiene una componente resistiva y otra reactiva.

La componente resistiva es la suma de la resistencia óhmica propia del conductor que constituye la antena y una resistencia de radiación cuyo valor es el de la resistencia equivalente que disiparía la misma potencia que la antena irradia al espacio.

La componente reactiva de la antena está asociada a las dimensiones de ésta. Existe una frecuencia de resonancia a la cual la antena se comporta como un elemento puramente

resistivo; arriba de la frecuencia de resonancia, la antena exhibe un comportamiento inductivo y abajo de ella prevalece la componente capacitiva.

b) Eficiencia:

Se define como la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia total entregada a ella. Una resistencia de alta eficiencia posee una resistencia de radiación cuyo valor es sumamente elevado con relación al de su resistencia óhmica.

c) Directividad:

Se define como la relación entre la energía irradiada en la dirección de máxima radiación de la antena (sin considerar pérdidas) y la que sería irradiada por una antena de referencia isotrópica (también sin pérdidas) en una dirección cualquiera, suponiendo que ambas irradian la misma potencia total.

d) Diagrama de Radiación:

Es una representación polar de la distribución espacial de la potencia que la antena puede radiar o recibir. Depende del tipo y del tamaño de la antena.

En la figura 22 se observa el diagrama de radiación de una antena no especificada. Entre más angosto sea el ancho del haz, más direccional es la antena.

En diagrama de radiación ilustrado en dicha figura, el haz primario forma 90° con el eje de referencia y es llamado

lóbulo mayor. Hay también un haz secundario o *lóbulo menor* a 180° de la referencia.

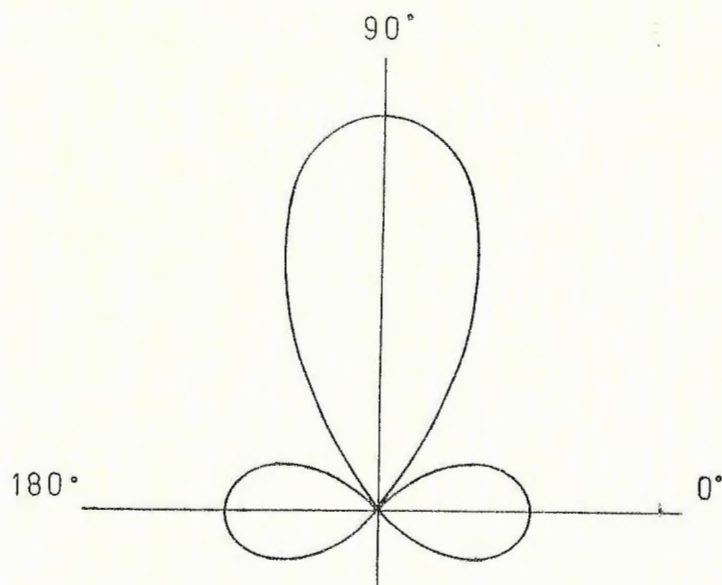


FIG. 22
DIAGRAMAS DE RADIACION

Debido a que el lóbulo mayor recibe y propaga la mayor cantidad de energía, también se le denomina *lóbulo frontal* o *lóbulo principal*. Los lóbulos adyacentes a éste son llamados *lóbulos laterales* (el lóbulo menor ubicado a 180° de la referencia es lateral), y los lóbulos en la dirección opuesta al frontal se llaman *lóbulos posteriores* (no existen lóbulos posteriores en el diagrama de radiación mostrado).

e) Ancho del Haz:

Es el ángulo entre los puntos del lóbulo principal que corresponden a la mitad de la potencia irradiada en la dirección de máxima radiación (puntos de 3 dB). Es un Índice de cuan concentrado se encuentra el haz.

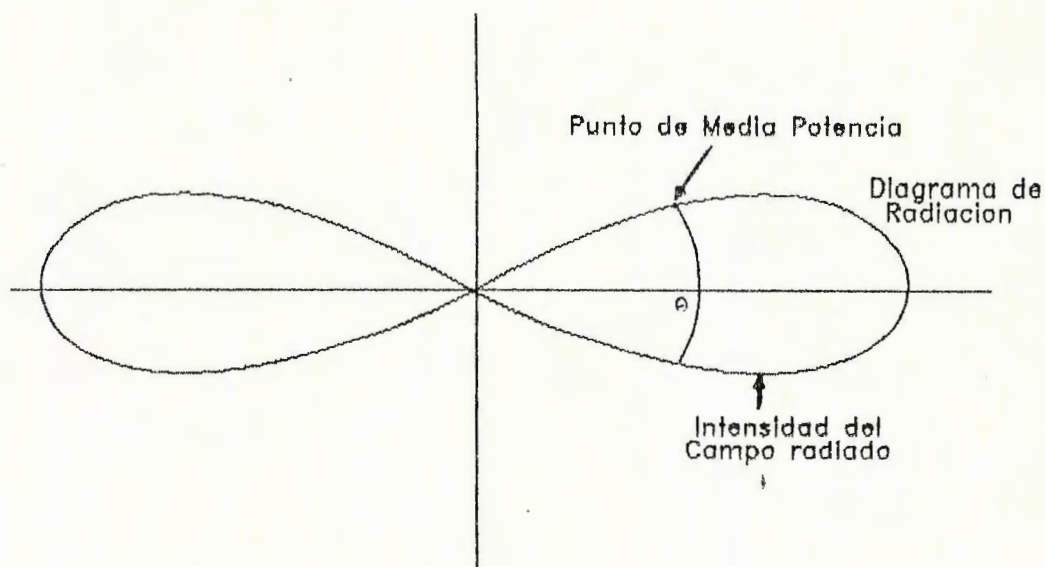


FIG. 23
ANCHO DEL HAZ

f) Relación Frente-Posterior:

La radiación de energía en dirección opuesta al máximo del diagrama (lóbulo frontal) es normalmente indeseable en las antenas utilizadas en enlaces punto a punto. Este efecto es medido por la Relación Frente-Posterior ("Front to back ratio" o "FBR"), la cual normalmente se define como la relación entre las potencias transmitidas (o recibidas) en la dirección de máxima radiación del lóbulo frontal y en la dirección opuesta a ese máximo.

En algunos casos se le define como la razón entre las potencias irradiadas dentro del eje definido por los puntos de -3 dB del lóbulo principal y una cierta región opuesta al máximo, delimitada por un ángulo θ .

e) Ganancia:

Se define como la relación entre la energía irradiada en la dirección de máxima radiación de la antena (considerando pérdidas) y la que sería irradiada por una antena de referencia isotrópica en una dirección cualquiera cuando ambas reciben del transmisor la misma potencia.

El término ganancia tiene la una interpretación semejante al de directividad y es, por lo tanto, el producto de ésta por su eficiencia, ya que en ella se consideran las pérdidas.

La ganancia no debe ser erróneamente considerada como una amplificación de la potencia, sino como la capacidad que tiene la antena de concentrar en la dirección de interés la potencia que sería irradiada en otras direcciones por la antena de referencia.

g) Ancho de Banda de Operación:

Dado que la antena tiene un comportamiento reactivo a frecuencias diferentes de la de resonancia, al desplazarse de ésta produce atenuaciones en el nivel de potencia. Las frecuencias a las cuales la potencia disminuye 3 dB del valor que se tiene a la frecuencia de resonancia delimitan el ancho de banda de operación de la antena.

h) Polarización:

La polarización de la antena está ligada a la orientación del vector campo eléctrico de la onda electromagnética radiada.

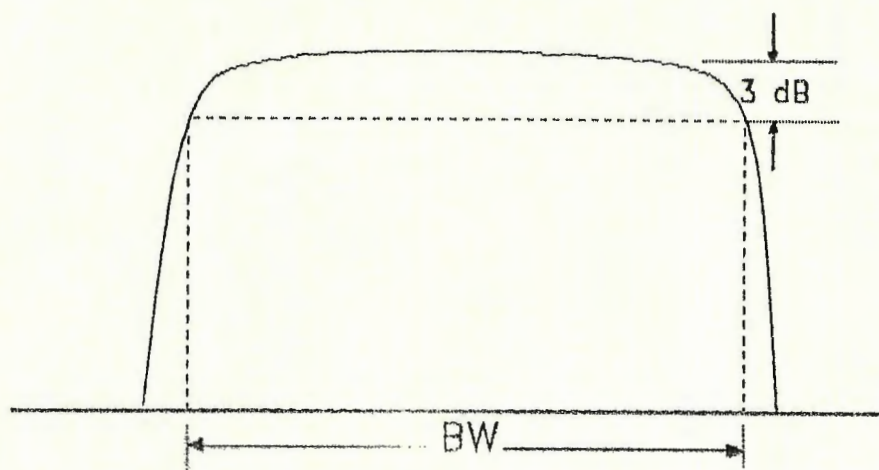


FIG. 24
ANCHO DE BANDA DE OPERACION

La posición del radiador básico de la antena influye en la polarización de ésta, y así la polarización puede ser simple (horizontal, vertical u oblicua), cruzada o circular.

Es importante en los enlaces vía radio que las antenas transmisora y receptora tengan polarizaciones compatibles, de modo que la onda irradiada sea recibida con la misma polarización.

Polarizaciones simples y cruzadas tienen aplicación siempre que se pueda garantizar el adecuado alineamiento entre los radiadores de las antenas a enlazar, tal como en los radioenlaces terrestres, donde las estaciones están fijas.

El empleo de polarización cruzada permite, además, un mayor aprovechamiento de la parte del espectro de frecuencias asignada a un radioenlace, debido a que puede transmitirse un grupo de radiocanales con polarización horizontal y otro grupo con polarización vertical, sin que haya demasiada interferencia entre unos y otros.

Las antenas que utilizan polarización cruzada tienen accesos separados para cada uno de los elementos radiantes, lo que favorece un importante desacoplamiento que típicamente anda por encima de los 25 dB.

La polarización circular tiene aplicación cuando el alineamiento no pueda ser garantizado debido a las características de las estaciones a enlazar, como ocurre en los enlaces vía satélite.

3.4.1.2 Tipos

La selección de la antena apropiada es un paso importante en los proyectos de radioenlace.

No debe perderse de vista la alta directividad que en tales proyectos se requiere a fin de evitar interferencias producidas por otras transmisiones localizadas en zonas próximas a la antena.

Clasificándolas de la manera más general, las antenas pueden ser un conjunto de dipolos o superficies parabólicas reflectoras. Las primeras son apropiadas para frecuencias inferiores a

1 GHz y la más representativa de ellas es la antena Yagi; las segundas operan normalmente arriba de 1 GHz. A continuación se describen las características propias de éstos tipos de antena.

a) Antena Yagi:

Cuando una onda incide en una antena receptora, las corrientes inducidas en ella provocan la irradiación de una parte de la señal captada, como si se tratara de una antena transmisora. Esta energía radiada por la antena es normalmente perdida.

Al colocar paralelo al dipolo, atrás de él y separado aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de la señal, un conductor o elemento parásito sin ninguna conexión eléctrica, éste conductor intercepta parte de la señal que es reirradiada en su dirección por la antena receptora. Debido a ello son inducidas corrientes en el elemento parásito y éste disipa una parte de la energía inducida en forma de calor y, a su vez, vuelve a irradiar el resto, al no poder entregarlo a ninguna carga.

El campo radiado por el dipolo llega al elemento parásito con 90° de desfase; el campo reirradiado por el elemento parásito se presenta 180° desfasado del que incide sobre él; finalmente, el campo reirradiado por el elemento parásito recorre, en su retorno al dipolo, un cuarto de longitud de onda, sufriendo un nuevo desfase de 90° .

De esa forma, cuando el campo inicialmente reirradiado por el dipolo regresa a él lo hace con un desfase de 360° , reforzando el campo original, lo que produce un aumento en la potencia recibida y un alargamiento del lóbulo de la antena en esa dirección, con la consecuente elevación de la directividad y ganancia de la antena.

Todo se basa en un fenómeno de reflexión con interferencia constructiva; en éste caso el elemento parásito recibe el nombre de *reflector*.

El elemento parásito puede ser también colocado enfrente del dipolo (con la posición referida a la dirección de la onda incidente) a fin de producir un efecto semejante al antes descrito. Este tipo de elemento parásito se denomina *director*. Normalmente son usados varios elementos directores con el objeto de aumentar significativamente la directividad.

Por encontrarse atrás del dipolo, no es necesario colocar más de un reflector, pues otro no recibiría una porción significativa de la energía reirradiada.

En general, cualquier arreglo de antena que tiene un dipolo activo y dos o más elementos parásitos es calificado como *Antena Yagi*.

Antenas Yagi de hasta 5 ó 6 elementos tienen ganancias típicas de 10 dB. Ganancias más elevadas demandan un mayor número de elementos. La directividad obedece a la cantidad y disposición de los éstos.

El patrón de radiación de una antena Yagi típica tiene un lóbulo principal muy concentrado, con lóbulos secundarios y posteriores muy pequeños. Debido a ésta alta concentración, este tipo de antena requiere especial cuidado en la orientación.

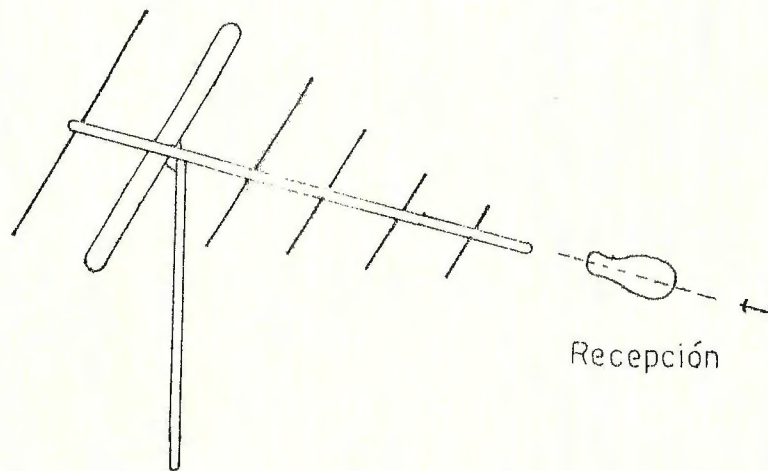


FIG. 25
ANTENA YAGI

b) Antenas de Superficie Parabólica Reflectora:

Estas antenas son altamente directivas. Debido a las propiedades cuasi ópticas de las ondas en frecuencias altas, éstas antenas están diseñadas para concentrar la radiación alrededor de su eje, lo que les permite operar en base a las leyes de la reflexión.

Para alcanzar la máxima transmisión de energía posible entre estaciones a distancias prácticas y frecuencias

altas, se utilizan reflectores parabólicos. Ellos concentran la energía radiada en un haz estrecho.

La forma parabólica es utilizada en los reflectores a altas frecuencias debido a su fundamental característica de orientar rayos incidentes u ondas de radio hacia un solo punto, llamado *foco*. Es conocido que la curva matemática llamada *parábola* reflejará cualquier rayo u onda desde su superficie hacia el foco, sin importar el ángulo de incidencia. Por otra parte, cuando una fuente de radiación es colocada en el foco, la energía será reflejada desde la parábola como un haz concentrado. Por tal motivo, la superficie reflectora casi universalmente utilizada es el paraboloide de revolución, en cuyo foco se aloja el irradiador básico.

Así, el dispositivo de enfoque de estas antenas está montado de una manera que orienta en un solo sentido la radiación del extremo abierto del alimentador y lo enfoca en un haz relativamente angosto. Para la señal de recepción, el dispositivo de enfoque recoge la radiación procedente del espacio y la concentra en la línea de transmisión.

La ganancia de estas antenas depende de las dimensiones de la superficie reflectora. Las antenas de superficie reflectora parabólica son principalmente utilizadas para los enlaces en microondas debido a las bajas pérdidas y alta directividad que estos requieren.

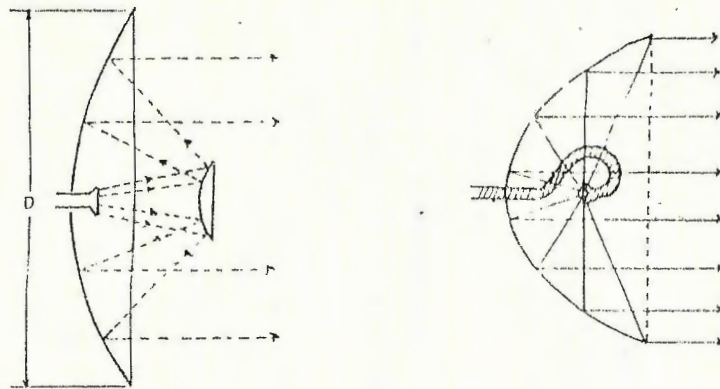


FIG. 26

ANTENAS DE SUPERFICIE PARABOLICA REFLECTORA

3.4.2 Alimentadores de Antena

Los alimentadores de antena deben transmitir la señal útil con el menor índice de degradación posible. Este requisito es cumplido cuando la atenuación es baja y las reflexiones son mínimas. La atenuación depende del tipo de línea utilizada. Las reflexiones son producidas por desacoples en las uniones.

A continuación se describen las características de las líneas comúnmente usadas como alimentadores de antena.

a) Cables Coaxiales:

Los cables coaxiales están formados por dos conductores concéntricos separados por un dieléctrico.

En un cable coaxial, el campo eléctrico es un vector radial que se dirige de un conductor al otro. El campo

magnético es un vector axial que se encuentra confinado en el espacio comprendido entre ambos conductores. Luego, la energía de la señal viaja a través del dieléctrico que separa a los conductores.

El campo magnético es nulo en puntos exteriores al conductor externo. Dicho conductor sirve como blindaje y es conectado a tierra.

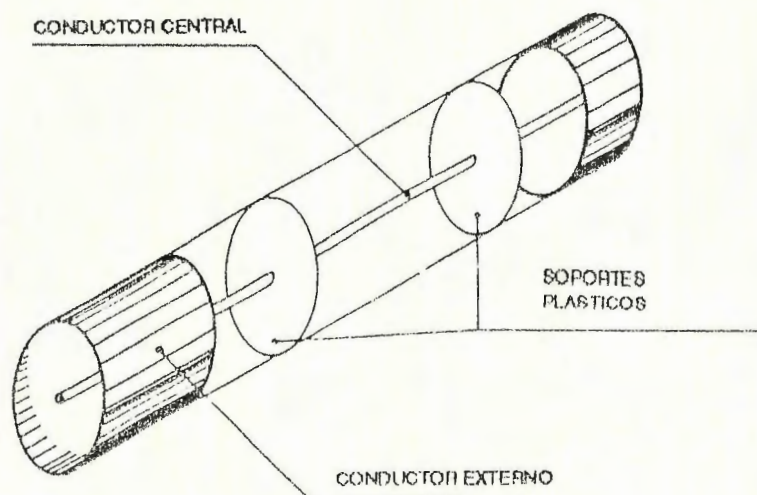


FIG. 27
CABLE COAXIAL

El espaciado entre los conductores determina la capacitancia del cable y, por lo tanto, influye en la impedancia del mismo. Si los conductores se encuentran bastante separados, la capacitancia y la impedancia serán bajas.

Por otro lado, la máxima potencia que el cable puede soportar esta determinada por la superficie de los conductores. En la medida en la que las superficies de los conductores sean más grandes, mayor cantidad de potencia podrán transportar.

Un conductor, independientemente de su tipo, presenta la tendencia de que la mayor parte de su energía se concentre en su superficie; esto se debe a que los campos variables en el tiempo se atenúan a medida que se acercan al centro del conductor. Este fenómeno recibe el nombre de *efecto pelicular*. Por ello, cuando se desea transportar grandes niveles de potencia a través de un cable coaxial, es posible sustituir el conductor central sólido (que adquiere gran tamaño) por uno hueco, con lo que se reducen sus costos. Este tipo de cables coaxiales es comúnmente llamado *tubos coaxiales*.

Son usados preferentemente como alimentadores en la banda de UHF; dentro de ciertos límites, son flexibles y fáciles de instalar, además de ser durables y poder permanecer libres de mantenimiento.

Los cables con dieléctrico sólido, como polietileno son ideales para los sistemas de alimentadores de antenas los cuales requieren gran flexibilidad. La impedancia característica de 50 Ω es usualmente adoptada.

En los cables coaxiales con dieléctrico de aire, los conductores interno y externo son de cobre corrugado y usan polietileno como espaciador, lo que los vuelve más

rígidos; una capa externa de plástico protege al cable contra daños mecánicos y efectos climáticos perjudiciales. Estos cables de dieléctrico de aire son utilizados en los sistemas en los que se requiere poca atenuación y se utiliza mayor potencia.

Prácticamente, los cables no son utilizados para equipos de radio arriba de 3 GHz, debido a la elevada atenuación que presentan. En los anexos se presentan algunas características típicas de los cables coaxiales.

b) Guías de Onda:

A diferencia de los cables coaxiales, las guías de onda son estructuras constituidas por un solo conductor envolviendo un dieléctrico, es decir que carecen de conductor central.

Las ondas electromagnéticas se reflejan totalmente sobre la superficie de un medio completamente conductor. Entre dos planos conductores paralelos, las ondas pueden ser transportadas por reflexiones sucesivas.

La separación entre los planos esta determinada por la frecuencia de las ondas que se desea transportar. Tal separación, por lo tanto, está en función de la longitud de onda de la señal a transportar y debe encontrarse entre un cincuenta y un cien por ciento de dicha variable.

La guía de ondas es un espacio cerrado que aplica el principio antes descrito.

Si el conductor fuese perfecto, éste medio de transmisión no presentaría atenuaciones. Las superficies que permiten efectuar la reflexión son de cobre o plateadas. Como la conductividad de los materiales utilizados no es infinita, aparecen ciertas atenuaciones. La menor oxidación agrava éste fenómeno. Irregularidades en la superficie e impurezas son fuentes de reflexión y también introducen pérdidas.

Los sistemas de guías de onda deben ser mantenidos en las mejores condiciones posibles de conservación, con sus partes internas libre de humedad o cualquier otro agente que pueda afectar las paredes de la guía. Para tal efecto se utiliza un *sistema de presurización*, a través del cual es inyectado, bajo presión adecuada, un gas inerte (que no actúa químicamente con las paredes de la guía) o aire seco en el interior de la guía. En los extremos del sistema son colocados tampones dieléctricos apropiados para producir un bloqueo en el flujo del gas o aire sin interferir con la propagación de la señal.

Las guías de onda pueden ser circulares, elípticas o rectangulares, de acuerdo a la forma que presenta su sección transversal.

En la banda de SHF, los cables coaxiales presentan una atenuación tan elevada que los vuelve inaceptables, en

tanto que las guías de onda asumen dimensiones manejables y aparecen como la mejor alternativa.

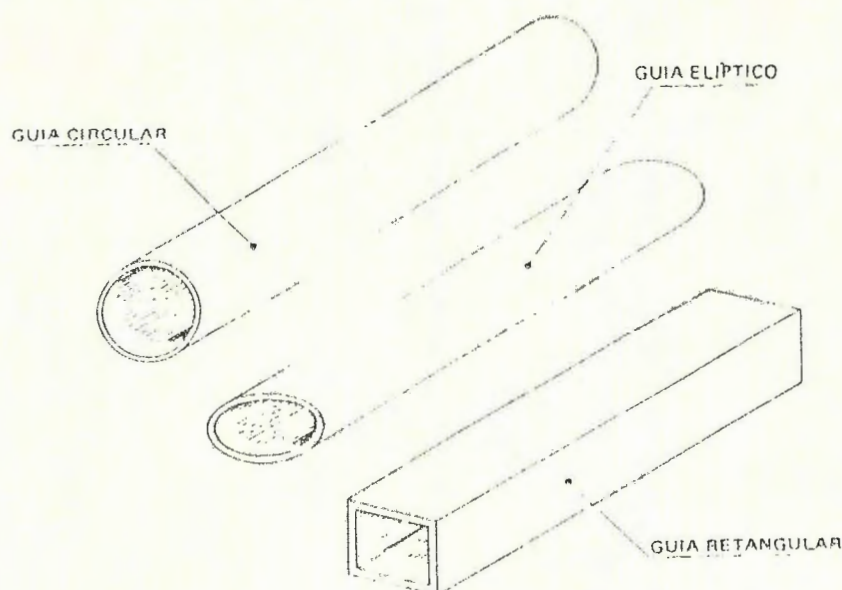


FIG. 28
GUIAS DE ONDA

Las guías de onda son recomendados por algunos fabricantes para sistemas de alimentación de antenas desde 3.4 hasta 23.6 GHz. Pueden ser rectangulares, elípticos o circulares, con características propias para cada uno de ellos según los fabricantes, tomando en cuenta que además las dimensiones de las guías de onda influyen grandemente en las frecuencias de operación.

La propagación de energía por una guía de onda va acompañada de cierto grado de atenuación o pérdida, causada por la corriente que se induce en las paredes de la guía. La resistencia que encuentra la corriente inducida es el resultado de las pérdidas por efecto pelicular en las guías de onda y es proporcional a la frecuencia de trabajo

y a la resistividad del metal empleado en la fabricación de la guía.

En la banda de SHF, la interacción entre guías de onda y cables suele causar flujos de corriente que tienden a quedar confinados en una pequeña región próxima a la superficie. En el conductor interno de la línea coaxial, debido a la menor superficie de éste, la corriente encuentra una elevada resistencia, cosa que no ocurre con el conductor externo, cuya superficie es mayor. Por lo tanto, se puede concluir que el conductor central de la línea coaxial es el principal responsable de las pérdidas en las uniones entre línea coaxial y guías de onda.

3.4.3 Duplexor

Las antenas tienen la capacidad de poder ser utilizadas simultáneamente como transmisoras y receptoras. Este sistema se denomina *duplex*; en él el receptor debe ser adecuadamente aislado del transmisor. El dispositivo que conecta la línea de transmisión común a ambos sentidos de comunicación con la salida del transmisor y la entrada del receptor recibe el nombre de *Duplexor*.

Las propiedades de separación de ondas del duplexor, es decir, de desacople entre el ramo de transmisión y el de recepción deben ser bien marcadas, debido a la gran diferencia de potencia entre la salida del transmisor y la entrada del receptor; un aislamiento insuficiente podría hacer que llegue al receptor parte de la potencia que sale del transmisor, la

cual es demasiado grande comparada con la que proviene de la antena (señal recibida). Lo anterior podría incluso llegar a dañar el receptor, ya que éste se encuentra diseñado para operar con bajas potencias de entrada.

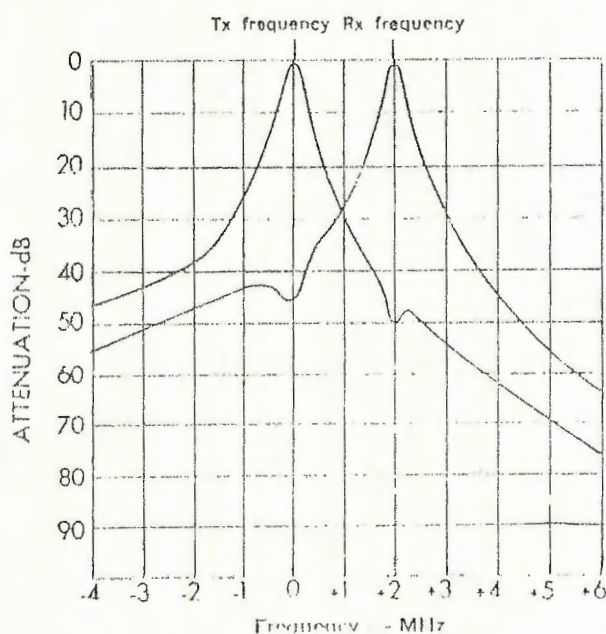


FIG. 29

RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN DUPLEXOR

Básicamente existen dos tipos de duplexores, los duplexores pasabanda y los duplexores rechazabanda. El duplexor cuya respuesta en frecuencia se ilustra en la fig. 29 es pasabanda. Cada tipo tiene sus ventajas y desventajas, y deben cumplir ciertos requerimientos para optimizar la operación del sistema, como el operar en una determinada banda de frecuencia, poder manejar la alta potencia de salida del transmisor, poder rechazar el ruido del trasmisor que se encuentra en la frecuencia de recepción.

El duplexor más recomendado es el pasabanda, ya que provee gran protección y una gran sensibilidad hacia las bandas seleccionadas, además de ser simple, en instalación y sintonía.

La señal que sale del transmisor y la señal que ingresa al receptor son reducidas por pérdidas que ocurren dentro del duplexor. Estas pérdidas suelen ser llamadas *pérdidas de inserción* en la hoja de especificaciones del duplexor. Generalmente, las pérdidas de inserción aumentarán a medida que la distancia entre las frecuencias de transmisión y recepción disminuye. Para el transmisor, las pérdidas de inserción oscilan normalmente entre 0.5 y 2.0 dB, es decir que pueden haber reducciones del nivel de la señal de salida del transmisor del orden de entre el 11 % y el 37 %. La señal recibida está sujeta a reducciones de orden similar.

Generalmente, se recomienda que los duplexores sean utilizados con cierta separación mínima de frecuencia, tal como 3 MHz. Si se les hace operar a espaciamientos menores al recomendado, los duplexores probablemente proveerán aislamientos inadecuados, excesivas pérdidas de inserción a las frecuencias deseadas o ambos.

3.4.4 Otros dispositivos

a) Aisladores:

Los aisladores son elementos direccionales que presentan baja atenuación a señales que se propagan en un sentido,

pero atenúan fuertemente a las que se desplazan en el sentido contrario.

Estos dispositivos tienen un amplio uso en radioenfases en la banda de SHF; sirven, por ejemplo, para atenuar fuertemente señales reflejadas a fin de minimizar los efectos perjudiciales ocasionados por la reflexión de una fracción considerable de potencia sobre los equipos que preceden al aislador. En otras palabras, se les utiliza para ocultar posibles desadaptaciones atenuando enormemente las ondas reflejadas.

El aislador es la solución más efectiva para evitar la intermodulación del transmisor cuando la separación de frecuencias entre las señales deseadas y no deseadas es extremadamente pequeña.

b) **Circuladores:**

Es un dispositivo de tres terminales, consistente básicamente en magnetos de material férnico, y tres pequeñas líneas de transmisión terminadas en una unión común. Asegura una distribución ordenada de la energía. La potencia que entra en el terminal 1 del circulador, "rota" y sale del terminal 2. La potencia que entra en el terminal 2 sale por el terminal 3 y la potencia que entra en el terminal 3, sale por el terminal 1. En la fig. 25 se muestra el símbolo de un circulador.

El uso de circuladores no se restringe a la necesidad de separación entre transmisión y recepción en el duplexor, ya que también se les emplea en sistemas de derivación (construyendo redes de circuladores), donde señales recibidas a diferentes frecuencias son encaminadas de la antena hacia su respectivo receptor. Esto es cuando se usa una sola antena para transmitir y recibir varios radiocanales simultáneamente.

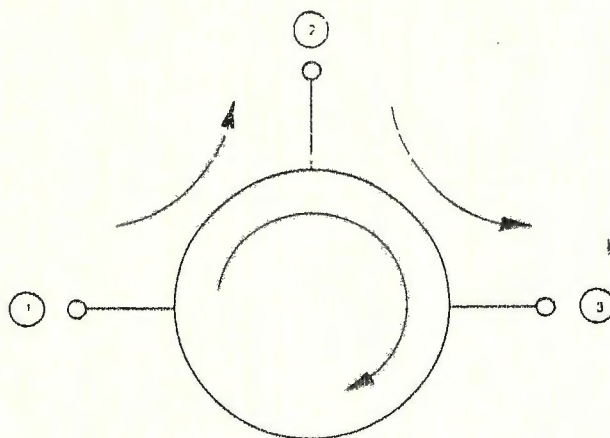


FIG. 30
CIRCULADOR

Para la aplicación anterior, se auxilian de filtros pasabanda que solo permiten la absorción de la frecuencia correspondiente al radiocanal deseado y reflejan el resto hacia el otro terminal del circulador, encaminándolo a otro conjunto circulador-filtro. Tanto en el último circulador de la red de radiocanales recibidos, como en el último de la red de radiocanales transmitidos, uno de los terminales no estará conectado a un filtro ni a otro

circulador; por lo tanto, para que no existan nuevas reflexiones, dichos terminales deben ser conectados a cargas tales que absorban cualquier remanente de potencia reflejada.

En muchas aplicaciones, el circulador es virtualmente usado como un aislador, conectando a uno de sus terminales una carga que garantice una apropiada transferencia de potencia, así como se hace en las reedes de derivación, procurando evitar reflexiones indeseadas.

c) Cavidades Resonantes:

Una cavidad resonante es una región del espacio circundada por paredes conductoras. Puede ser vista como una sección de guía de onda cortocircuitada en ambos extremos.

El funcionamiento de la cavidad se basa en el hecho de que una vez excitadas externamente, las ondas sufren múltiples reflexiones en su interior, y para ciertas frecuencias, dependiendo de las dimensiones de la cavidad, estas ondas se refuerzan y una excitación mínima produce intensidades máximas en los campos. El comportamiento es idéntico al de un circuito LC y el refuerzo de las ondas antes mencionado se constituye un aspecto del fenómeno de resonancia.

Las cavidades son utilizadas como osciladores y circuitos tanques de la misma manera que los circuitos LC lo son a frecuencias más bajas.

Los filtros que se introducen en los circuitos de guías de onda están compuestos de cavidades resonantes.

3.5 DIAGRAMA DE NIVELES

A partir del esquema general del radioenlace resulta fácil calcular la potencia entregada al receptor. Se efectuará dicho cálculo mediante el *diagrama de niveles* o *hipsograma* del enlace, que es una representación de las variaciones de intensidad de la señal a lo largo del trayecto de propagación.

P_T = Potencia entregada por el amplificador del transmisor a los circuitos de acople a antena, que se suele denominar *Potencia de Transmisión* (dBm).

L_{TT}, L_{TR} = Pérdidas en los circuitos de acople a la antena de transmisor y receptor, respectivamente, que suelen llamarse *Pérdidas en Terminales* (dB).

G_T, G_R = Ganancias de las antenas de transmisión y recepción, respectivamente, referidas a una antena isotrópica (dB).

L_{xx} = Pérdidas por atenuación en el espacio libre (dB).

P_R = Potencia recibida, que se define a la entrada del amplificador de RF del receptor (dBm).

U = Umbral del receptor (dBm).

Tomando como referencia el esquema básico de la fig. 20 se obtiene el hipsograma de la fig. 31, en la que se han trazado dos líneas para el trayecto de propagación, correspondiendo la inferior al caso en el que haya desvanecimiento.

Como se ha visto en el apartado 3.3, el receptor presenta una ganancia variable en función del nivel de señal de entrada, que se refleja en el hecho de que las rectas tengan pendientes diferentes, para entregar un nivel fijo de señal al demodulador.

3.6 ANALISIS DE PERDIDAS EN EL ENLACE

En este ítem serán desarrolladas las expresiones que permiten determinar la potencia recibida en un enlace en visibilidad, una vez conocidos los parámetros del mismo.

La potencia de recepción a ser determinada corresponde a aquella asociada a la condición de propagación en ausencia de desvanecimientos, considerándose el enlace proyectado dentro de criterios de desobstrucción adecuados. Esto significa que la atenuación del tramo considerado será la del espacio libre. En realidad, la potencia recibida en esas condiciones corresponde al valor medio de la potencia.

Se considerarán las siguientes características del enlace:

- a) Potencia a la salida del transmisor
- b) Ganancia de las antenas
- c) Distancia entre las antenas
- d) Frecuencia de operación

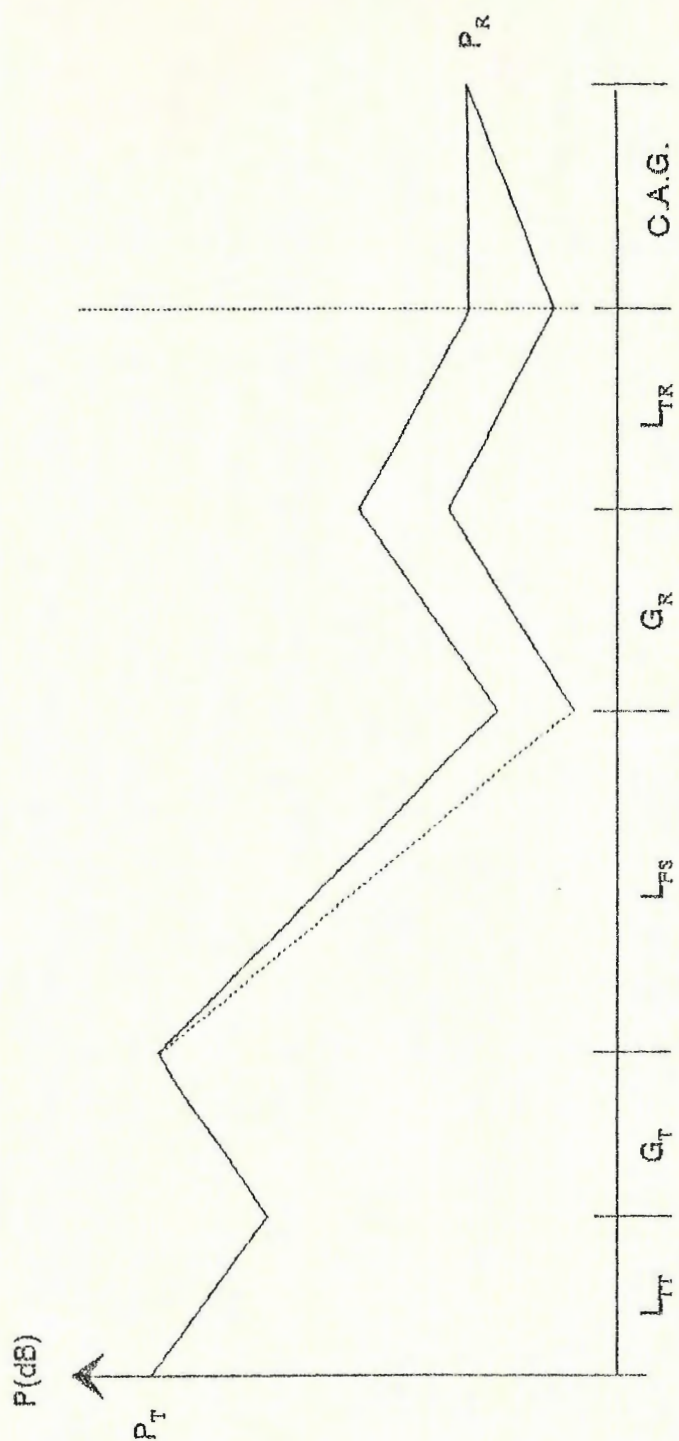


FIG. 31
 DIAGRAMA DE NIVELES DE POTENCIA EN EL ENLACE

Partiendo de la ec. 1, para una antena isotrópica se tiene que la potencia recibida viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{ri} = P_a \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = \frac{P_t}{4\pi d^2} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = P_t \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \quad (33)$$

Donde:

P_{ri} = Potencia recibida por la antena isotrópica

Se define como atenuación en espacio libre a la relación:

$$\frac{P_t}{P_{ri}} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad (34)$$

Normalmente se expresa esta atenuación en dB, valiendo en este caso:

$$L_{fs} = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 = 20 \log_{10} \frac{4\pi d}{\lambda} \quad (35)$$

La ecuación anterior es función de d y de λ , debiendo ser expresados estos parámetros en las mismas unidades (metros). Como normalmente d se expresa en kilómetros, y se expresa la frecuencia en GHz como inverso de la longitud de onda, conviene determinar una expresión más simple de la siguiente forma:

$$L_{fs} = 20 \log(4\pi) + 20 \log d - 20 \log \lambda \quad (35)$$

Dado que: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{f \text{ (Hz)}}$

Luego de efectuar ciertas simplificaciones, se tiene:

$$L_{fs} = 92.44 + 20 \log d + 20 \log f \quad (36)$$

Si se incluyen las ganancias de las antenas, la atenuación queda de la siguiente forma:

$$L_{fs} = 92.44 + 20 \log d + 20 \log f - (G_T + G_R) \quad (37)$$

Donde:

d = expresada en km

f = expresada en GHz

3.6.1 Pérdidas en Elementos Terminales

Las pérdidas en los elementos terminales suelen especificarse en forma global para los duplexores, circuladores y filtros y por unidad de longitud para los alimentadores de antena.

Por consiguiente, se tendrá en el transmisor:

$$L_{TT} = L_{DFT} + \alpha_t \cdot l_t \quad (38)$$

Donde:

L_{TT} = Pérdida total en los elementos terminales del transmisor (dB).

L_{DFT} = Pérdida en duplexores, circuladores y filtros del transmisor (dB).

α_t = Atenuación unitaria del alimentador de antena (dB/m).

$l_t =$ Longitud del alimentador de antena (m).

De manera análoga, en el receptor se tendrá:

$$L_{TR} = L_{DFR} + \alpha_r \cdot l_r \quad (39)$$

Donde los diferentes términos tienen el mismo significado que sus homólogos de transmisión.

3.6.2 Ganancia de las Antenas

Durante el proceso de diseño del sistema, al conocerse el nivel mínimo de señal requerido (umbral), la ganancia total de las antenas puede ser establecida considerando la potencia total de transmisión y las pérdidas a lo largo del trayecto, incluyendo filtros, espacio libre, etc.

3.6.3 Pérdida Total en el Vano

Se denomina de ésta forma al cociente P_r/P_t . En función de los parámetros anteriores, se tiene:

$$L_r = L_{rr} - G_r + L_{fr} - G_r + L_m \quad (40)$$

3.6.4. Potencia Entregada al Receptor

Una vez conocidas las pérdidas totales a lo largo del tramo a enlazar, basta restarlas de la potencia emitida por el transmi-

sor para determinar la potencia que está siendo entregada al receptor, tal como se indica a continuación:

$$P_r = P_t - L_r \quad (41)$$

Ejemplo de cálculo de la potencia recibida

Visibilidad:	100 %
Distancia entre antenas:	56 km
Frecuencia:	6.775 GHz

DATOS AL LADO DE TRANSMISION:

a) Transmisor:

Potencia nominal de salida (P_r):	780 mW
---------------------------------------	--------

b) Guías de onda:

Altura de la torre:	30 m
---------------------	------

Pérdidas en los elementos terminales (L_{DPT}):	2.0 dB
--	--------

Atenuación por unidad de longitud (α_t):	0.09 db/m
---	-----------

Longitud de la línea de antena (l_t):	35 m
---	------

c) Antena:

Ganancia (G_T) a 6.775 GHz: 44.4 dB

DATOS AL LADO DE RECEPCION:

d) Antena:

Ganancia (G_R) a 6.775 GHz: 44.4 dB

e) Guías de onda:

Altura de la torre: 35 m

Pérdidas en los elementos terminales
(L_{DPR}): 1.0 dB

Atenuación por unidad de longitud (α_r): 0.09 dB/m

Longitud de la línea de antena (l_r): 40 m

SOLUCION:

De acuerdo a la ec. 38, la pérdida total en los elementos terminales del transmisor es:

$$L_{TT} = 2.0 \text{ dB} + (0.09 \text{ dB/m})(35 \text{ m}) = 5.15 \text{ dB}$$

Las pérdidas en el espacio libre, según lo indica la ec. 36, son:

$$L_{RL} = 92.44 + 20 \log 56 + 20 \log 6.775 = 144 \text{ dB}$$

Tal como lo indica la ec. 39, la pérdida total en los elementos terminales del receptor es:

$$L_{TR} = 1.0 \text{ dB} + (0.09 \text{ dB/m})(40 \text{ m}) = 4.6 \text{ dB}$$

Introduciendo los valores pertinentes a la ec. 40 se tiene que las pérdidas totales son:

$$L_T = 5.15 \text{ dB} - 44.4 \text{ dB} + 144 \text{ dB} - 44.4 \text{ dB} + 4.6 \text{ dB} = 64.95 \text{ dB}$$

La potencia recibida puede ser calculada conforme lo señala la ec. 41, pero para ello primero es necesario convertir a dBm el valor de potencia transmitida que se tiene en mW:

$$P_T = 10 \cdot \log \frac{780 \text{ mW}}{1 \text{ mW}} = 28.92 \text{ dBm}$$

Una vez obtenido el valor en dBm de potencia transmitida, se procede a determinar la potencia recibida (también en dBm):

$$P_r = 28.92 \text{ dBm} - 64.97 \text{ dB} = -36.03 \text{ dBm}$$

Esta potencia corresponde a 0.25 μW .

Con el objeto de permitir una mejor visualización de las diversas atenuaciones sufridas por la señal desde la salida del transmisor hasta la entrada del receptor, se presenta en la fig. 32 el diagrama de niveles correspondiente.

En vista de lo antes expuesto, los desvanecimientos podrían hacer disminuir la potencia entregada al receptor abajo del

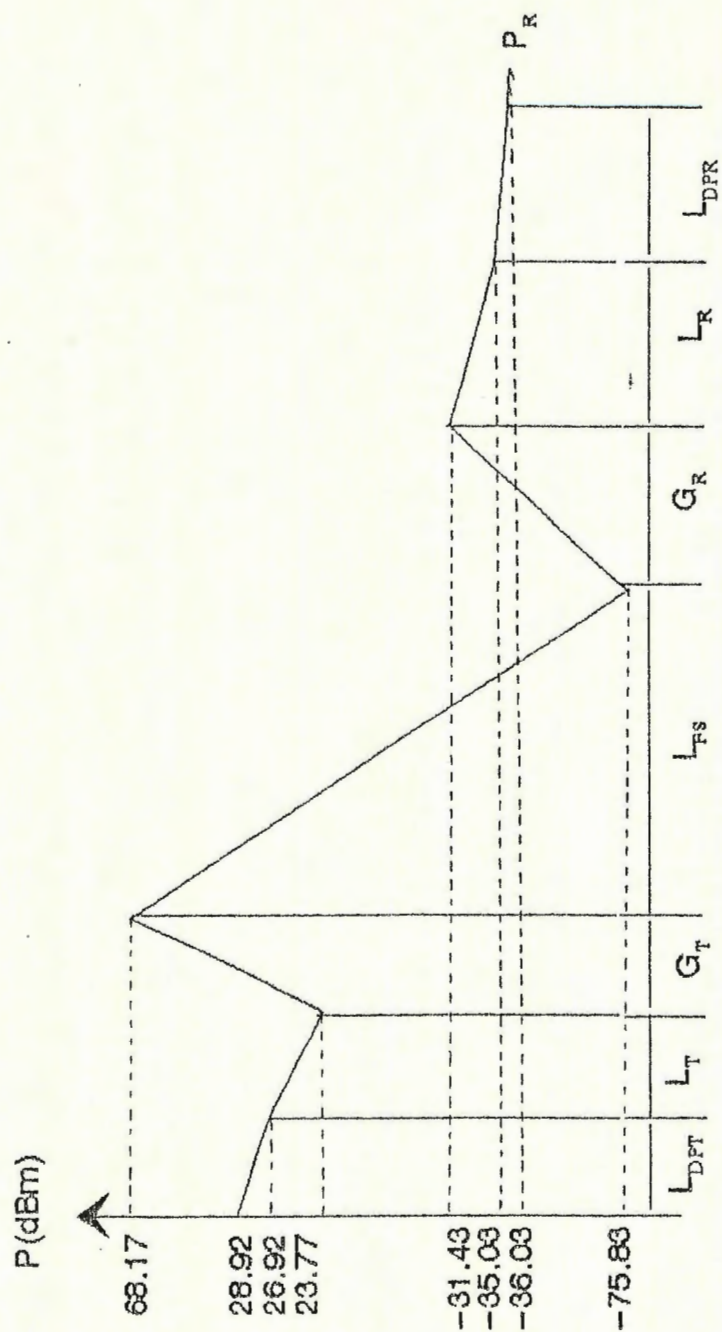


FIG. 32

DIAGRAMA DE NIVELES DE POTENCIA

nivel normal de -36.03 dBm (nivel de espacio libre) durante ciertos intervalos de tiempo.

Usualmente los receptores son capaces de operar con potencias en el orden de -70 dBm.

La diferencia entre la potencia recibida en condiciones de propagación en espacio libre y la potencia mínima permitida a la entrada del receptor (o umbral) se denomina *margen de desvanecimiento (MD)*. Consecuentemente, el margen de desvanecimiento en el ejemplo anterior es:

$$MD = -36.03 \text{ dBm} - (-70 \text{ dBm}) = 33.97 \text{ dBm}$$

Lo anterior significa que desvanecimientos que atenúen la señal recibida 33.97 dB o menos en relación al nivel de espacio libre, no comprometerán el enlace, pues permiten la recepción de potencias superiores a un mínimo requerido para conservar buena calidad.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PROGRAMA

Los sistemas modernos se auxilian de computadoras, en las cuales los análisis técnicos se resumen en un programa, mediante el que se consideran las diferentes variables de entrada y se busca la obtención de resultados relativamente confluables.

El sistema de predicción de visibilidad que se ha propuesto tiene por objeto aplicar un modelo que simule una condición real de propagación. La veracidad de los resultados está en función de cuanto el modelo se aproxime a la realidad.

Los procedimientos que se consideran en el programa son entre otros, la digitalización de los datos geográficos, la utilización de fórmulas matemáticas para consideraciones de pérdidas en la transmisión y la utilización de recursos informáticos para la presentación de los datos; todo lo anterior se explica con detalle en el presente capítulo.

4.1 DESCRIPCION DEL MODELO

Generalizando, el modelo que utiliza el programa, consta de tres etapas:

1a. Reconstrucción del perfil del terreno comprendido entre transmisor y receptor.

La reconstrucción se lleva a cabo a partir de una base de datos, cuya elaboración es un proceso manual que se vale de los siguientes pasos:

- a) Obtención de un mapa de la región que será objeto de estudio.
- b) División del mapa en casillas de dimensiones tales que permitan lograr cierto equilibrio entre el volumen de datos a almacenar y la exactitud en la reconstrucción del perfil.
- c) Asignación de un valor de altura a cada una de las casillas mencionadas en el literal anterior. Dicha altura será la mayor o/y más representativa del área correspondiente a la casilla en que se encuentra.
- d) Almacenamiento de los datos.

2a. Cálculo del grado de visibilidad entre los puntos a enlazar.

Esto implica la determinación de:

- a) La condición de línea vista y
- b) El porcentaje de claridad de la primera zona de Fresnel en la trayectoria.

3a. Evaluación de las pérdidas a lo largo del trayecto.

Esta evaluación consiste en la suma algebraica de los siguientes parámetros:

- a) Pérdidas en el espacio libre.
- b) Pérdidas desde la salida del equipo de transmisión hasta la alimentación de la antena transmisora.
- c) Pérdidas desde la alimentación de la antena receptora hasta la entrada del equipo de recepción.
- d) Ganancia de las antenas.

En vista de lo antes expuesto, el modelo presenta las siguientes ventajas:

- a) La reconstrucción del perfil topográfico existente entre transmisor y receptor permite efectuar estimaciones bastante próximas a la realidad.
- b) Tiempos de respuesta relativamente cortos, dada la utilización del computador.

En contraposición, las desventajas que el método presenta son las siguientes:

- a) Necesidad de construir una base de datos topográficos, lo que supone la recolección de los datos a partir de mapas

en escalas adecuadas y el manejo de dichos datos dentro del computador.

- b) Diseño de un programa que de forma eficiente realice todos los cálculos necesarios para efectuar la predicción.

Nótese que los inconvenientes que posee el modelo resultan ampliamente compensados por las respuestas obtenidas. En todo caso, el problema de la creación de la base de datos y el diseño del programa se resuelven de forma paralela. Tales razones justifican plenamente la puesta en marcha del modelo propuesto.

4.2 CARACTERISTICAS DE LA BASE DE DATOS

En este apartado se procede a explicar como fue llevada a cabo la creación de la base de datos y la manera en la que el programa principal efectúa en ella la búsqueda de datos.

4.2.1. Creación de la base de datos

La creación de la base de datos es una de las etapas más delicadas del proceso, debido a que de ella depende la credibilidad de los resultados a entregar. Si el contenido de la base de datos no se aproxima lo suficiente a los valores reales, los resultados entregados por el sistema de predicción no serán veraces por muy bueno que sea el resto del modelo. Por lo tanto, para poder realizar las evaluaciones necesarias,

determinando el nivel de visibilidad entre transmisor y receptor, es preciso que la información acerca de las alturas del terreno se aproxime lo más posible a la realidad.

Para obtener dicha información se ha recurrido a mapas, los cuales contienen la información correspondiente a los departamentos de San Miguel, Morazán, parte de Usulután y La Unión (ver fig. 33). En lo posterior se hará referencia a éstos mapas mediante el término *cuadrante*.

Cada uno de ellos contiene información topográfica comprendida entre límites de cerca de 10' de latitud y 15' de longitud, con pequeñas fluctuaciones entre unos y otros. El detalle de los límites de cada cuadrante utilizado se ilustra en la fig. 33.

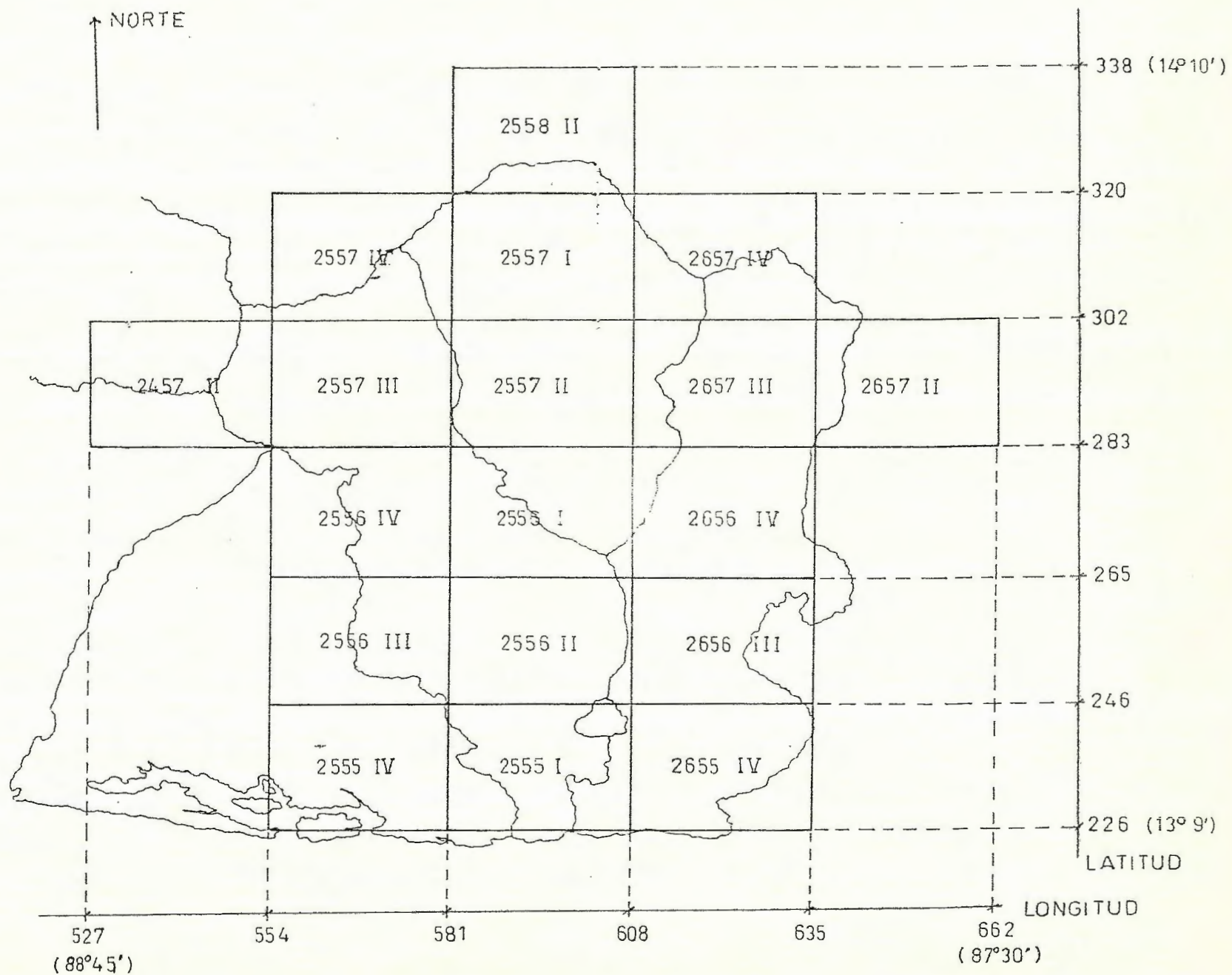
Los cuadrantes a utilizar para cubrir los departamentos arriba mencionados son dieciocho y a cada uno se le denomina mediante la identificación que les sido asignada por el Instituto Geográfico Nacional "Ing. Pablo Arnoldo Guzmán". Están detallados en grados y minutos, pero también se encuentran impresas divisiones cada kilómetro, en base a la Proyección Cónica de Lambert para El Salvador. Se recurrió a cuadrantes en escala 1:50,000 y se les dividió en casillas de 1 cm de lado (lo que equivale a 500 m de lado en el terreno, es decir, aproximadamente 17 "), aprovechando los trazos originales antes citados.

Luego se procedió a registrar la altura correspondiente a cada casilla.

Los trazos en coordenadas de Lambert no coinciden con los minutos geográficos, por lo tanto fue necesario redefinir los

DISTRIBUCION DE LOS CUADRANTES EN LA ZONA ORIENTAL

FIG. 33



límites de los cuadrantes de la manera que se muestra en la fig. 33.

El número de casillas que hay por cuadrante depende de los límites considerados anteriormente. Cada casilla corresponde a un registro en la base de datos que contiene la siguiente información:

- a) Nombre del área de terreno que representa y
- b) Altura máxima o/y más representativa de la sección de terreno considerada.

4.2.2 Manejo de la base de datos

Los registros que contienen la información de un cuadrante están localizados en un archivo y están colocados en él secuencialmente, permitiendo que la búsqueda de datos se realice con acceso directo.

En la fig. 34 se muestra como cada cuadrante está dividido en pequeñas áreas de 500 m de lado y qué registro del archivo corresponde a cada área. La casilla de la esquina inferior izquierda representa el primer registro (registro 0) y el número de registro se va incrementando al desplazarse hacia arriba hasta un número n de casillas; cuando se ha completado una columna, el siguiente registro se encuentra en la casilla de abajo de la columna que sigue a la derecha completando de esta forma m casillas hacia la derecha. Así, en la casilla de la esquina superior derecha, se encuentra el último registro del archivo, con un número de casillas igual a $n + m$.

n						nm
n-1						
•	•					
•	•					
•	•					
•	•					
•	•					
•	•					
2	n+3					
1	n+2					
0	n+1	• • •		• • •	m-1	m

FIG. 34

UBICACION DE LOS REGISTROS EN LOS ARCHIVOS

Los archivos se colocan en una matriz que coincide con la distribución geográfica de los cuadrantes que representan.

Cuando se tienen las coordenadas de longitud y latitud del punto del trayecto que se pretende analizar, se determina a que cuadrante pertenece para saber que archivo de datos leer. Los intervalos dentro de los cuales se encuentra cada archivo se muestran también en la fig. 33.

Primero se determina dentro de cual de los intervalos mostrados cae cada coordenada; seguidamente, se busca en la matriz cual es el archivo a leer.

Una vez que se sabe cual es el archivo a leer, hay que calcular el número del registro (NR) dentro de dicho archivo que se debe buscar. Para ello se hace uso de la siguiente expresión:

$$NR = 2 \times (A - B) \times \delta + 2 \times (C - D) \quad (42)$$

donde:

A = Longitud de Lambert conocida.

B = Coordenada inferior de longitud del cuadrante.

C = Latitud de Lambert conocida.

D = Coordenada inferior de latitud del cuadrante.

δ = Cantidad de registros por columna en el cuadrante.

Por ejemplo, si se tienen los siguientes valores:

A = 590.343 Km

B = 590.5 Km

C = 232.5 Km

D = 232.5 Km

δ = 40

Al colocar los valores en la ec. 42, se tiene que el número del registro a leer es:

$$NR = 773$$

4.3 CONVERSION A COORDENADAS DE LAMBERT

El sistema de coordenadas planas para El Salvador se basa en la Proyección Cónica Conformante de Lambert.

El programa convierte GG.MMSSss a coordenadas de la proyección de Lambert, ya que las bases de datos han sido introducidas basándose en dicha proyección (se ha aprovechado que los mapas viene subdivididos utilizando el sistema de coordenadas de Lambert).

Para esto es necesario primero convertir del formato GG.MMSSss a grados y fracciones de grado utilizando la siguiente fórmula:

$$GG.gggggg = GG + \frac{MM}{60} + \frac{SS.ss}{3600} \quad (43)$$

Por ejemplo, si se introduce la coordenada 13° 43' 22.798" al pasarlo a grados se tendría:

$$GG.gggggg = 13 + \frac{43}{60} + \frac{22.798}{3600} = 13.7229994444^\circ$$

El proceso que se utiliza para convertir coordenadas en grados y fracciones de grado, a coordenadas de Lambert, en El Salvador es el siguiente:

$$1. \quad \delta\phi = (\phi - \phi_{ss}) \cdot 60$$

donde:

$\delta\phi$ = Diferencia de latitud entre la coordenada de latitud a convertir, y el paralelo central. Esta diferencia queda expresada en minutos.

ϕ = Coordenada a convertir, correspondiente a la latitud (en grados y fracciones de grados).

ϕ_{SS} = Latitud del paralelo central de la proyección cónica de Lambert para El Salvador, con un valor de $13^{\circ} 47'$ Norte (13.7833333°).

$$2. \quad R = R_0 + a_1\delta\phi + a_2\delta\phi^2 + a_3\delta\phi^3 + a_4\delta\phi^4 + a_5\delta\phi^5 + a_6\delta\phi^6$$

donde :

R = Variable de proceso

$$R_0 = 26,004,190.816$$

$$a_1 = 1,843.78860875$$

$$a_2 = -1.26050018884 \times 10^{-3}$$

$$a_3 = -2.63054438565 \times 10^{-5}$$

$$a_4 = -4.64429358619 \times 10^{-10}$$

$$a_5 = -5.72657043919 \times 10^{-13}$$

$$a_6 = -2.75247265157 \times 10^{-17}$$

$\delta\phi$ = Diferencia de latitudes (en minutos)

$$3. \quad Y' = 263 \times 10^3 - R$$

donde:

Y' = Variable de proceso

$$4. \quad \delta\lambda = \lambda_{ES} - \lambda$$

donde:

λ = Coordenada de longitud a convertir, en grados y fracciones de grado.

$\delta\lambda$ = Diferencia de longitud entre el meridiano central y la coordenada de longitud a convertir.

λ_{ES} = Longitud del meridiano central de la proyección cónica de Lambert para El Salvador ($89^{\circ} 00' 00''$ Oeste).

$$5. \quad \theta = \delta\lambda \times \text{sen}(\phi_{ES})$$

donde:

θ = variable de proceso (en grados).

$$6. \quad X' = R \text{ Sen } \theta$$

donde:

X' = variable de proceso.

$$7. \quad Y'' = X' \text{ Tan } (\theta/2)$$

donde:

Y'' = variable de proceso.

$$8. \quad \text{Coordenada de longitud de Lambert (m)} = 5 \times 10^5 + X'$$

$$9. \quad \text{Coordenada de latitud de Lambert (m)} = Y' + Y''$$

Por ejemplo, si se desea convertir a coordenadas de Lambert las siguientes coordenadas en grados, minutos y segundos:

$$\text{Latitud} = 14^{\circ} 17' 21.974''$$

$$\text{Longitud} = 89^{\circ} 25' 14.861''$$

$$\lambda = \text{longitud en grados} = 89.4207947222^{\circ}$$

$$1. \quad \delta\phi = (14.2894372222 - 13.78333333) \times 60 = 30.36623333$$

$$2. \quad R = 25,948,200.0016$$

$$3. \quad Y' = 351,799.9984$$

$$4. \quad \delta\lambda = -0.4207947222$$

$$5. \quad \phi = -0.100254744835$$

$$6. \quad X' = -45,403.4985599$$

$$7. \quad Y'' = 39.7229722923$$

$$8. \quad \text{Latitud en coordenadas de Lambert} = 351,839.721372 \text{ metros}$$

$$9. \quad \text{Longitud en coordenadas de Lambert} = 454,596.50144 \text{ metros}$$

Tanto las coordenadas del transmisor como del receptor, son convertidas a coordenadas de Lambert (estas coordenadas están dadas en metros).

4.4 RECONSTRUCCION DEL PERFIL

A continuación se describen las distintas etapas por medio de las cuales se logra la reconstrucción del perfil del terreno comprendido entre las estaciones.

4.4.1 Distancia entre los puntos a enlazar

Al momento de programar deben definirse los rangos de las variables a utilizar; por lo tanto, fue necesario establecer límites para la matriz que almacena la información de distancias y alturas del enlace a considerar. Regularmente en El Salvador se utilizan enlaces que no exceden los 70 km.

Es necesario evaluar si la distancia que existe entre los dos puntos no excede el límite que se ha considerado dentro del programa, el cual se estableció para 200 casillas en vista de lo explicado en el párrafo anterior. Los límites de distancia dependerán del ángulo que forme el trayecto con respecto a línea Este-Oeste, por lo cual se estipulan las siguientes consideraciones:

- a) Si el ángulo es de 0° ó 90° se podrán evaluar enlaces que no excedan los 100 Km.
- b) Si el ángulo es de 45° se podrán evaluar enlaces que no excedan los 141 Km.
- c) Si el ángulo formado no cumple con ninguno de los literales anteriores se tendrá una condición intermedia.

Si el enlace a evaluar excede las capacidades antes descritas, el programa presentará un mensaje notificando al usuario que la distancia por evaluar excede la capacidad del programa y preguntará al usuario nuevas coordenadas y datos.

Por medio de una rutina, el programa redondea los valores de coordenadas de Lambert que han sido obtenidos. La forma de efectuar las aproximaciones se describe en los siguientes pasos:

- a) La coordenada es pasada a kilómetros, y si tiene una parte fraccionaria igual o mayor que 0.0 y menor que 0.25, se aproxima al entero inferior. Así por ejemplo:

$$546.032 \text{ Km} \approx 546.0 \text{ Km}$$

- b) Si la coordenada pasada a kilómetros tiene la parte fraccionaria igual o mayor que 0.25 y menor que 0.75, se toma la parte entera y se le suma 0.5 . Por ejemplo:

$$581.678 \text{ Km} \approx 581.5 \text{ Km}$$

- c) Si el valor fraccionario de la coordenada en kilómetros es mayor o igual a 0.75 y menor que 1.0, se aproxima al entero superior. Por ejemplo:

$$234.823 \text{ Km} \approx 235.0 \text{ Km}$$

Con estos valores ya redondeados, se determina cuál es el ángulo que forma la trayectoria con la línea Este-Oeste, de la siguiente manera:

$$\Psi = \arctan \frac{|\phi_R - \phi_T|}{|\lambda_R - \lambda_T|} \quad (44)$$

Donde:

Ψ = Angulo entre la trayectoria y la línea Este-Oeste

λ_R = Longitud del receptor

λ_T = Longitud del transmisor

ϕ_R = Latitud del receptor

ϕ_T = Latitud del transmisor

Como puede notarse, el ángulo obtenido siempre estará comprendido entre 0° y 90° debido que en la expresión anterior se utilizan valores absolutos.

El siguiente paso es determinar cuantas casillas se necesitan para almacenar la información correspondiente al enlace en cuestión, para lo cual se evalúan las siguientes posibilidades:

- a) Si $0^\circ \leq \Psi < 45^\circ$, entonces el número de casillas a usar (η) es:

$$\eta = 1 + 2 |\lambda_R - \lambda_T| \quad (45)$$

- b) Si $45^\circ < \Psi \leq 90^\circ$, el número de casillas a utilizar es:

$$\eta = 1 + 2 |\phi_x - \phi_r| \quad (46)$$

Dado que las coordenadas del transmisor y del receptor ya han sido aproximadas, siempre se obtendrá un número entero de casillas a considerar.

4.4.2 Obtencion de la matriz de alturas y distancias

Primeramente se obtendrá una matriz con la información correspondiente a las alturas del perfil del terreno entre los dos puntos a enlazar, y las distancias a que se encuentran dichas alturas, tomando el transmisor como punto de referencia.

Para la obtención de la matriz se evalúan las posiciones relativas de las dos estaciones entre las que mediará el radioenlace, así como también el ángulo que forma la trayectoria del radioenlace con la línea Este-Oeste.

Combinando las situaciones anteriores se tienen 8 diferentes formas de obtener el perfil:

- 1a. $\phi_T < \phi_R$ y $45^\circ < \Psi < 90^\circ$
- 2a. $\phi_T > \phi_R$ y $45^\circ < \Psi < 90^\circ$
- 3a. $\lambda_T < \lambda_R$ y $0^\circ < \Psi \leq 45^\circ$
- 4a. $\lambda_T > \lambda_R$ y $0^\circ < \Psi \leq 45^\circ$
- 5a. $\lambda_T < \lambda_R$ y $\Psi = 0^\circ$

$$6a. \quad \lambda_T > \lambda_R \quad y \quad \Psi = 0^\circ$$

$$7a. \quad \phi_T < \phi_R \quad y \quad \Psi = 90^\circ$$

$$8a. \quad \phi_T > \phi_R \quad y \quad \Psi = 90^\circ$$

Si $0^\circ \leq \Psi < 45^\circ$, se tomarán intervalos de 500 metros entre un punto y otro de longitud, y se calculará qué valor de latitud corresponde a cada incremento de 500 metros de longitud (ver fig. 35).

Se observa que el ángulo es menor a 45° y mayor a 0° , por lo tanto se tomará una lectura cada 500 metros de Longitud. El enlace entre las coordenadas de Lambert de longitud 590.0 Km y 595.0 Km, necesita de 11 casillas, según la ec. 45.

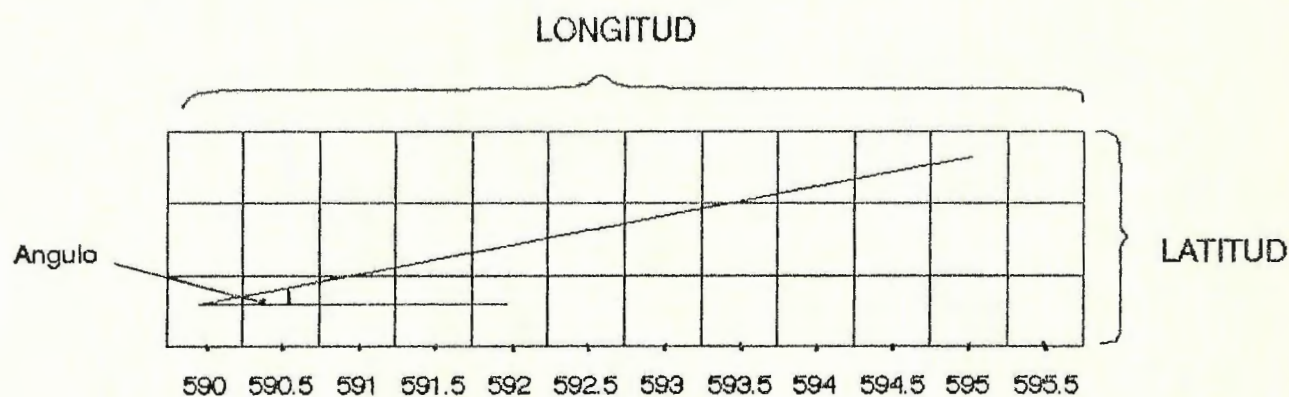


FIG. 35

TOMA DE MUESTRAS DE ALTURA EN BASE A LONGITUD

Los incrementos se irán dando de la siguiente manera: 590, 590.5, 591, 591.5, 592, 592.5, 593, 593.5, 594, 594.5 y 595 km.

Cuando el ángulo de la trayectoria está entre 45° y 90° se tomarán intervalos de 500 metros entre un punto y otro de latitud se calculará qué valor de longitud corresponde a cada incremento de 500 metros de latitud (ver fig 36).

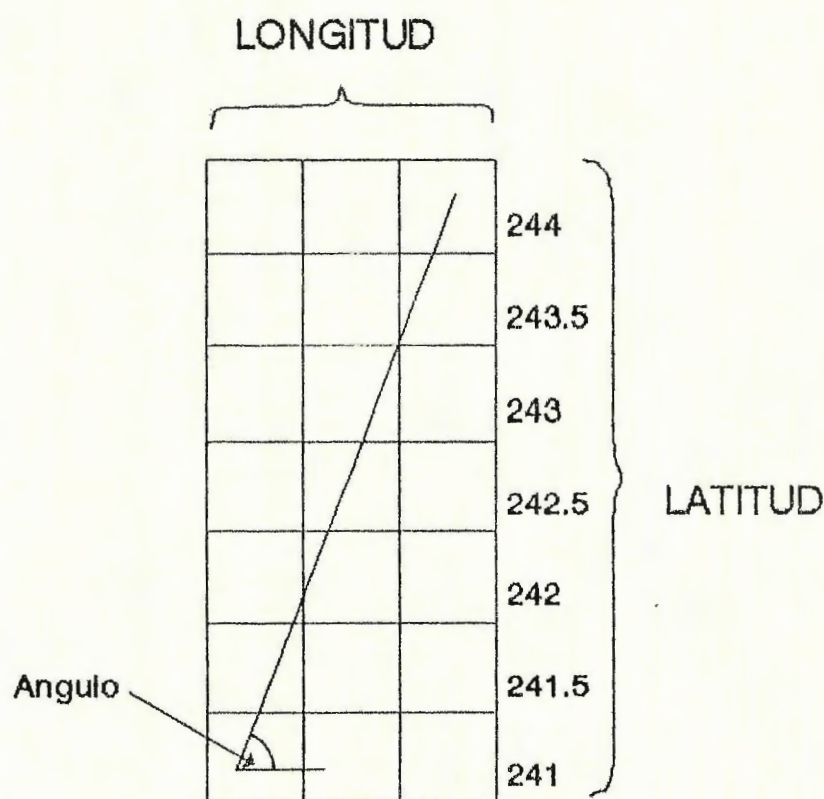


FIG. 36

TOMA DE MUESTRAS DE ALTURA EN BASE A LATITUD

Como se explicó anteriormente, cuando se tienen las coordenadas de longitud y latitud de un punto, se determina a qué cuadrante

corresponde para saber qué archivo de datos leer. Los intervalos para determinar a qué archivo corresponde un par de coordenadas, son los mostrados en la fig. 33.

4.4.3 Interpolación de alturas

Con el fin de obtener una reconstrucción más fiel de las alturas del terreno, se recurre al uso de una interpolación entre el registro por donde pasa la línea recta que une el transmisor con el receptor, y uno de los registros adyacentes a él.

La fig. 37 ilustra la forma en que se determina con la altura almacenada en cual de los registros adyacentes ha de realizarse la interpolación. Para ambos casos se toma como el registro por donde pasa la línea recta, el cuadro 2. En el caso (a), la línea recta se acerca más al cuadro 1 que al 3, mientras que en el caso (b), la línea recta está más cerca del cuadro 3 que del cuadro 1.

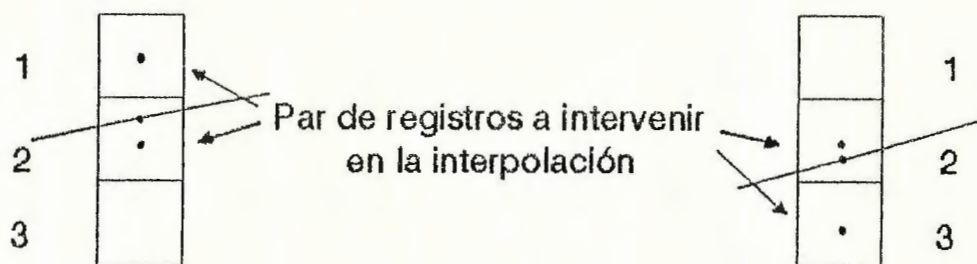


FIG. 37

REGISTROS QUE INTERVIENEN EN LA INTERPOLACION

Lo que se busca es establecer (para el caso a) cuál es el nivel de altura que corresponde a la línea recta en el lugar donde se intercepta con la línea punteada que une los puntos 1 y 2. A continuación se explica la técnica que se ha utilizado para establecer dicha altura.

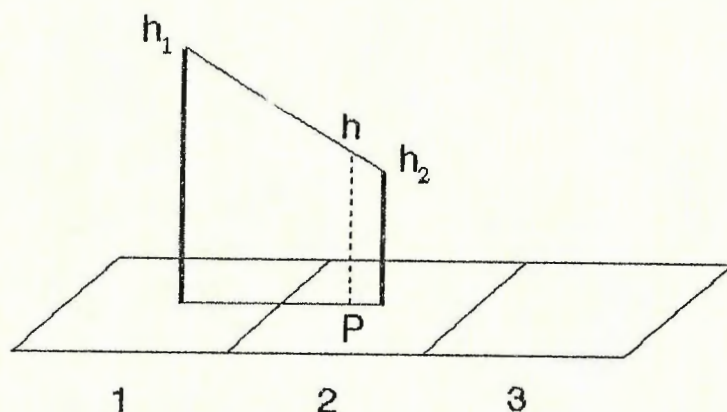


FIG. 38

DETALLE TRIDIMENSIONAL DE LA INTERPOLACION

Por medio de la fig. 38 se trata de mostrar el caso (a) de la fig. 37, ubicando ahora las alturas conocidas. Para la casilla 1 se tiene h_1 y para la casilla 2 se tiene h_2 ; la altura h que se desea calcular corresponde al punto P.

Una vista lateral de la fig. 38 permite una mejor apreciación de la forma en que se determina esta altura (ver fig. 39). A partir de dicho análisis surge la siguiente expresión:

$$h = h_1 + (h_2 - h_1) \cdot \left(\frac{P_1 - P}{P_1 - P_2} \right) \quad (47)$$

Donde P_1 , P y P_2 son las coordenadas en el eje horizontal de la fig 39. Dicho eje horizontal podría ser de coordenadas de longitud o de coordenadas de latitud, dependiendo de la trayectoria que siga el enlace.

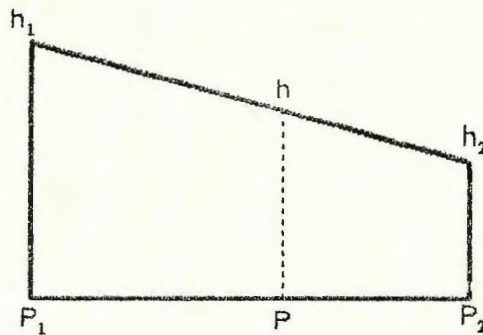


FIG. 39
VISTA LATERAL

Dada la forma en que se ha introducido la base de datos, la diferencia entre el P_1 y el P_2 siempre será de 500 metros.

Los únicos dos puntos que no se requieren interpolación de alturas son aquellos donde están ubicadas las antenas del transmisor y del receptor.

Aplicando los conceptos desarrollados en los items 4.4.2 y 4.4.3, se obtendrá la matriz de alturas y distancias para el terreno comprendido entre dos puntos con las siguientes coordenadas de Lambert:

Transmisor:

Coordenada de longitud: 590 km

Coordenada de latitud: 244 km

Receptor:

Coordenada de longitud: 599 km

Coordenada de latitud: 248 km

Los valores de longitud y latitud ya han sido redondeados. Debe averiguarse cuál es el ángulo que forma la trayectoria del radioenlace con la línea Este-Oeste, para la cual se recurre a la ec. 44:

$$\Psi = 23.962489^{\circ}$$

Como el ángulo es menor que 45° y mayor que 0° entonces el número de casillas a usar es determinado por la ec. 45:

$$\eta = 19$$

Se usarán intervalos de 500 metros entre un punto y otro de longitud, calculando el valor de latitud correspondiente. Así se completan la segunda y tercera columnas de la Tabla #3.

La cuarta columna de la tabla muestra el valor de latitud redondeada que es utilizado para averiguar cuál es el registro que se debe leer.

En la quinta y sexta columnas aparecen el archivo y el registro a leer, respectivamente.

La séptima columna muestra la altura leída en dicho registro (las alturas mostradas en la tabla son ficticias).

La octava y décima columnas muestran el archivo y la altura del registro (novena columna) con cuyo contenido hay que efectuar la interpolación de alturas para obtener el valor aproximado de la altura correspondiente al valor de latitud calculado previamente.

En la fig. 40 se ilustran todos los registros que intervienen en la obtención del perfil, tanto los que forman parte de la trayectoria del enlace como aquellos con los que se realiza la interpolación (es decir, los adyacentes).

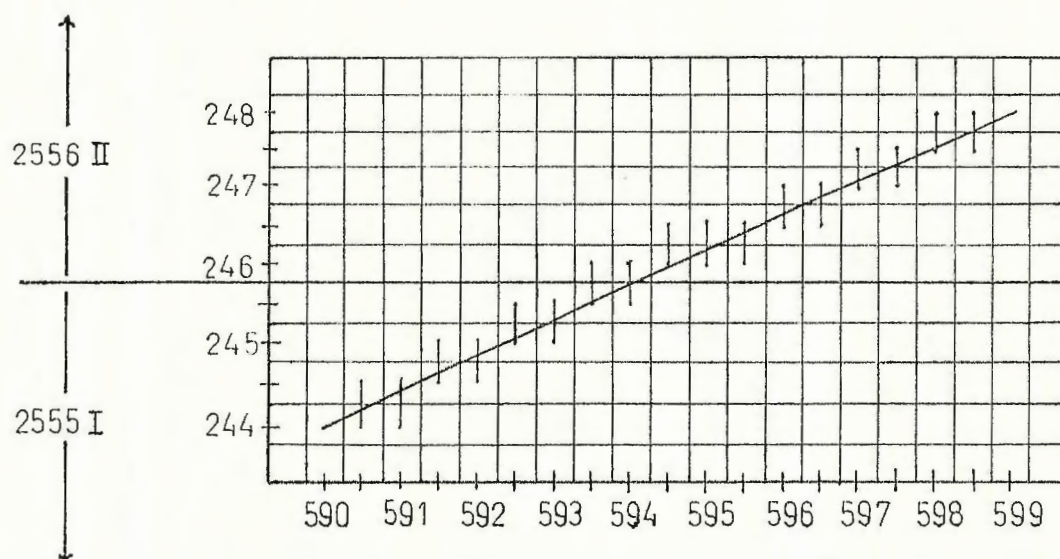


FIG. 40
DISPOSICION DE LOS REGISTROS A INTERPOLAR

CASILLA	λ (Km)	ϕ (Km)	ϕ Aprox. (Km)	Archivo	NR	h (m)	Arch. Reg. Adyacente	NR	h (m)	h Interpo- lada (m)	d (Km)
1	590	244	244	2555I	756	200	-	-	-	200	0
2	590.5	244.22	244	2555I	796	250	2555I	797	200	227.77	0.55
3	591	244.44	244.5	2555I	837	200	2555I	836	175	197.22	1.09
4	591.5	244.66	244.5	2555I	877	225	2555I	878	200	216.66	1.64
5	592	244.88	245	2555I	918	300	2555I	917	250	288.89	2.19
6	592.5	245.11	245	2555I	958	275	2555I	959	225	263.89	2.74
7	593	245.33	245.5	2555I	999	250	2555I	998	250	250	3.28
8	593.5	245.55	245.5	2555I	1039	250	2556II	950	275	252.78	3.83
9	594	245.77	246	2556II	988	225	2555I	1079	225	225	4.37
10	594.5	246	246	2556II	1026	200	2556II	1027	175	200	4.92
11	595	246.22	246	2556II	1064	200	2556II	1065	150	177.77	5.47
12	595.5	246.44	246.5	2556II	1103	150	2556II	1102	125	147.22	6.02
13	596	246.66	246.5	2556II	1141	200	2556II	1142	100	166.66	6.57
14	596.5	246.88	247	2556II	1180	250	2556II	1179	150	227.77	7.11
15	597	247.11	247	2556II	1218	350	2556II	1219	250	327.77	7.66
16	597.5	247.33	247.5	2556II	1257	375	2556II	1256	225	325	8.21
17	598	247.55	247.5	2556II	1295	400	2556II	1296	275	386.11	8.75
18	598.5	247.77	248	2556II	1334	425	2556II	1333	300	369.44	9.3
19	599	248	248	2556II	1372	450	-	-	-	450	9.85

TABLA #3

A continuación se analiza una de las interpolaciones. Considérese el caso de la octava casilla. La situación se ilustra en la fig. 41.

Introduciendo valores a la ec. 47:

$$h = 252.77 \text{ m}$$

De la misma manera se han calculado el resto de las alturas que se presentan en la undécima columna de la tabla.

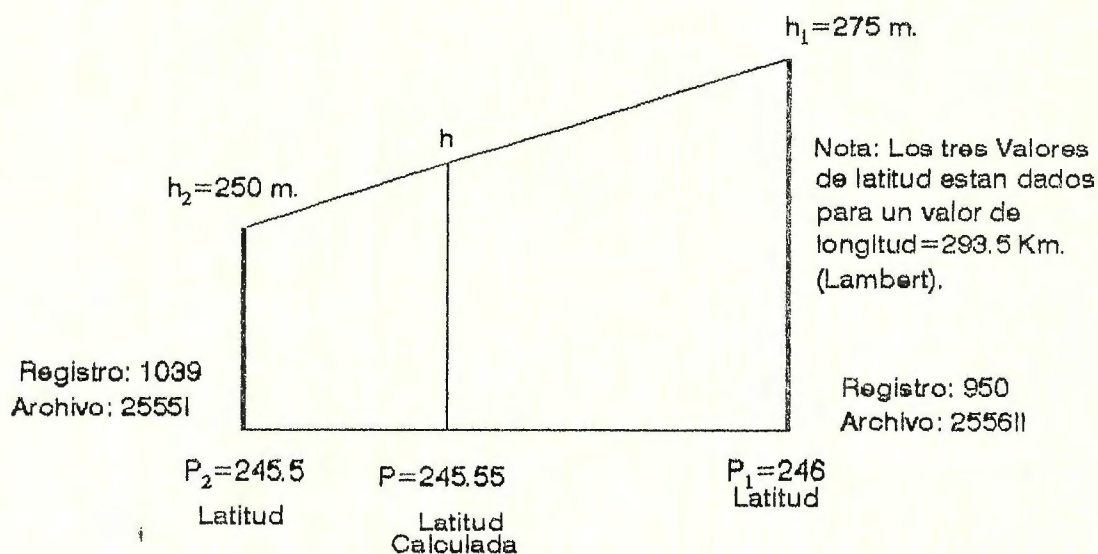


FIG. 41
EJEMPLO DE INTERPOLACION

En la duodécima columna, aparece la distancia (d) que hay entre la coordenada de longitud de la segunda columna y la de latitud de la tercera. Para calcular tal distancia se hizo uso de la siguiente expresión:

$$d = \sqrt{(\phi - \phi_T)^2 + (\lambda - \lambda_T)^2} \quad (48)$$

Toda la información mostrada en las últimas dos columnas es almacenada en una matriz para usarla posteriormente en el cálculo de la claridad de la primera zona de Fresnel. La matriz también es empleada para obtener en pantalla una visualización del perfil del terreno.

4.5 INTRODUCCION DE LOS DATOS

El programa requiere del usuario la introducción de ciertas variables de entrada. Dicha información puede ser agrupada de la siguiente manera:

- a) Localización geográfica de los puntos a enlazar:
 - * Coordenada de latitud del transmisor (GG.MMSSss).
 - * Coordenada de longitud del transmisor (GG.MMSSss).
 - * Coordenada de latitud del receptor (GG.MMSSss).
 - * Coordenada de longitud del receptor (GG.MMSSss).
- b) Características propias del enlace:
 - * Frecuencia de operación (MHz).
 - * Altura de la antena del transmisor (m).
 - * Altura de la antena del receptor (m).
- c) Coeficiente K de corrección del radio terrestre.
- d) Parámetros acerca de los niveles de potencia:

- * Pérdidas en los elementos terminales del transmisor (dB).
- * Pérdidas en los elementos terminales del receptor (dB).
- * Pérdidas en el cable del transmisor por unidad de longitud (dB/m).
- * Pérdidas en el cable del receptor por unidad de longitud (dB/m).
- * Longitud del cable de alimentación de antena del transmisor (m).
- * Longitud del cable de alimentación de antena del receptor (m).
- * Ganancia de la antena del transmisor (dB).
- * Ganancia de la antena del receptor (dB).
- * Potencia del transmisor (mW).

Los datos correspondientes a la localización geográfica de los puntos a enlazar han de ser introducidos de acuerdo al formato mostrado, es decir: grados, minutos, segundos y centésimas de segundo, con un punto separando los grados de los minutos.

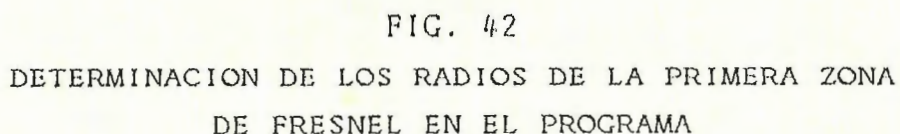
Finalmente, el programa pregunta al usuario si desea copias impresas del estudio efectuado; si el usuario efectivamente desea las impresiones debe oprimir la tecla S.

4.6 EVALUACION DEL GRADO DE VISIBILIDAD

En este apartado se procede a describir la forma mediante la cual el programa lleva a cabo el cálculo de la visibilidad entre los puntos a enlazar. En tal sentido, se explica como es efectuada la determinación de los radios de la primera Zona de

4.6.1 Determinación de los radios de la primera zona de Fresnel

Los radios de las diferentes zonas de Fresnel (la primera no es la excepción) son perpendiculares a la recta imaginaria que une a la antena del transmisor con la del receptor. En la fig. 42 se ilustra el procedimiento.



Mediante métodos numéricos de obtención de raíces, se encuentra la distancia t_2 (ubicada sobre la línea que une al transmisor con el receptor); a dicha distancia el radio de la primera zona de Fresnel es r_2 , en cual coincide con la distancia T_2 (ubicación de la casilla 2). De esta manera se determina la altura H_2 a la cual se encuentra ubicado el radio r_2 respecto a la Tierra.

De la misma forma se van encontrando los radios r_3, r_4, \dots, r_{n-1} , los cuales corresponden a las casillas 3, 4, ..., $n-1$ en las cuales se tiene, respectivamente, las alturas H_3, H_4, \dots, H_{n-1} .

Debe tenerse en cuenta que el radio de la primera zona de Fresnel es igual a cero en los extremos del radioenlace, es decir en los puntos donde se localizan las antenas de transmisión y recepción (casillas 1 y n) y por lo tanto la altura H_1 coincidirá con la altura efectiva de la antena del transmisor, mientras que la altura H_n lo hará con la del receptor.

4.6.2 Determinación de los márgenes de visibilidad

La determinación de los márgenes de visibilidad sobre la primera zona de Fresnel se efectúa según se detalla a continuación: se resta a la altura del perfil (modificada por el coeficiente de corrección del radio terrestre) la altura a que se encuentra el radio de la primera zona de Fresnel. Si el resultado es negativo significa que no existe obstrucción, es decir que hay un 100 % de claridad.

De acuerdo a lo anterior, se tienen dos posibilidades:

- a) Si $h_i - H_i < 0$ no hay obstrucción.
- b) Si $h_i - H_i > 0$ hay obstrucción.

Donde:

h_i = Altura corregida de un punto i cualquiera del terreno, donde $i = 1, 2, \dots, n$.

H_i = Altura a la que se encuentra el radio de la primera zona de Fresnel que corresponde al punto i .

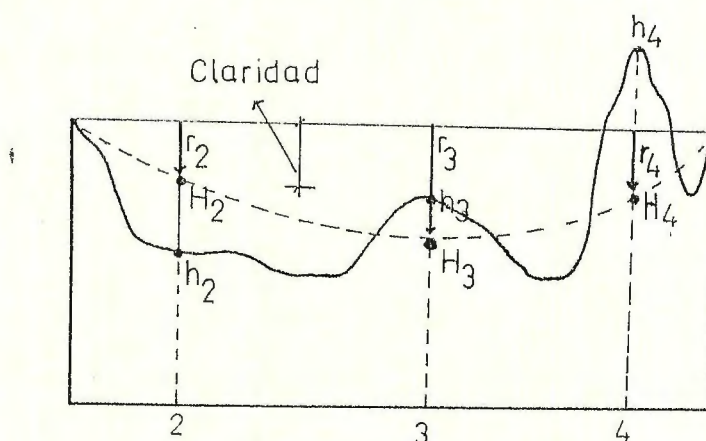


FIG. 43

DETERMINACION DE LA VISIBILIDAD

En la fig. 43 se ilustran varias situaciones. En el caso del punto 4, cuando se efectúe la resta $h_4 - H_4$ se obtendrá un valor positivo y mayor que r_4 , por lo tanto ninguna porción del radio de la primera zona de Fresnel queda sin ser obstruída (hay 0 %

de visibilidad). En el caso del punto 2 sucede todo lo contrario, de manera que hay un 100 % de visibilidad. La situación del punto 3 presenta características distintas; la diferencia $h_3 - H_3$ es positiva pero menor que el radio r_3 , por cuanto existe un porcentaje de claridad diferente de cero que puede ser calculado por medio de la ec. 21. Adecuando dicha ecuación a la nomenclatura utilizada en éste ítem, se tiene:

$$\%V = \left(1 - \frac{h_i - H_i}{r_{ti}} \right) \cdot 100\% \quad (49)$$

Se evalúan una a una las casillas de la matriz del perfil y si en él existieran varios puntos obstruídos, el programa reportaría el dato correspondiente al peor porcentaje de visibilidad (el menor de todos).

4.7 EVALUACION DE VISIBILIDAD PARA DIFERENTES VALORES DE K

Hay una rutina del programa encargada de efectuar una evaluación del porcentaje de visibilidad para diferentes condiciones atmosféricas considerando distintos valores para el coeficiente de corrección del radio terrestre (K).

Esta rutina involucra lo siguiente:

- a) Tal como se hizo cuando se utilizó el valor de K introducido por el usuario, se corrigen las alturas del perfil en base a los diferentes coeficientes a tabular.

- b) Desde la casilla 2 hasta la $\eta - 1$ se hace la evaluación para determinar si la primera zona de Fresnel se encuentra obstruida.
- c) En caso de que se determine que el radio de la primera zona de Fresnel no se encuentre completamente despejado, se determina el porcentaje de claridad del que se dispone.
- d) Se efectúa la evaluación para todos los puntos que se encuentran entre las estaciones a enlazar y se registra el menor porcentaje de visibilidad calculado para su posterior presentación.

4.8 EVALUACION DE LAS PERDIDAS

El programa solicita al usuario la información necesaria para calcular el nivel de potencia que llegaría al receptor, en base a lo desarrollado en el capítulo 3.

El cálculo de las pérdidas es efectuado siempre que la visibilidad no sea completamente nula.

4.9 ENTREGA DE RESULTADOS

El programa proporciona los resultados de la evaluación en pantalla y, si así lo desea el usuario, también en papel. Tales resultados incluyen:

- * La reconstrucción del perfil entre las estaciones con la línea vista y el trazo que demarca la primera zona de Fresnel para el valor de K introducido por el usuario;
- * Un listado de los niveles de visibilidad del enlace para diferentes valores del coeficiente de corrección del radio terrestre; y
- * Una evaluación de las pérdidas a lo largo del trayecto.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El programa presentado ha sido diseñado en base a experiencias en en planeamiento de radioenlaces en las bandas de UHF y SHF. En tal sentido, se pretende mejorar la metodología actual de determinación de visibilidad. El programa será valioso en la medida que contribuya a mejorar la fase de diseño, ya que permitirá evaluar diversas alternativas para un radioenlace determinado con una rapidez relativamente alta.

El proceso de planificación de un sistema de radiocomunicación requiere de la construcción manual de un perfil topográfico, lo cual es una tarea muy tediosa que podría llevarse varios días de trabajo, dependiendo de la longitud de las trayectorias a considerar.

El programa proporciona la facilidad de evaluar diferentes perfiles en muy poco tiempo, y además permite la generación de reportes con datos importantes que sirvan de apoyo para llevar un control de los enlaces que se tienen, y así evaluar las distintas combinaciones de equipo y ubicación de antenas para que el usuario seleccione la más conveniente según los aspectos tecnológico y económico.

Los tiempos de respuesta del programa desarrollado son extremadamente cortos; por ejemplo, la determinación del nivel de visibilidad de un radioenlace entre las localidades de Jucuapa y el Cerro El Pacayal toma alrededor de nueve segundos, medidos desde que el usuario introduce el último dato hasta que se despliega el perfil en la pantalla de la computadora. Tiempo adicional puede requerirse para imprimir resultados. Las tabulaciones de niveles de visibilidad a diferentes valores de K y la evaluación de las pérdidas son entregadas casi instantáneamente.

El programa ha demostrado su confiabilidad; la ventaja más determinante para su utilización es la versatilidad en el proceso de diseño, ya que facilita al usuario, la determinación de las mejores opciones para realizar el radioenlace, ahorrándose el trabajo de escritorio que implica la reconstrucción del perfil por métodos manuales.

En vista de lo antes expuesto se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1a. El pronóstico, que requiere del conocimiento de la topografía del terreno, proporciona datos más rápidos que los métodos manuales.
- 2a. La base de datos que requiere el programa es almacenada en un archivo, guardando concordancia con la capacidad de memoria del equipo utilizado. Todo el software puede ser almacenado en una sola unidad de diskette de 3½" de alta densidad.

- 3a. La base de datos se elaboró con una densidad de determinación de alturas muy alta, tomando muestras cada 500 metros, con lo cual se logra tener una mayor precisión en la determinación de los perfiles.
- 4a. El trabajo de recopilación de datos de alturas es un procedimiento que se realiza manualmente una sola vez; requiere mucho tiempo, ya que el determinar las altura con la escala utilizada, es bastante tedioso.
- 5a. Se utilizaron mapas a esc. 1:50,000, dado que de las escalas de los mapas que ofrece el Instituto Geográfico Nacional, ésta es la que mejor permite apreciar el relieve del terreno.
- 6a. La base de datos puede ser expandida para cubrir todo el territorio nacional y, si se desea, los territorios de los países vecinos.
- 7a. La base de datos del relieve de estos terrenos podría ayudar no solo a los proyectos de radioenlaces, sino que también sería aplicable a la planificación de interconexiones eléctricas o cualquier otro proyecto que requiera de un estudio topográfico.

5.2 RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones antes mencionadas, se hará una serie de recomendaciones para que sean tomadas en cuenta por los usuarios del programa:

- 1a. Es recomendable que el usuario esté familiarizado con el planeamiento de radioenlaces, para que le sea familiar la utilización de los mejores criterios de diseño.
- 2a. El usuario deberá determinar de antemano las coordenadas en grados, minutos, segundos y centésimas de segundo de la ubicación de las estaciones a enlazar.
- 3a. El usuario deberá utilizar el programa, tomando en cuenta las características propias de los radioenlaces, verificando los valores obtenidos en los análisis con los valores de tolerancia que recomiendan los fabricantes para sus equipos.
- 4a. Se recomienda buscar diferentes alternativas, variando las características del enlace, del equipo, e inclusive de la ubicación geográfica.
- 5a. Se recomienda hacer un análisis económico exhaustivo, así como técnico para facilitar la toma de decisiones en el proceso de diseño.
- 6a. Se recomienda la introducción de otras bases de datos de puntos estratégicos que aún no se han considerado, así como la actualización de los cuadrantes que han sufrido modificaciones a raíz del veredicto de la Corte Internacional de La Haya con respecto a la delimitación de fronteras con el territorio hondureño.

GLOSARIO

ABSORCION: Disminución de intensidad sufrida por una radiación al atravesar ésta un medio.

ANTENA: Conductor o arreglo de conductores o dispositivos de cualquier clase destinado a la irradiación y captación de ondas electromagnéticas. Tiene la misión de acoplar el emisor o el receptor, según sea el caso, con el espacio.

ANTENA ISOTROPICA: Antena hipotética, cuyas propiedades de transmisión y recepción son iguales en todas direcciones.

ARCHIVO: Unidad básica de almacenamiento en un disco. Es una colección de datos relacionados entre sí.

BASE DE DATOS: Archivo o grupo de archivos que contienen registros con datos relacionados entre sí. La base de datos podría incluir archivos tales como los de índice, reporte o búsqueda.

BASTIDOR: Armazón fija, generalmente metálica, sobre la cual son montados aparatos, paneles o platinas de soporte de órganos.

CABLE COAXIAL: Cable formado por dos conductores concéntricos aislados entre sí.

CAMPO: Unidad básica de información de un registro.

CLARIDAD DE FRESNEL: Ver visibilidad de Fresnel.

COEFICIENTE DE REFLEXION: Raiz cuadrada de la razón de la potencia reflejada por una superficie a la potencia incidente.

DESVANECIMIENTO: Disminución del nivel de la señal recibida con respecto al nivel que se obtiene en condiciones normales.

DIFRACCION: Encurvamiento de la dirección de propagación al rozar los bordes de un cuerpo o de una abertura, con el resultado de que la onda se extiende en la zona de sombra del cuerpo. La difracción hace que las ondas contorneen los obstáculos como si no se propagaran en línea recta. El efecto es más pronunciado cuando el obstáculo es pequeño en relación con la longitud de onda. Se debe a la interferencia entre las componentes de la onda dispersadas por diferentes partes del cuerpo u obstáculo.

DUCTO ATMOSFERICO: Estratificación atmosférica que, en ciertas condiciones de humedad y temperatura, conduce las ondas radioeléctricas de igual modo que una guía de ondas, dándoles un alcance mucho mayor que el normal.

DUPLEXOR: Dispositivo o sistema de acoplamiento que permite utilizar una sola antena y una sola línea de transmisión para la emisión y recepción de señales.

FIBRA OPTICA: Fibra flexible ópticamente transparente, de vidrio o plástico, a lo largo de la cual puede transmitirse luz por reflexiones internas sucesivas.

FRENTE DE ONDA: Superficie continua que define la parte inicial de una onda que se propaga por el espacio.

GUIA DE ONDAS: Conducto metálico de sección circular, rectangular o elíptica, destinado a guiar o conducir por su interior señales de microondas.

INDICE DE REFRACCION: Relación entre la velocidad de propagación de una onda electromagnética en el vacío y la velocidad de propagación de la misma en el medio en que se encuentra.

INVERSION DE TEMPERATURA: Normalmente la temperatura atmosférica disminuye con la temperatura y la temperatura del agua del mar lo hace con la profundidad. Se llama inversión de temperatura al fenómeno por el cual la temperatura aumenta con la altura o con la profundidad, según el caso.

MARGEN DE DESVANECIMIENTO: Diferencia entre la potencia recibida en condiciones de propagación de espacio libre y la potencia mínima permitida a la entrada del receptor.

PROPAGACION: Movimiento progresivo de una onda a través de un medio.

RADIACION ELECTROMAGNETICA: Radiación relacionada con campos eléctricos y magnéticos que varían periódicamente y se propagan a la velocidad de la luz.

RADIADOR ISOTROPICO: Radiador que emite energía igualmente en todas direcciones.

RADIOENLACE: Enlace establecido a través del espacio por medio de señales radioeléctricas.

RECEPTOR: Equipo destinado a la recepción de mensajes

transmitidos.

REFLEXION: Fenómeno por el cual una onda que se propaga por un medio e incide sobre otro de características distintas, retorna al primero.

REFRACCION: Refringencia. Es el cambio en la dirección de propagación de una onda al pasar oblicuamente de un medio a otro en el que la velocidad de propagación es diferente.

REGISTRO: Conjunto de campos relacionados entre sí, de información manejada como una unidad; es la unidad de información básica de una base de datos.

SISTEMA DE PRESURIZACION: Sistema que permite conservar libre de humedad y otros agentes las paredes de las guías de onda.

SOFTWARE: Soporte lógico mediante el cual una computadora realiza un trabajo específico.

SUPERVISION: Conjunto de procedimientos cuya finalidad es la de informar sobre el estado de un radioenlace para facilitar la operación y mantenimiento de las estaciones.

TRANSCEPTOR: Emisor y receptor de radio combinados en un solo aparato.

TRANSMISOR: Equipo destinado a la transmisión o emisión de señales.

UMBRAL DEL RECEPTOR: Potencia mínima que puede ser reconocida a la entrada del receptor.

VANO: Espacio que media entre dos estaciones a enlazar vía radio.

VISIBILIDAD DE FRESNEL: Nivel de la separación entre la trayectoria del haz radioeléctrico y un obstáculo que determina el grado de atenuación introducida por la presencia de éste.

ZONA DE FRESNEL: Región elipsoidal alargada que rodea el eje de un par de antenas direccionales simétricas. Hay un infinito número de ellas. La suma de la distancia de cualquier punto de la superficie limítrofe de la n -ésima zona es n veces media longitud de onda mayor que la distancia directa entre las mismas antenas.

ANEXOS

ANEXO 1

LISTADO DEL PROGRAMA

S.V.R.

ANEXO 1

PROGRAMA DE SIMULACION PARA LA PREDICCIÓN DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

```
program SVR;

uses
  crt, graph, printer, dos;

type
  string9 = string[9];
  string20 = string[20];
  qohjslgo = array[1..5] of real;
  Qohjslgo1 = array[1..6] of real;
  Qohjslgon = array[1..6, 1..5] of String9;
  qohjslgl = record
    nombre : string20;
    altura : real;
  end;

const
  n: integer = 6;
  on = true;
  off = false;
  fin: boolean = false;
  2x: qohjslgo = (527, 554, 581, 608, 635);
  2y: qohjslgo1 = (320, 302, 283, 265, 246, 226);
  3des: qohjslgo1 = (37, 36, 38, 36, 38, 40);
  qohjslgl: qohjslgon = (
    ( ' ', ' ', '2558iii', ' ', ' '),
    ( ' ', '2557lv', '2557l', '2657lv', ' '),
    ('2457iii', '2557iii', '2557iii', '2657iii', '2657iii'),
    ( ' ', '2556lv', '2556l', '2656lv', ' '),
    ( ' ', '2556iii', '2556iii', '2656iii', ' '),
    ( ' ', '2555lv', '2555l', '2655lv', ' '));
  prnsld: real = 88.142; jsojgws: real = 88.025;
  lsjflwj: real = 13.142; jslgfjs: real = 13.25;
  Wwpsndtx: real = 25; wwpsndrx: real = 25;
  jsljsfj: real = 345; k: real = 1.333333;
  Cabletx: real = 0; cablerx: real = 0;
  duplextx: real = 0; duplexrx: real = 0;
  llcbledstx: real = 0; llcbledsrx: real = 0;
  gananttx: real = 0; ganantrx: real = 0; potenciatx: real = 1;
  estaciona: string20 = ''; estacionb: string20 = ''; terminar
  : boolean = false;
  lfs: real = 0; lzf: real = 0; lt: real = 0;
```

```

var
    driver,mode,
    l,c5,registro:integer;
    lnglsdtx,lnglsdrx,
    psjglstx,psjglrnx,
    teta,alpha,
    kl,xx,yy,
    x1,x2,y1,y2,x,y,
    h,h1,h2,h3,
    resta1,resta2,temporal,
    lshglsew,localidad,
    lnglmb,lttlbt:real;
    componente:qohjslgl;
    qohjslgl detrabajo:file of qohjslgl;
    qohjslgl aleer,dato:string20;
    glotx:array[1..2,1..200] of real;
    Lsngglat,poporopo,alturak:array[1..200] of real;
    opcion,ch,caracter:char;
    Muygrande:boolean;

procedure proc01;
begin
    xx:=getmaxx;
    yy:=getmaxy;
    driver:=detect;
    Initgraph(driver,mode,'');
    if graphresult <> grok then
        halt(1);
end;

procedure proc02(condicion:boolean);
const
    s:array[1..17,1..3] of integer=
        ((264,220,120),(264,220,100),(314,160,115),(352,170,110),
        (264,220,115),(264,200,100),(235,120,100),(247,150,100),
        (264,220,115),(264,220,100),(314,160,120),(352,170,120),
        (264,220,115),(264,200,105),(235,120,100),(247,150,100),
        (264,280,215));

var
    Mitadhoriz,cuartohoriz,alto,i,j: integer; tecla:char;
    sonido:real;

    procedure proc03;
    begin
        settxtstyle(smallfont,horizdir,6);
        outtextxy(mitadhoriz,alto*48,
            'Presione cualquier tecla para continuar');
        setcolor(black);
    end;

```



```

repeat
  case 1 of
    1: setlinestyle(userbitln,$8888,thickwidth);
    2: setlinestyle(userbitln,$4444,thickwidth);
    3: setlinestyle(userbitln,$2222,thickwidth);
    4: begin
        l:=0;
        setlinestyle(userbitln,$1111,thickwidth);
      end;
  end;
  inc(l);
  line(cuartohoriz,alto*25,cuartohoriz*3,alto*25);
  sound(500);
  delay(30);
  nosound;
  delay(30);

  setcolor(yellow);

  line(cuartohoriz,alto*25,cuartohoriz*3,alto*25);

  setcolor(blue);

until keypressed;
tecla:=readkey;
setcolor(white);
end;

begin
  l:=1;
  mitadhoriz:=getmaxx div 2;
  cuartohoriz:=getmaxx div 4;
  alto:=getmaxy div 50;
  setttextjustify(centertext,centertext);
  setttextstyle(triplexfont,horizdir,6);

  setfillstyle(solidfill,lightblue);
  bar(0,0,getmaxx,alto*16);
  setfillstyle(solidfill,lightblue);
  bar(0,alto*16,getmaxx,alto*33);
  setfillstyle(solidfill,lightblue);
  bar(0,alto*33,getmaxx,getmaxy);

  setcolor(white);

  for j:=1 to 17 do begin
    sound(s[j],1);
    delay(s[j],2);
    nosound;
  end;
end;

```

```
delay(s[,3]);
end;
```

```
outtextxy(mitadhoriz,alto*9,'SVR');
nosound;
delay(200);
settextstyle(smallfont,horizdir,6);
outtextxy(mitadhoriz,alto*17,'Simulacion de Visibilidad');
outtextxy(mitadhoriz,alto*19,'en Radioenlaces');
delay(200);
outtextxy(mitadhoriz,alto*34,'Creado por:');
{audio;}
outtextxy(mitadhoriz,alto*36,'Roberto Carlos Alvarenga
Urias');
{audio;}
outtextxy(mitadhoriz,alto*38,'Oscar Giovanni Duran Vizca-
rra');
{audio;}
outtextxy(mitadhoriz,alto*40,'Carlos Alberto Crespin
Yanez');
outtextxy(mitadhoriz,alto*44,'1993');
setlinestyle(solidln,0,normwidth);
```

```
setfillstyle(solidfill,lightmagenta);
setcolor(black);
```

```
sector(cuartohoriz-alto*4,alto*38,90,180,alto*5,alto*13);
arc(cuartohoriz,alto*25,120,240,alto*4);
line(cuartohoriz-alto*4,alto*25,cuartohoriz,alto*25);
sector(cuartohoriz*3+alto*4,alto*38,0,90,alto*5,alto*13);
arc(cuartohoriz*3,alto*25,300,420,alto*4);
line(cuartohoriz*3,alto*25,cuartohoriz*3+alto*4,alto*25);
if not condicion then delay(800)
    else proc03;
randseed:=1;
setcolor(white);
setlinestyle(solidln,0,normwidth);
setfillstyle(solidfill,white);
j:=0;
```

```
repeat
    sound(j*j div 4);
    circle(getmaxx div 2, getmaxy div 2, 3*j);
    inc(j);
until j = (getmaxx div 6)+35{32000};
nosound;
setfillstyle(solidfill,blue);
bar(0,0,getmaxx,getmaxy);
delay(1500);
```

end;

procedure cuaddeok1(var Lüs11_1:real);

begin

if (frac(Lüs11_1) >= 0.25) and (frac(Lüs11_1) < 0.75)

then Lüs11_1:=int(Lüs11_1)+0.5;

if (frac(Lüs11_1) >= 0.0) and (frac(Lüs11_1) < 0.25)

then Lüs11_1:=int(Lüs11_1);

if (frac(Lüs11_1) >= 0.75) and (frac(Lüs11_1) < 1.0)

then Lüs11_1:=int(Lüs11_1)+1.0;

end;

procedure Cuaddeok2(Lüs11_2:real);

begin

if frac(Lüs11_2) >= 0.5 then temporal:=

(frac(Lüs11_2)-0.5)*2

else temporal:=frac(Lüs11_2)*2;

end;

procedure levalcc;

begin

x1:=Lnglsdtx/1000;

cuaddeok1(x1);

y1:=psjglstx/1000;

cuaddeok1(y1);

x2:=lnglsdrx/1000;

cuaddeok1(x2);

y2:=psjglstrx/1000;

cuaddeok1(y2);

if x1=x2 then teta:=pi/2

else teta:=arctan(abs((y2-y1)/(x2-x1)));

if ((teta>=0) and (teta< (pi/4))) then n:=round((

abs(x1-x2))*2+1)

else n:=round((abs(y1-y2))*2+1);

if n>200 then begin

gotoxy(10,15);

write('Distancia demasiado grande');

sound(400);

delay(1500);

nosound;

muygrande:=true;

end;

end;

procedure darkvader;

begin

lshglsew:=0;localidad:=0;lzf:=0;

for i:=1 to n do begin

alturak[i]:= glotx[2,i] + glotx[1,i]*


```

                (glotx[1,n]- glotx[1,i])/
                (k1*12.74);
Restal:=alturak[i] - (lsnglat[i]-poporopo[i]);
if ((i=1) or (i=n)) then
resta2:=0
else resta2:=(restal/poporopo[i]);
if resta2 > 0 then
    if resta2 > lshglsew then begin
        lshglsew:=resta2;
        localidad:=glotx[1,i];
        if lsnglat[i]-alturak[i]>0 then
            lzf:= 13+20*(ln( sqrt(2) * (lsnglat[i]-alturak[i]) /
                poporopo[i] )) / (ln(10)));
        end;
    end;
if lshglsew>1 then lshglsew:=1;
end;

procedure porky;

procedure leer(Lüsk11_x,Lüsk11_y:real);
var
    p,q:integer;
    inferiorx,inferiory,
    dep1000:real;
begin
    cuaddeok1(Lüsk11_x);
    cuaddeok1(Lüsk11_y);

    if ((Lüsk11_x >= 527) and (Lüsk11_x < 554)) then p:=1;
    if ((Lüsk11_x >= 554) and (Lüsk11_x < 581)) then p:=2;
    if ((Lüsk11_x >= 581) and (Lüsk11_x < 608)) then p:=3;
    if ((Lüsk11_x >= 608) and (Lüsk11_x < 635)) then p:=4;
    if ((Lüsk11_x >= 635) and (Lüsk11_x < 662)) then p:=5;

    if ((Lüsk11_y >= 320) and (Lüsk11_y < 338)) then q:=1;
    if ((Lüsk11_y >= 302) and (Lüsk11_y < 320)) then q:=2;
    if ((Lüsk11_y >= 283) and (Lüsk11_y < 302)) then q:=3;
    if ((Lüsk11_y >= 265) and (Lüsk11_y < 283)) then q:=4;
    if ((Lüsk11_y >= 246) and (Lüsk11_y < 265)) then q:=5;
    if ((Lüsk11_y >= 226) and (Lüsk11_y < 246)) then q:=6;

    inferiorx := 2*x[p];
    inferiory := 2*y[q];
    dep1000 := 0.3*des1[q];
    qohjsglaleer := qohjsgl1s[q,p];
    Lüsk11_x := Lüsk11_x - inferiorx;
    Lüsk11_y := Lüsk11_y - inferiory;
    registro:=round( (2*Lüsk11_x*dep1000) + (2*Lüsk11_y) );

```

```

assign(qohjsgldetrabajo,qohjsglaleer);
{$!-}
reset(qohjsgldetrabajo);
{$!+}
if loresult <> 0 then begin
    gotoxy(25,10);
    writeln('No se pueden leer los archivos');
    delay(1500);
    setgraphmode(mode);
    closegraph;
    halt;
end;
seek(qohjsgldetrabajo,registro);
read(qohjsgldetrabajo,componente);
h := componente.Altura;
close(qohjsgldetrabajo);
end;

begin
    if ( (teta>0) and (teta<= (pi/4)) and (x1<x2) ) then begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            y:=( (y1-y2)/(x1-x2) )*(i/2 - 0.5) + y1;
            Glotx[1,i]:=sqrt( sqrt(i/2 - 0.5) + Sqr(y-y1) );
            leer(x1 + i/2 - 0.5,y);
            h3:=h;
            if ((frac(y)<0.25) and (frac(y)>=0.0)) or
                ((frac(y)<0.75) and (frac(y)>=0.5)) then begin
                Leer(x1 + i/2 - 0.5,y + 0.5);
                h1:=h3;
                h2:=h;
            end
            else begin
                Leer(x1 + i/2 - 0.5,y - 0.5);
                h1:=h;
                h2:=h3;
            end;
            cuaddeok2(y);
            Glotx[2,i]:=h1 + temporal*( h2-h1 );
        end;
    end;

    if ( (teta>0) and (teta<= (pi/4)) and (x1>x2) ) then begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            y:=( (y1-y2)/(x1-x2) )*(0.5 - i/2) + y1;
            Glotx[1,i]:=sqrt( sqrt(0.5 - i/2) + Sqr(y-y1) );
            leer(x1 + 0.5 - i/2,y);
            h3:=h;
            if ((frac(y)<0.25) and (frac(y)>=0.0)) or
                ((frac(y)<0.75) and (frac(y)>=0.5)) then begin

```

```

        Leer(x1 + 0.5 - i/2, y + 0.5);
        h1:=h3;
        h2:=h;
        end
    else begin
        Leer(x1 + 0.5 - i/2, y - 0.5);
        h1:=h;
        h2:=h3;
        end;
    cuadeok2(y);
    Glotx[2,i]:=h1 + temporal*( h2-h1 );
    end;

end;

if ( (teta<( pi/2 )) and (teta>( pi/4 )) and (y1<y2) ) then
begin
    for i:=2 to (n-1) do begin
        x:=( (x1-x2)/(y1-y2) )*(i/2 - 0.5) + x1;
        Glotx[1,i]:=sqrt( sqr(i/2 - 0.5) + Sqr(x-x1) );
        leer(x,y1 + i/2 - 0.5);
        h3:=h;
        if ((frac(x)<0.25) and (frac(x)>=0.0)) or
            ((frac(x)<0.75) and (frac(x)>=0.5)) then begin
            Leer(x + 0.5,y1 + i/2 - 0.5);
            h1:=h3;
            h2:=h;
            end
        else begin
            Leer(x - 0.5,y1 + i/2 - 0.5);
            h1:=h;
            h2:=h3;
            end;
        cuadeok2(x);
        Glotx[2,i]:=h1 + temporal*( h2-h1 );
        end;
    end;

    if ( (teta<( pi/2 )) and (teta>( pi/4 )) and (y1>y2) ) then
    begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            x:=( (x1-x2)/(y1-y2) )*(0.5 - i/2) + x1;
            Glotx[1,i]:=sqrt( sqr(0.5 - i/2) + Sqr(x-x1) );
            leer(x,y1 + 0.5 - i/2);
            h3:=h;
            if ((frac(x)<0.25) and (frac(x)>=0.0)) or
                ((frac(x)<0.75) and (frac(x)>=0.5)) then begin
                Leer(x + 0.5,y1 + 0.5 - i/2);
                h1:=h3;
                h2:=h;
            end
        end;
    end;
end;

```



```

        end
        else begin
            Leer(x - 0.5, y1 + 0.5 - i/2);
            h1:=h;
            h2:=h3;
            end;
        + cuaddeok2(x);
        Glotx[2,i]:=h1 + temporal*( h2-h1 );
        end;
    end;

    if ( (teta=0) and (x1<x2) ) then begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            x:=x1 + i/2 - 0.5;
            Glotx[1,i]:=i/2 - 0.5;
            Leer(x,y1);
            glotx[2,i]:=h;
            end;
    end;

    if ( (teta=0) and (x1>x2) ) then begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            x:=x1 + 0.5 - i/2;
            Glotx[1,i]:=i/2 - 0.5;
            Leer(x,y1);
            glotx[2,i]:=h;
            end;
    end;

    if ( (teta=( pi/2 )) and (y1<y2) ) then begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            y:=y1 + i/2 - 0.5;
            Glotx[1,i]:=i/2 - 0.5;
            Leer(x1,y);
            glotx[2,i]:=h;
            end;
    end;

    if ( (teta=( pi/2 )) and (y1>y2) ) then begin
        for i:=2 to (n-1) do begin
            y:=y1 + 0.5 - i/2;
            Glotx[1,i]:=i/2 - 0.5;
            Leer(x1,y);
            glotx[2,i]:=h;
            end;
    end;

    glotx[1,1]:=0;
    glotx[1,n]:=sqrt( sqr(x1-x2) + sqr(y1-y2) );

```

```

leer(x1,y1);estaciona:=componente.nombre;
Glotx[2,1]:=h;
leer(x2,y2);estacionb:=componente.nombre;
Glotx[2,n]:=h;

```

```

for i:=1 to n do begin
lsngglat[i]:= (((wwpsndrx + glotx[2,n]) -
                (wwpsndtx + glotx[2,1]))/
                glotx[1,n]) * glotx[1,i] +
                (wwpsndtx + glotx[2,1]));
poporopo[i]:= 547*sqrt(((glotx[1,i]*
                (glotx[1,n]-
                glotx[1,i]))/
                (jsljsfj*glotx[1,n])));

```

```

end;

```

```

end;

```

```

procedure bartsimp;
var c1,c2,c3:integer;
    c4,a:real;
    color:word;

```

```

begin

```

```

write(1st,chr(27),chr(64));
write(1st,chr(27),'A',chr(8));
write(1st,chr(27),'L',chr(getmaxy mod 256),chr(getmaxy div
256));
a:=0;

```

```

for c2:=getmaxy downto 0 do write(1st,chr(round(a)));
writeln(1st);

```

```

for c1:=0 to (getmaxx div 8) do begin
write(1st,chr(27),'L',chr((getmaxy*2) mod 256),
chr((getmaxy*2) div 256));

```

```

    for c2:=getmaxy downto 0 do begin
        a:=0;

```

```

        for c3:=7 downto 0 do begin
            color:=getpixel(7-c3+(8*c1),c2);
            if ((color=1) or (color=white)) then begin
                c4:=c3;
                a:=a + exp( c4 * ln(2) ); end;
        end;

```

```

        write(1st,chr(round(a)));
        write(1st,chr(round(a)));

```

```

    end;

```

```

        writeln(1st);
    end;

    write(1st,chr(27),chr(64));
    write(1st,chr(27),'A',chr(12));
    write(1st,#12);
end;

procedure kevar;
var
    locx,locy1,locy2,locy3,locy4,x_anterior,y1_anterior,
    y2_anterior,y3_anterior,y4_anterior,j:integer;
    maxima_alt,minima_alt,maxima_dis,auxiliar,auxiliar1,
    incremento:real;
    tecla:char;
    bombin,bombin1,bombin2,bombin3:string;

function ylocal(Lüsk11:real):integer;
begin
    ylocal:=round(60+(maxima_alt-Lüsk11)*207/
        (maxima_alt-minima_alt));
end;

function xlocal(Lüsk11:real):integer;
begin
    xlocal:=round(680-(maxima_dis-Lüsk11)*630/(maxima_dis));
end;

begin
    xx:=getmaxx;
    yy:=getmaxy;
    maxima_alt:=0;minima_alt:=10000;
    for i:=1 to n do begin
        if alturak[i] > maxima_alt then
            maxima_alt:=alturak[i];
        if (lsngglat[i]+poporopo[i]) > maxima_alt then
            maxima_alt:=lsngglat[i]+poporopo[i];

        if alturak[i] < minima_alt then
            minima_alt:=alturak[i];
        if (lsngglat[i]-poporopo[i]) < minima_alt then
            minima_alt:=lsngglat[i]-poporopo[i];
    end;

    minima_alt:=int(minima_alt/100)*100;
    if minima_alt<0 then minima_alt:=0;
    auxiliar:=minima_alt;
    repeat
        auxiliar:=auxiliar + 90;

```



```
until auxiliar>=maxima_alt;  
maxima_alt:=auxiliar;
```

```
for i:=25 downto 1 do  
if glotx[1,n]<=i*9 then incremento:=i;  
if glotx[1,n]<=4.5 then incremento:=0.5;  
auxiliar:=0;  
repeat
```

```
    auxiliar:=auxiliar + incremento;  
until auxiliar>=Glotx[1,n];  
maxima_dis:=auxiliar;
```

```
setgraphmode(mode);  
setcolor(white);  
settextstyle(smallfont,horizdir,4);  
settextjustify(centertext,bottomtext);  
if lshglsew > 1 then lshglsew:=1;  
if lshglsew <> 0 then begin  
lshglsew:=lshglsew*100;  
str((100-lshglsew):3:2,bombin1);  
bombin:='Claridad del ' + bombin1 + ' %';  
outtextxy(round(360*xx/719),round(20*yy/347),bombin);  
str(localidad:3:2,bombin1);  
bombin:='Punto critico a ' + bombin1 + ' km del tx';  
outtextxy(round(360*xx/719),round(30*yy/347),bombin);  
end
```

```
else outtextxy(round(360*xx/719),round(30*yy/347),  
    'existe 100.0 % de Claridad.');
```

```
Setlinestyle(0,0,1);  
line(round(50*xx/719),round(60*yy/347),  
    round(50*xx/719),round(267*yy/347));  
line(round(50*xx/719),round(267*yy/347),  
    round(680*xx/719),round(267*yy/347));  
line(round(xlocal(glotx[1,n])*xx/719),  
    round(60*yy/347),  
    round(xlocal(glotx[1,n])*xx/719),  
    round(267*yy/347));
```

```
settextjustify(centertext,toptext);  
outtextxy(round(45*xx/719),round(40*yy/347),'Altura  
(mts)');  
outtextxy(round(665*xx/719),round(285*yy/347),'Distancia  
(km)');  
str(k1:3:4,bombin1);  
bombin:='k = ' + bombin1 ;  
outtextxy(round(360*xx/719),round(300*yy/347),bombin);  
str(jsljsfj:3:2,bombin1);  
bombin:='f = ' + bombin1 + ' Mhz';  
outtextxy(round(360*xx/719),round(310*yy/347),bombin);
```

```

str(glotx[1,n]:3:2,bombin1);
bombin:='d = ' + bombin1 + ' km';
outtextxy(round(360*xx/719),round(320*yy/347),bombin);
settextjustify(lefttext,toptext);

outtextxy(round(10*xx/719),round(13*yy/347),'EstacionA');
outtextxy(round(10*xx/719),round(23*yy/347),estaciona);
outtextxy(round(600*xx/719),round(13*yy/347),'EstacionB');
outtextxy(round(600*xx/719),round(23*yy/347),estacionb);

str(gglat:2:4,bombin1);
bombin:=bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+sal
dal[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+''''''+ ' de latitud';
outtextxy(round(10 * xx / 719),
    round(300 * yy / 347),bombin);
str(gglot:2:4,bombin1);
bombin:=bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+sal
dal[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+''''''+ ' de longitud';
outtextxy(round(10 * xx / 719),
    round(310 * yy / 347),bombin);
str(gglar:2:4,bombin1);
bombin:=bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+sal
dal[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+''''''+ ' de latitud';
outtextxy(round(550 * xx / 719),
    round(300 * yy / 347),bombin);
str(gglor:2:4,bombin1);
bombin:=bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+sal
dal[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+''''''+ ' de longitud';
outtextxy(round(550 * xx / 719),
    round(310 * yy / 347),bombin);
str(glotx[2,1]:4:2,bombin1);
bombin:= 'Altura de '+bombin1 + ' mts S.N.M.';
Outtextxy(round(10*xx/719),round(320*yy/347),bombin);
str(glotx[2,n]:4:2,bombin1);
bombin:= 'Altura de '+bombin1 + ' mts S.N.M.';
Outtextxy(round(550*xx/719),round(320*yy/347),bombin);
str(wwpsndtx:3:2,bombin1);
bombin:= 'Antena de '+bombin1 + ' mts';
outtextxy(round(10*xx/719),round(330*yy/347),bombin);
str(wwpsndrx:3:2,bombin1);
bombin:= 'Antena de '+bombin1 + ' mts';
outtextxy(round(550*xx/719),round(330*yy/347),bombin);
settextjustify(centertext,toptext);
outtextxy(round(360 * xx / 719),
    round(335 * yy / 347),'¿Desea imprimir? (S/N)?');

```



```

for i:=1 to n do begin
    locx:=xlocal(glotx[1,i]);
    locy1:=ylocal(alturak[i]);
    if i <> 1 then line(round(x_anterior*xx/719),
        round(y1_anterior*yy/347), round(locx*xx/719),
        round(locy1*yy/347));
    x_anterior:=locx;
    y1_anterior:=locy1;
end;
setfillstyle(closedotfill,white);
for i:=2 to (n-1) do begin
    if (alturak[i]-(minima_alt))>3 then
    floodfill(round((xlocal(glotx[1,i]))*xx/719),
        round(266*yy/347),white);
end;

for i:=1 to n do begin
    locx:=xlocal(glotx[1,i]);
    locy2:=ylocal(1snglat[1]);
    locy3:=ylocal(1snglat[i]-poporopo[i]);
    locy4:=ylocal(1snglat[i]+poporopo[i]);
    if i <> 1 then begin
        line(round(x_anterior*xx/719),round(y2_anterior*yy/
347),
            round(locx*xx/719),round(locy2*yy/347));
        line(round(x_anterior*xx/719),round(y3_anterior*yy/
347),
            round(locx*xx/719),round(locy3*yy/347));
        line(round(x_anterior*xx/719),round(y4_anterior*yy/
347),
            round(locx*xx/719),round(locy4*yy/347));
    end;
    x_anterior:=locx;
    y2_anterior:=locy2;
    y3_anterior:=locy3;
    y4_anterior:=locy4;
end;

setlinestyle(3,0,1);
settextjustify(righttext,centertext);
auxiliar:=60;
auxiliar1:=(maxima_alt-minima_alt)/9;
for j:=9 downto 0 do begin
    str(round(minima_alt+auxiliar1*j),bombin);
    bombin:=bombin+'-';
    outtextxy(round(50*xx/719),
        round((round(auxiliar)-1)*yy/347),bombin);
    auxiliar:=auxiliar + 23;
    for i:=1 to n do begin

```



```

        locx:=xlocal(glotx[1,i]);
        locy1:=ylocal(minima_alt+auxiliar1*j)+glotx
[1,i]*(glotx[1,n]-glotx[1,i])/(k1*12.74));
        if i>1 then

line(Round(x_anterior*xx/719),round(y1_anterior*yy/347),
      round(locx*xx/719),round(locy1*yy/347));
      x_anterior:=locx;
      y1_anterior:=locy1;
    end;
  end;
  settextrjustfy(centertext,toptext);
  for j:=0 to round(maxima_dis/incremento) do begin
    str(round(int(incremento*j)),bombin);
    str(round(int(frac(incremento*j)*10)),bombin1);
    bombin:=bombin+'.'+bombin1;
    outtextxy(Round(xlocal(incremento*j)*xx/719),
              round(265*yy/347),'i');
    outtextxy(round(xlocal(incremento*j)*xx/719),
              round(275*yy/347),bombin);
  end;
  setlinestyle(0,0,1);

  settextrjustfy(centertext,toptext);
  repeat
    tecla:=readkey;
  until (upcase(tecla)='S') or (upcase(tecla)='N');
  if upcase(tecla)='S' then
  begin
    setcolor(black);
    outtextxy(round(360 * xx / 719),
              round(335 * yy / 347),'¿Desea imprimir? (S/N)?');
    setcolor(white);
    BartsImp;
  end;
end;

procedure horizon(izquierda,derecha:char);
begin
  write(izquierda);
  for i:=1 to 78 do write(#205);
  write(derecha);
end;

procedure sjflsd;
begin
  window(1,1,80,25);
  textcolor(yellow);textbackground(blue);
  clrscr;

```

```

for i:=1 to 23 do begin
    gotoxy(1,i);write(#186);
    gotoxy(80,i);write(#186);
end;
gotoxy(1,1);horizon(#201,#187);
gotoxy(1,3);horizon(#204,#185);
gotoxy(19,2); textbackground(green);textcolor(white);
write('Simulacion de Visibilidad en Radioenlaces');
textbackground(blue);
gotoxy(1,24);horizon(#200,#188);
window(4,4,78,22);
end;

function billclintonam (angulo:real):real;
var gg,mm,ss,ayuda:real;
    cadena: string;
    code:integer;
begin
    gg:=0;mm:=0;ss:=0;
    str(angulo:2:6,cadena);
    val(cadena[1],ayuda,code);
    gg:=ayuda*10;
    val(cadena[2],ayuda,code);
    gg:=gg+ayuda;
    val(cadena[4],ayuda,code);
    mm:=ayuda*10;
    val(cadena[5],ayuda,code);
    mm:=mm+ayuda;
    val(cadena[6],ayuda,code);
    ss:=ayuda*10;
    val(cadena[7],ayuda,code);
    ss:=ss+ayuda;
    val(cadena[8],ayuda,code);
    ss:=ss+ayuda/10;
    val(cadena[9],ayuda,code);
    ss:=ss+ayuda/100;
    billclintonamamon:=gg+mm/60+ss/3600;
end;

procedure billclintonlambert(ps,jls,lngl,ld:real);
var r,phi,yprima,y2prima,xprima,thetal,lambd:real;
begin
    phi:=(ps,jls-13.7833333333)*60;
    r:=26004190.816-1843.78860875*phi
        -1.26050018884E-3*phi*phi
        -2.63054438565E-5*phi*phi*phi
        -4.64427358619E-10*phi*phi*phi*phi
        -5.72657043919E-13*phi*phi*phi*phi*phi
        -2.75247265157E-17*phi*phi*phi*phi*phi*phi;

```

```

yprima:=263e5-r;
lambda:=89-1ng1sd;
thetal:=0.238250955979*lambda*Pi/180;
xprima:=r*sin(thetal);
y2prima:=xprima*sin(thetal/2)/cos(thetal/2);
1ng1mb:=5e5+xprima;
1ttlbt:=yprima+y2prima;
end;

```

```

procedure lectura(variable:real);
var x4:integer;
begin
dato:='';
gotoxy(30,wherey);
write(' ');
gotoxy(30,wherey);
write(variable:2:6);
gotoxy(30,wherey);
caracter:=readkey;
  if caracter <> #13 then begin
    gotoxy(30,wherey);
    write(' ');
    gotoxy(30,wherey);
    repeat
      {caracter:=readkey;}
    until (caracter>#45) and (caracter<#58)) then
      begin
        dato:=dato+caracter;
        write(caracter);
      end;

    if caracter=#8 then
      begin
        delete(dato,length(dato),1);
        x4:=wherex-1;
        if x4<30 then x4:=30;
        gotoxy(x4,wherey);
        write(' ');
        gotoxy(wherex-1,wherey);
      end;
        caracter:=readkey;
      until (caracter=#13) and (dato<>'');
    end
  else begin
    str(variable,dato);
  end;
end;

```



```

procedure lectura4(variable:string20);
var x4:integer;
begin
dato:='';
gotoxy(1,wherey);
write(' ');
gotoxy(1,wherey);
write(variable);
gotoxy(1,wherey);
caracter:=readkey;
  if caracter <> #13 then begin
    gotoxy(1,wherey);
    write(' ');
    gotoxy(1,wherey);
    repeat

      if ((caracter>#31) and (caracter<#170)) then
        begin
          dato:=dato+caracter;
          write(caracter);
        end;

      if caracter=#8 then
        begin
          delete(dato,length(dato),1);
          x4:=wherex-1;
          if x4<1 then x4:=1;
          gotoxy(x4,wherey);
          write(' ');
          gotoxy(wherex-1,wherey);
        end;
      caracter:=readkey;
    until (caracter=#13) and (dato<>'');
  end
  else dato:=variable;
end;

procedure stercoj;
var
  bombin,bombinl:string;
  resultado : array[1..18] of real;
  ii,jj : integer;
begin
  k1:=k;
  darkvader;
  resultado[1]:=1-1shg1sew;
  writeln(1st,#27,'@');
  writeln(1st);
  writeln(1st);

```

```

        writeln(1st,'
-----');
        writeln(1st,'
Reporte de
Visibilidad');
        writeln(1st,'
-----');
        writeln(1st);
        writeln(1st,'
Estación A:
',estaciona);
        str(gglat:2:4,bombin1);
        bombin:= '
Latitud Norte:
'+bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
        bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
        writeln(1st,bombin);
        str(gglot:2:4,bombin1);
        bombin:= '
Longitud Oeste:
'+bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
        bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
        writeln(1st,bombin);writeln(1st);
        writeln(1st,'
Estación B:
',estacionb);
        str(gglar:2:4,bombin1);
        bombin:= '
Latitud Norte: '+
        bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
        bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
        writeln(1st,bombin);
        str(gglor:2:4,bombin1);
        bombin:= '
Longitud Oeste: '+
        bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
        bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
        writeln(1st,bombin);writeln(1st);
        str(glotx[2,1]:4:2,bombin1);
        bombin:= '
Altura de A sobre el nivel del mar:
'+bombin1 + ' mts.';
        writeln(1st,Bombin);
        str(glotx[2,n]:4:2,bombin1);
        bombin:= '
Altura de B sobre el nivel del mar:
'+bombin1 + ' mts.';
        writeln(1st,Bombin);writeln(1st);
        str(wppsndtx:3:2,bombin1);
        bombin:= '
Altura de la torre de la antena de A:
'+bombin1 + ' mts.';
        writeln(1st,Bombin);
        str(wppsndrx:3:2,bombin1);
        bombin:= '
Altura de la torre de la antena de B:
'+bombin1 + ' mts.';
        writeln(1st,Bombin);writeln(1st);

```

```

writeln(1st,'
Distanca A-B:
glotx[1,n]:3:2,' km');
writeln(1st,'
Frecuencia de portadora:
',jsljsf):3:2,' mhz');
lfs:=92.44+20*ln(glotx[1,n])/ln(10)+20*ln(jsljsf)/1000)/
ln(10)-(gananttx+ganantrx);
writeln(1st,'
Factor k:
',k:2:4);
if resultado[1]<>0 then begin
writeln(1st,'
Perdidas en el espacio libre:
',lfs:3:3,' db');
writeln(1st,'
Perdidas Obstrucción zona de Fresnel:
',lzf:3:3,' db');
lt:=lzf+lfs+duplextx+duplexrx+
llcblesdrx*cablerx+llcblesdtx*cabletx;
writeln(1st,'
Perdidas Totales:
',lt:3:3,' db');
writeln(1st,'
Potencia Recibida:
',exp(
ln(10)*(10*ln(potenciatax)/ln(10)-lt)/10)*1000:3:6,' µw');
end;

writeln(1st);
writeln(1st);
writeln(1st);
writeln(1st,'
-----
',
'-----');
writeln(1st,'
', 'valor de k', ' ',
'Claridad de la 1ª zona de Fresnel', ' ' Lüskl1
crítico');
writeln(1st,'
-----
',
'-----');
write(1st,'
(usuario) ',k1:2:2,'
',resultado[1]*100:2:4,
'% ');
if resultado[1]<>1 then writeln(1st,locali-
dad:3:2,' km')
else writeln(1st);
writeln(1st);
k1:=0.5;
for ii:=2 to 9 do begin
darkvader;
resultado[ii]:=-1-lshglsew;
write(1st,'
',k1:2:2,'
',
resultado[ii]*100:2:4,

```



```

                                '%
                                ');
                                if resultado[i1]<>1 then writeln(1st,lo-
calidad:3:2,' Km')
                                else writeln(1st);
                                k1:=k1+0.1;
                                end;
                                writeln(1st);
                                k1:=1.33333333333333;
                                darkvader;
                                resultado[10]:=1-lshglsew;
                                write(1st,'                                ',k1:2:2,'
                                ',
                                resultado[10]*100:2:4,'%
                                ');
                                if resultado[10]<>1 then writeln(1st,locali-
dad:3:2,' Km')
                                else writeln(1st);
                                writeln(1st);

                                k1:=1.5;
                                for i1:=11 to 15 do begin
                                    darkvader;
                                    resultado[i1]:=1-lshglsew;
                                    write(1st,'                                ',k1:2:2,'
                                    ',
                                    resultado[i1]*100:2:4,
                                    '%                                ');
                                    if resultado[i1]<>1 then writeln(1st,lo-
calidad:3:2,' Km')
                                    else writeln(1st);
                                    k1:=k1+0.25;
                                end;

                                k1:=10000;
                                darkvader;
                                resultado[18]:=1-lshglsew;
                                write(1st,'                                ',#236,'
                                ',
                                resultado[18]*100:2:4,
                                '%                                ');
                                if resultado[18]<>1 then writeln(1st,locali-
dad:3:2,' Km')
                                else writeln(1st);
                                write(1st,#12);
                                end;

                                procedure printer;
                                var

```

```

    bombin,bombin1:string;
    resultado : array[1..18] of real;
    ii,jj : integer;
begin
    k1:=k;
    darkvader;
    resultado[1]:=1-1shglsew;
    gotoxy(1,1);
    writeln('                                Reporte de visibilidad');
    writeln;
    writeln('                                Estación A: ',estacio-
na);
    str(gglat:2:4,bombin1);
    bombin:='                                Latitud Norte: '+bom-
bin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
    writeln(bombin);
    str(gglot:2:4,bombin1);
    bombin:='                                Longitud Oeste: '+bom-
bin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
    writeln(bombin);writeln;
    writeln('                                Estación B: ',esta-
cionb);
    str(gglar:2:4,bombin1);
    bombin:='                                Latitud Norte: '+
    bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
    writeln(bombin);
    str(gglor:2:4,bombin1);
    bombin:='                                Longitud Oeste: '+
    bombin1[1]+bombin1[2]+'° '+bombin1[4]+bombin1[5]+''' '+
    bombin1[6]+bombin1[7]+'''''';
    writeln(bombin);writeln;
    str(glotx[2,1]:4:2,bombin1);
    bombin:=' Altura de A sobre el nivel del mar: '+bombin1
+ ' mts.';
    writeln(Bombin);
    str(glotx[2,n]:4:2,bombin1);
    bombin:=' Altura de B sobre el nivel del mar: '+bombin1
+ ' mts.';
    writeln(Bombin);writeln;
    str(wwpsndtx:3:2,bombin1);
    bombin:=' Altura de la torre de la antena de A: '+bombin1
+ ' mts.';
    writeln(Bombin);
    str(wwpsndrx:3:2,bombin1);

```

```

+ ' bombin:= 'Altura de la torre de la antena de B: '+bombin1
+ ' mts.';
writeln(Bombin);writeln;
  writeln('          Distancia A-B: ',
          glotx[1,n]:3:2);
  writeln('          Frecuencia de portadora: ',jsljsfj:-
3:2);
    write('Presione Enter para continuar...');
    readln;
    jj:=7;
    Lfs:=92.44+20*ln(glotx[1,n])/ln(10)+20*ln(jsljsfj/1000)/
      ln(10)-(gananttx+ganantrx);
    writeln('          Factor K: ',k:2:4);
    if resultado[1]<>0 then begin
      jj:=10;
      writeln('          Pérdidas en el espacio libre: ',lfs:3:3,'
db');
      writeln('Pérdidas obstrucción zona de Fresnel: ',lzf:3:3,'
db');
      lt:=lzf+lfs+duplextx+dupletrx+
        llcblesdrx*cablerx+llcblesdtx*cabletx;
      writeln('          Pérdidas Totales: ',lt:3:3,'
db');
      writeln('          Potencia Recibida: ',exp(
ln(10)*(10*ln(potenciadx)/ln(10)-lt)/10)*1000:3:6,'μw');
      end;

      writeln;
      writeln('          ', 'Valor de k', ' ',
              'Claridad de la 1ª zona de Fresnel', '      Punto
crítico');
      writeln('-----');
      '-----');
      write('(usuario) ',k1:2:2,'          ',resulta-
do[1]*100:2:4,
      ');
      if resultado[1]<>1 then writeln(localidad:3:2)
      else writeln;
      writeln;
      k1:=0.5;
      for ii:=2 to 9 do begin
        darkvader;
        resultado[ii]:=1-lshglsew;
        write('          ',k1:2:2,'          ',
              resultado[ii]*100:2:4,
              ');
        if resultado[ii]<>1 then writeln(locali-
dad:3:2)

```



```

        else writeln;
        jj:=jj+1;
        if jj>=17 then begin
            jj:=2;
            writeln;
            write('Presione enter para continuar...');
            readln;
        end;
        k1:=k1+0.1;
    end;
    writeln;jj:=jj+1;
    k1:=1.33333333333333;
    darkvader;
    resultado[10]:=1-lshglsew;
    write('          ',k1:2:2,'          ',
          resultado[10]*100:2:4,'
');
    if resultado[18]<>1 then writeln(localidad:3:2)
    else writeln;
    jj:=jj+1;
    if jj>=17 then begin
        jj:=2;
        writeln;
        write('Presione enter para continuar...');
        readln;
    end;
    writeln;jj:=jj+1;

    k1:=1.5;
    for ii:=11 to 15 do begin
        darkvader;
        resultado[ii]:=1-lshglsew;
        write('          ',k1:2:2,'          ',
              resultado[ii]*100:2:4,'
              ');
        if resultado[ii]<>1 then writeln(locali-
dad:3:2)
        else writeln;
        jj:=jj+1;
        if jj>=17 then begin
            jj:=2;
            writeln;
            write('Presione enter para continuar...');
            readln;
        end;
        k1:=k1+0.25;
    end;

    k1:=10000;

```

```

darkvader;
resultado[18]:=1-1shglsew;
write('          ',#236,'
      ',resultado[18]*100:2:4,
      ');
      if resultado[18]<>1 then writeln(localidad:3:2)
      else writeln;
write('Presione ''s'' para imprimir, cualquier otra para
continuar...');
if upcase(readkey)='S' then begin
  writeln;
  writeln('Espere un momento...');
  Stereojj;
end;
writeln;
write('Presione Enter para continuar...');
readln;
end;

procedure Marionacoor;
begin
  repeat
    gotoxy(43,1);
    write('(Valor entre 13° 09'' y 14° 10'')');
    gotoxy(1,1);
    write('Latitud del transmisor...');
    lectura(gglat);
    Val(dato,gglat,i);
    until (biliclintonam (gglat)>=13.15)
      and (Biliclintonam (gglat)<=(14+(1/6)));

    repeat
      gotoxy(43,2);
      write('(valor entre 87° 30'' y 88° 45'')');
      gotoxy(1,2);
      write('Longitud del transmisor..');
      lectura(gglat);
      Val(dato,gglat,i);
      until (biliclintonam (gglat)>=87.5)
        and (Biliclintonam (gglat)<=88.75);

    repeat
      Gotoxy(43,3);
      write('(Valor entre 13° 09'' y 14° 10'')');
      gotoxy(1,3);
      write('Latitud del receptor.....');
      lectura(gglat);
      Val(dato,gglat,i);

```

```

until (biliclintonam (gglar)>=13.15)
and (Biliclintonam (gglar)<=(14+(1/6)));

repeat
gotoxy(43,4);
write('(Valor entre 87° 30'' y 88° 45'')');
gotoxy(1,4);
write('Longitud del receptor.....');
lectura(gglar);
Val(dato,gglar,i);
if (gglat = gglar) and (gglot = gglar) then
begin
gotoxy(10,12);
write('No puede colocar ambas estaciones en el
mismo lugar!');
Gotoxy(30,4);
end
else
begin
gotoxy(10,12);
clreol;
gotoxy(30,4);
end;
until (biliclintonam (gglar)>=87.5)
and (Biliclintonam (gglar)<=88.75)
and not((gglat = gglar) and (gglot = gglar));
end;

procedure Marionaotros;
begin
repeat
gotoxy(43,5);
write('(Valor entre 300 y 30000)');
gotoxy(1,5);
write('Frecuencia (mhz).....');
lectura(jsljsfj);
Val(dato,jsljsfj,i);
until (jsljsfj >= 300)
and (jsljsfj <= 30000);

repeat
gotoxy(43,6);
write('(Valor distinto de 0)');
gotoxy(1,6);
write('Factor de correccion k...');
lectura(k);
Val(dato,k,i);
until (k<>0);

```



```

gotoxy(1,7);
write('Altura torre transmisor...:');
lectura(wppsndtx);
Val(dato,wppsndtx,i);

gotoxy(1,8);
write('Altura torre receptor.....:');
lectura(wppsndrx);
Val(dato,wppsndrx,i);

repeat
gotoxy(43,9);
write('(Valor en db mayor o igual a 0)');
gotoxy(1,9);
write('Pérd. elem. terminales Tx:');
lectura(duplextx);
val(dato,duplextx,i);
until (duplextx>=0);

repeat
gotoxy(43,10);
write('(Valor en db mayor o igual a 0)');
gotoxy(1,10);
write('Pérd. elem. terminales Rx:');
lectura(duplexrx);
val(dato,duplexrx,i);
until (duplexrx>=0);

repeat
gotoxy(43,11);
write('(Valor en db/m mayor o igual a 0)');
gotoxy(1,11);
write('Pérdidas en cable tx.....:');
lectura(Cabletx);
val(dato,cabletx,i);
until (cabletx>=0);

repeat
gotoxy(43,12);
write('(Valor en db/m mayor o igual a 0)');
gotoxy(1,12);
write('Pérdidas en cable rx.....:');
lectura(Cablerx);
val(dato,cablerx,i);
until (cablerx>=0);

repeat
gotoxy(43,13);
write('(Valor en mts mayor o igual a 0)');

```

```

gotoxy(1,13);
write('Longitud del cable tx....:');
lectura(Llcblesdtx);
val(dato,llcblesdtx,i);
until (llcblesdtx>=0);

repeat
gotoxy(43,14);
write('(Valor en mts mayor o igual a 0)');
gotoxy(1,14);
write('Longitud del cable rx....:');
lectura(Llcblesdrx);
+ val(dato,llcblesdrx,i);
until (llcblesdrx>=0);

gotoxy(1,15);
write('Ganancia de la antena tx.:');
lectura(Gananttx);
val(dato,gananttx,i);

gotoxy(1,16);
write('Ganancia de la antena rx.:');
lectura(Ganantrx);
val(dato,ganantrx,i);

repeat
gotoxy(43,17);
write('(Valor en mw mayor o igual a 0)');
gotoxy(1,17);
write('Potencia del tx .....:');
lectura(Potenciatx);
val(dato,potenciatx,i);
until (potenciatx>=0);

gotoxy(1,wherey+1);

```

end;

procedure visibilidad;

begin

repeat

restorecrtmode;

muygrande:=false;

sjflsd;

marionacoor;

billclintonlambert(billclintonam (jslgfjs),
billclintonam (jsojgws));

lnglsdtx:=lnglmb;

psjglstx:=ltmlbt;

```

        biliclintonlambert(biliclintonam      (lsjflw)),
                           biliclintonam      (prnsld));
    lnglsdrx:=lnglmb;
    psjglsrc:=lttlbt;
    levalcc;
    if not muygrande then begin
        marionaotros;
        porky;
        k1:=k;
        darkvader;
        kevar;
        restorecrtmode;
        sjflsd;
        printer;
    end;
    sjflsd;
    gotoxy(5,8);
    write('¿Desea continuar con visibilidades? (S/N) ==>
s');
    gotoxy(wherex-1,wherey);
    ch:=readkey; write(ch); delay(50);
    fin:=false;
    if upcase(ch)='N' then fin:=true;
until fin;
setgraphmode(mode);
end;

procedure mantenimiento;
const
    finalizar:boolean=false;
    crea = true;
    adiciona = false;
var
    seleccion : char;
    llinea_texto : string;
    arch_trab : file of qohjslgl;
    arch_identif : string20;
    tamano : longint;
    _nombre : string20;
    _altura : real;

procedure sjflsd2;
begin
    textcolor(yellow);
    textbackground(blue);
    clrscr;
    horizon(#201,#187);
    write(#186);
    gotoxy(80,2);

```



```

        write(#186);
        horizon(#204,#185);
        for c5:=4 to 23 do begin
            gotoxy(1,c5);
            write(#186);
            gotoxy(80,c5);
            write(#186);
        end;
        gotoxy(1,24);
        horizon(#200,#188);
    end;
end;

```

```

procedure altainten(mensaje:string);
begin
    textcolor(white);
    textbackground(green);
    write(mensaje);
    textcolor(yellow);
    textbackground(blue);
end;

```

```

procedure borrarscr;
begin
    window(2,2,79,23);
    gotoxy(1,1);
    clreol;
    window(2,4,79,23);
    clrscr;
    window(1,1,80,25);
    gotoxy(1,25);
    clreol;
end;

```

```

procedure centrar;
begin
    gotoxy((80-length(linea_texto)) div 2,2);
    altainten(linea_texto);
end;

```

```

procedure bienvenido;
var
    tecla_1 : char;
begin
    linea_texto:='Mantenimiento de la base de datos para
el SVR';
    centrar;
    gotoxy(25,8);
    altainten('Bienvenido !!!');
    Gotoxy(25,13);

```

```

        write('Este bloque sirve para');
        gotoxy(25,14);
        write('manejar la base de datos del SVR');
        gotoxy(1,25);
        altainten('Presione cualquier tecla para continuar');
        tecla_1:=readkey;
    end;

procedure adios;
begin
    borrarscr;
    gotoxy(35,14);
    altainten('Adiós...');
    Delay(1500);
    clrscr;
    gotoxy(1,1);
end;

procedure lectura_1;
var caracter_1:string20;
begin
    write(arch_identif);
    gotoxy(34,wherey);
    repeat
    until keypressed;
    clreol;
    readln(caracter_1);
    if caracter_1<>' ' then arch_identif:=caracter_1;
    gotoxy(34,wherey-1);
    write(arch_identif);
end;

procedure lectura_12;
var
    caracter2:string20;
    code:integer;
begin
    tamano:=tamano-1;
    write(tamano);
    gotoxy(50,wherey);
    repeat
    until keypressed;
    clreol;
    readln(caracter2);
    if caracter2<>' ' then val(caracter2,tamano,code);
end;

procedure submenu;
begin

```

```

borrarscr;
linea_texto:='Seleccionar actividad';
centrar;
gotoxy(28,8);
altainten('C');
write('rear nuevo archivo');
gotoxy(28,10);
altainten('A');
write('añadir datos a archivo');
gotoxy(28,12);
altainten('V');
write('ver archivo');
gotoxy(27,14);
write('c');
altainten('O');
write('registrar archivo');
gotoxy(28,16);
altainten('S');
write('salir del mantenimiento de la base de datos');
gotoxy(1,25);
altainten('Seleccione presionando la letra resalta-
da');
end;

procedure grabardatos(condicion_1:boolean);
begin
borrarscr;
if condicion_1 then linea_texto:='Creación de nuevo
archivo'
else linea_texto:='Adición de datos a archivo';
centrar;
window(2,4,79,23);
gotoxy(25,8);
write('Introduzca el nombre del archivo');
gotoxy(25,9);
if condicion_1 then write('que se creará.')
else write('al que se añadirán datos.');
```

Gotoxy(25,10);

```

write('Archivo: ');
lectura_1;
assign(arch_trab,arch_identif);
if condicion_1 then begin
    {$i-}
    reset(arch_trab);
    {$i+}
    if ioresult = 0 then begin
        close(arch_trab);
        gotoxy(25,10);
        altainten('Ya existe ese archivo');
```



```

        sound(2000);
        delay(1000);
        nosound;
        delay(500);
        exit;
    end;
    {$i-}
    rewrite(arch_trab);
    {$i+}
    if ioresult <> 0 then begin
        gotoxy(25,10);
        altainten('No se puede crear archivo');
        sound(2000);
        delay(1000);
        nosound;
        exit;
    end
    else
        tamano:=0;
    end
    else begin
    {$i-}
    reset(arch_trab);
    {$i+}
    if ioresult <> 0 then begin
        gotoxy(25,10);
        altainten('No se puede abrir el archi-
vo');
        sound(2000);
        delay(1000);
        nosound;
        exit;
    end
    else begin
        tamano:=filesize(arch_trab);
        seek(arch_trab,tamano);
        end;
    end;

    clrscr;
    window(1,1,80,25);
    gotoxy(1,25);
    altainten('Introduzca 'x' en 'nombre del lugar'
para salir');
    window(2,4,79,23);
    gotoxy(25,8);
    altainten('Componente: ');
    gotoxy(19,10);
    altainten('Nombre del lugar: ');
    gotoxy(19,12);

```

```

    altainten('Altura en metros: ');
    window(40,4,79,23);
    repeat
        gotoxy(1,8);
        write(tamano);
        gotoxy(1,10);
        lectura4(_nombre);
        _nombre:=dato;
        if (_nombre <> 'x') And (_nombre <> 'x') then
begin
            gotoxy(1,12);
            readln(_altura);
            with componente do begin
                nombre:=_nombre;
                altura:=_altura;
            end;
            write(arch_trab,componente);
            inc(tamano);
        end;
        clrscr;
    until (_nombre = 'x') or (_nombre = 'x');
    close(arch_trab);
end;

procedure agregar;
begin
    grabardatos(adiciona)
end;

procedure crear;
begin
    grabardatos(crea);
end;

procedure ver;
var
    maximo:longint;
    tecla_1:char;
begin
    borrarscr;
    linea_texto:='Ver archivo';
    centrar;
    window(2,4,79,23);
    gotoxy(25,10);
    write('Introduzca nombre del archivo');
    gotoxy(25,11);
    write('que desea ver');
    gotoxy(25,12);
    write('Archivo: ');

```

```

lectura_1;
assign(arch_trab, arch_identif);
reset(arch_trab);
gotoxy(25,15);
write('Introduzca número de la componente');
gotoxy(25,16);
write('a partir de la cual desea ver');
gotoxy(25,17);
write('Número de la componente: ');
lectura_12;
clrscr;
gotoxy(1,1);
write('Componente');
gotoxy(18,1);
write('Lugar');
gotoxy(42,1);
write('Altura (m)');
gotoxy(1,2);
for c5:=1 to 78 do write('-');
gotoxy(1,3);
maximo:=filesize(arch_trab);
seek(arch_trab,tamano);
repeat
    window(2,6,79,23);
    clrscr;
    gotoxy(1,1);
    c5:=0;
    while (c5<17) and (tamano<maximo) do begin
        read(arch_trab,componente);
        write((tamano):6);
        gotoxy(18,wherey);
        write(componente.Nombre);
        gotoxy(43,wherey);
        writeln(componente.Altura:6:2);
        inc(c5);
        inc(tamano);
    end;
    window(1,1,80,25);
    gotoxy(1,25);
    altainten('Presione ''X'' para salir... ');
    Altainten('Cualquier tecla para continuar...');
    tecla_1:=Uppcase(readkey);
until (tecla_1='X') or (tamano>=maximo);
close(arch_trab);
end;

procedure corregir;
var
    tecla_1:char;

```



```

columnax,code:integer;
auxiliar_2:string[14];
maximo:longint;
begin
  borrarscr;
  linea_texto:='Corrección de archivo';
  centrar;
  window(2,4,79,23);
  gotoxy(25,10);
  write('Introduzca nombre del archivo');
  gotoxy(25,11);
  write('que desea corregir');
  gotoxy(25,12);
  write('Archivo: ');
  lectura_1;
  assign(arch_trab,arch_identif);
  reset(arch_trab);
  gotoxy(25,15);
  write('Introduzca número de la componente');
  gotoxy(25,16);
  write('que desea corregir');
  gotoxy(25,17);
  write('Número de la componente: ');
  lectura_12;
  clrscr;
  window(1,1,80,25);
  gotoxy(1,25);
  altainten('Presione enter para almacenar dato anterior');
  gotoxy(2,23);
  altainten('Introduzca 'X' en 'nombre del lugar' para salir');
  window(2,4,79,23);
  maximo:=filesize(arch_trab);
  seek(arch_trab,tamano);
  repeat
    window(2,4,79,23);
    gotoxy(2,3);
    write('Componente: ');
    gotoxy(20,3);
    write(tamano);
    gotoxy(20,5);
    write('actual');
    gotoxy(45,5);
    write('nueva');
    gotoxy(1,6);
    for c5:=1 to 78 do write('-');
    gotoxy(1,4);
    for c5:=1 to 78 do write('-');

```

```

        gotoxy(2,7);
        write('Lugar');
        gotoxy(2,9);
        write('Altura');
        window(20,10,79,15);
        clrscr;
        read(arch_trab,componente);
        columnax:=2;
        gotoxy(columnax,1);
        write(componente.Nombre);
        gotoxy(columnax,3);
        write(componente.Altura:7:2);
        columnax:=27;
        gotoxy(columnax,1);
        readln(_nombre);
        if (_nombre<>'X') and (_nombre<>'X') then begin
            if _nombre<>' ' then componente.Nombre:=_nom-
bre;

            gotoxy(columnax,3);
            readln(auxiliar_2);
            if auxiliar_2<>' ' then begin
                val(auxiliar_2,_altura,code);
                componente.Altura:=_altura;
            end;
            seek(arch_trab,tamano);
            write(arch_trab,componente);
            inc(tamano);
        end;
        until (_nombre='X') or (_nombre='X') or (tamano>=maxi-
mo);
        close(arch_trab);
    end;

procedure salir;
begin
    finalizar:=true;
end;

begin
    restorecrtmode;
    window(1,1,80,25);
    arch_identif:='';
    tamano:=0;
    sjflsd2;
    bienvenido;
    repeat
        submenu;
        repeat
            gotoxy(36,20);

```

```

        write('Selección: ');
        seleccion:=upcase(readkey);
until seleccion in ['C','A','V','O','S'];
altainten(seleccion);
finalizar:=false;
delay(700);
case seleccion of
    'C': crear;
    'A': agregar;
    'V': ver;
    'O': corregir;
    'S': salir;
end;
until finalizar;
adlos;
setgraphmode(mode);
end;

procedure menu;
begin
    xx:=getmaxx;
    yy:=getmaxy;
    setcolor(white);
    setfillstyle(solidfill,red);
    bar(0,0,getmaxx,getmaxy);
    setfillstyle(solidfill,blue);
    bar(round(10 * xx / 719),round(10 * yy / 347),
        round(709 * xx / 719),round(337 * yy / 347));
    settxtstyle(triplexfont,horizdir,3);
    settxtjustify(centertext,centertext);
    outtextxy(round(360 * xx / 719),round(40 * yy / 347),
        'Menu Principal. ');
    settxtstyle(Triplexfont,horizdir,2);
    settxtjustify(lefttext,centertext);
    outtextxy(round(100 * xx / 719),round(100 * yy / 347),
        '1. Mantenimiento de la base de datos. ');
    outtextxy(Round(100 * xx / 719),round(140 * yy / 347),
        '2. Determinación de visibilidades. ');
    outtextxy(Round(100 * xx / 719),round(180 * yy / 347),
        '3. Salir al DOS. ');
    outtextxy(Round(40 * xx / 719),round(320 * yy / 347),
        'Presione el número para seleccionar. ');
end;

begin
    Proc01;
    proc02(on);
    repeat

```



```

menu;
repeat
    outtextxy(round(100 * xx / 719),round(250 * yy /
347),'Selección : ');
    opcion:=upcase(readkey);
    until opcion in ['1','2','3'];
    outtextxy(round(225 * xx / 719),round(250 * yy / 347),op-
cion);
    delay(700);
    case opcion of
        '1': mantenimiento;
        '2': visibilidad;
        '3': terminar:=true;
    end;
until terminar;
proc02(off);
closegraph;
end.

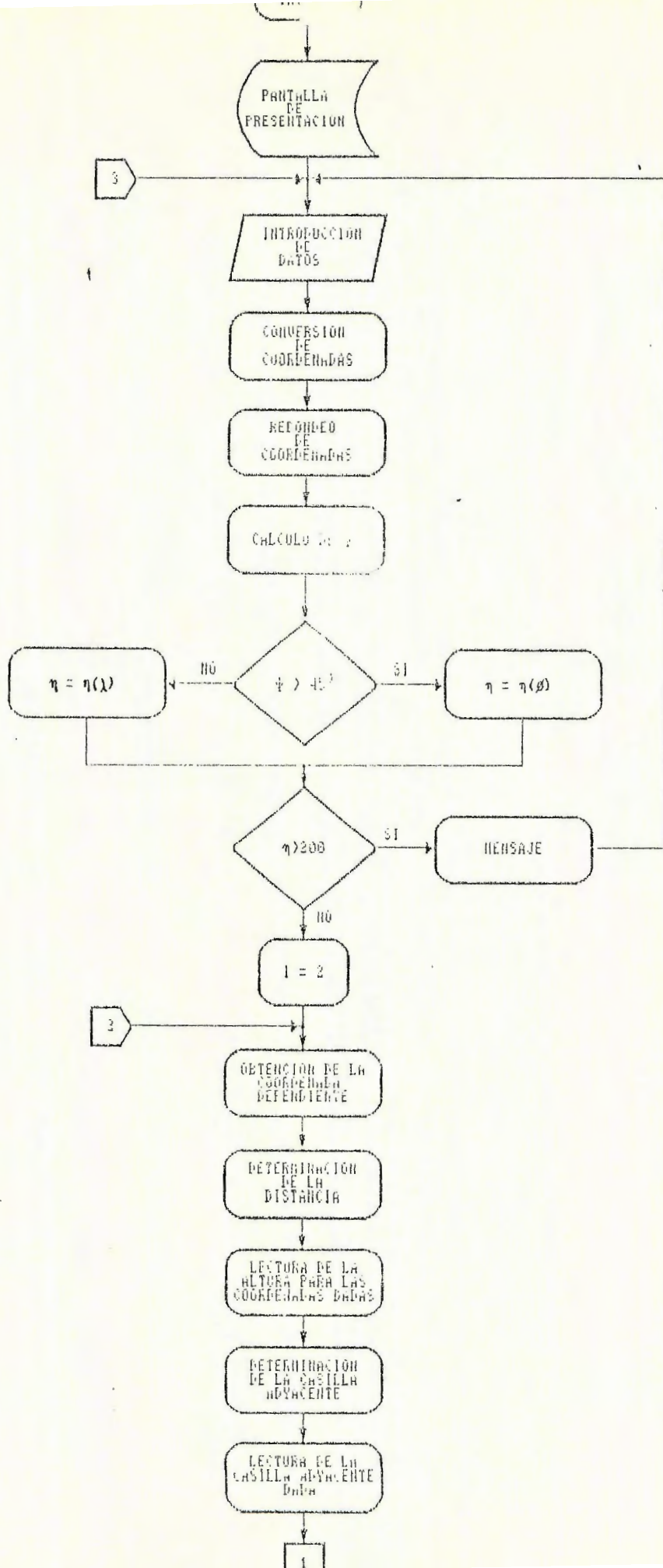
```

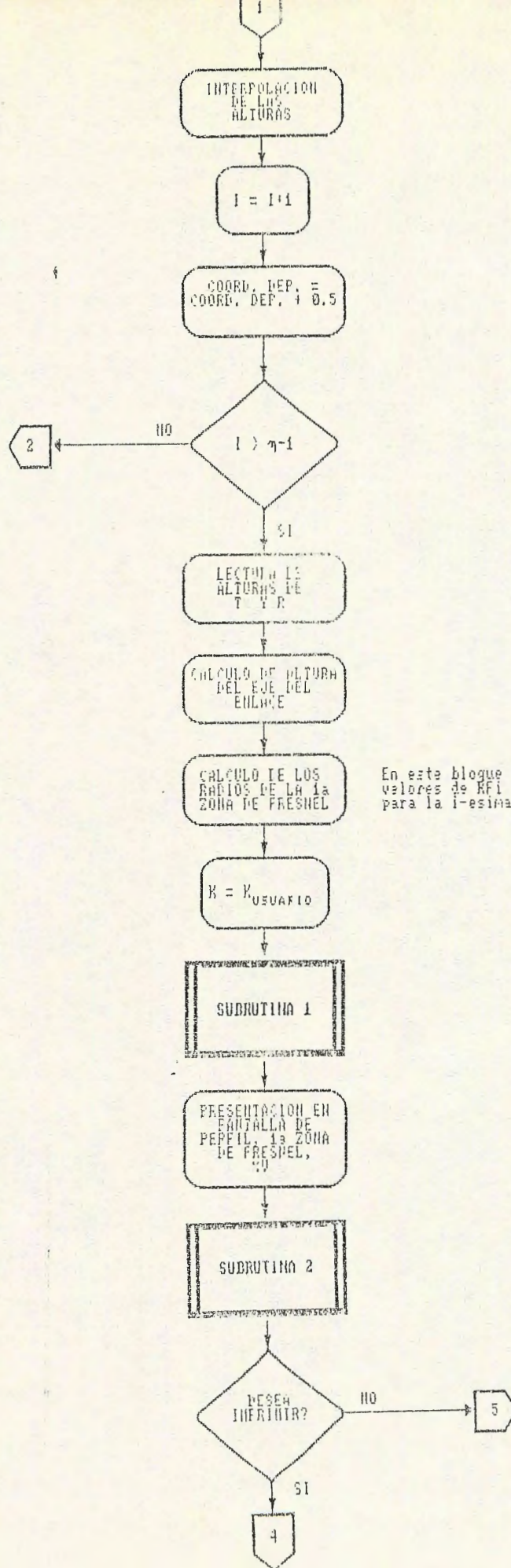
ANEXO 2

DIAGRAMA DE FLUJO

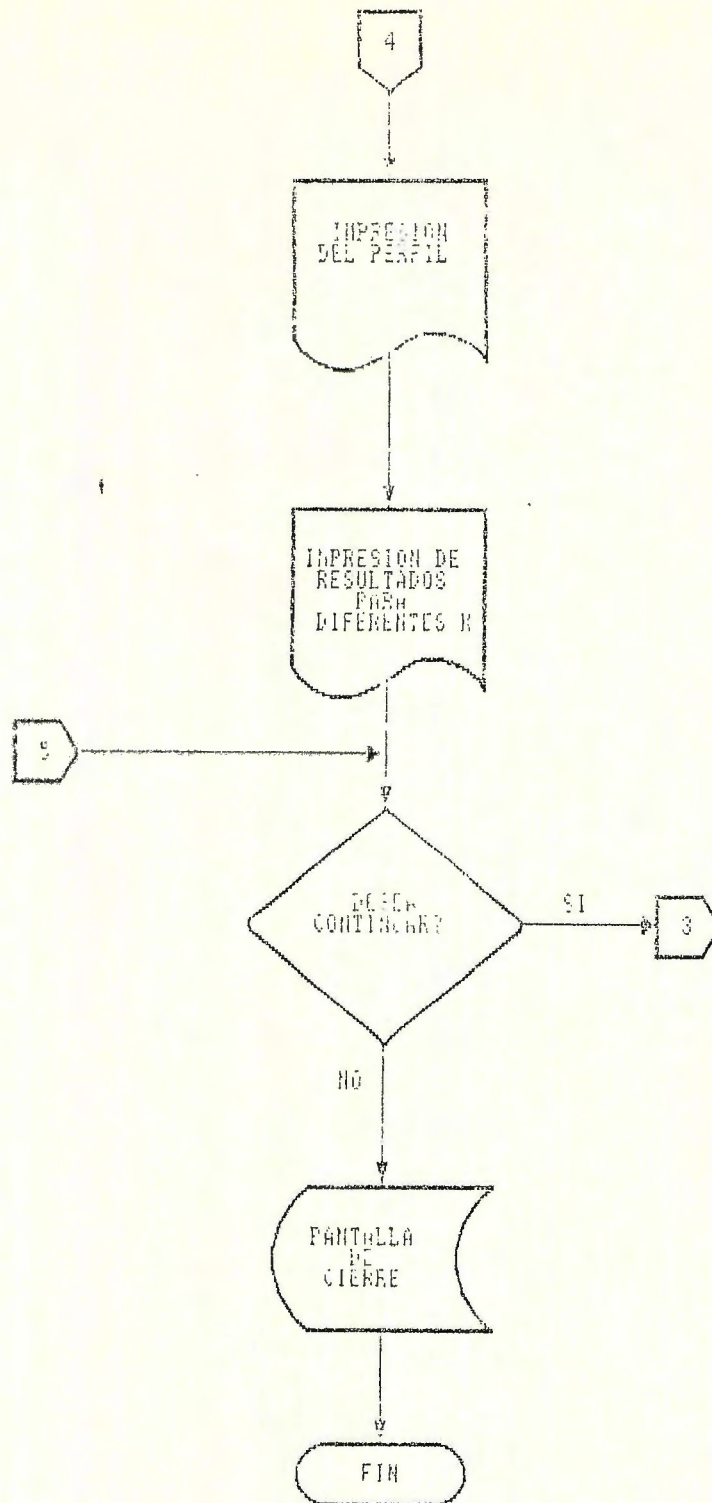
DEL PROGRAMA

S.V.R.





En este bloque se calculan los diferentes valores de KF_i (KF_i = Radio de Fresnel para la i -ésima casilla)



SUBROUTINA 1

CORRECCION DE
ALTURAS PARA
EL VALOR DE K

$U_{MIN} = 100\%$

$I = 2$

$h_1 - h_i > 0$

SI

$U = (1 - \frac{h_1 - h_i}{RF_i}) \times 100$

$U < U_{MIN}$

NO

SI

$U_{MIN} = U$

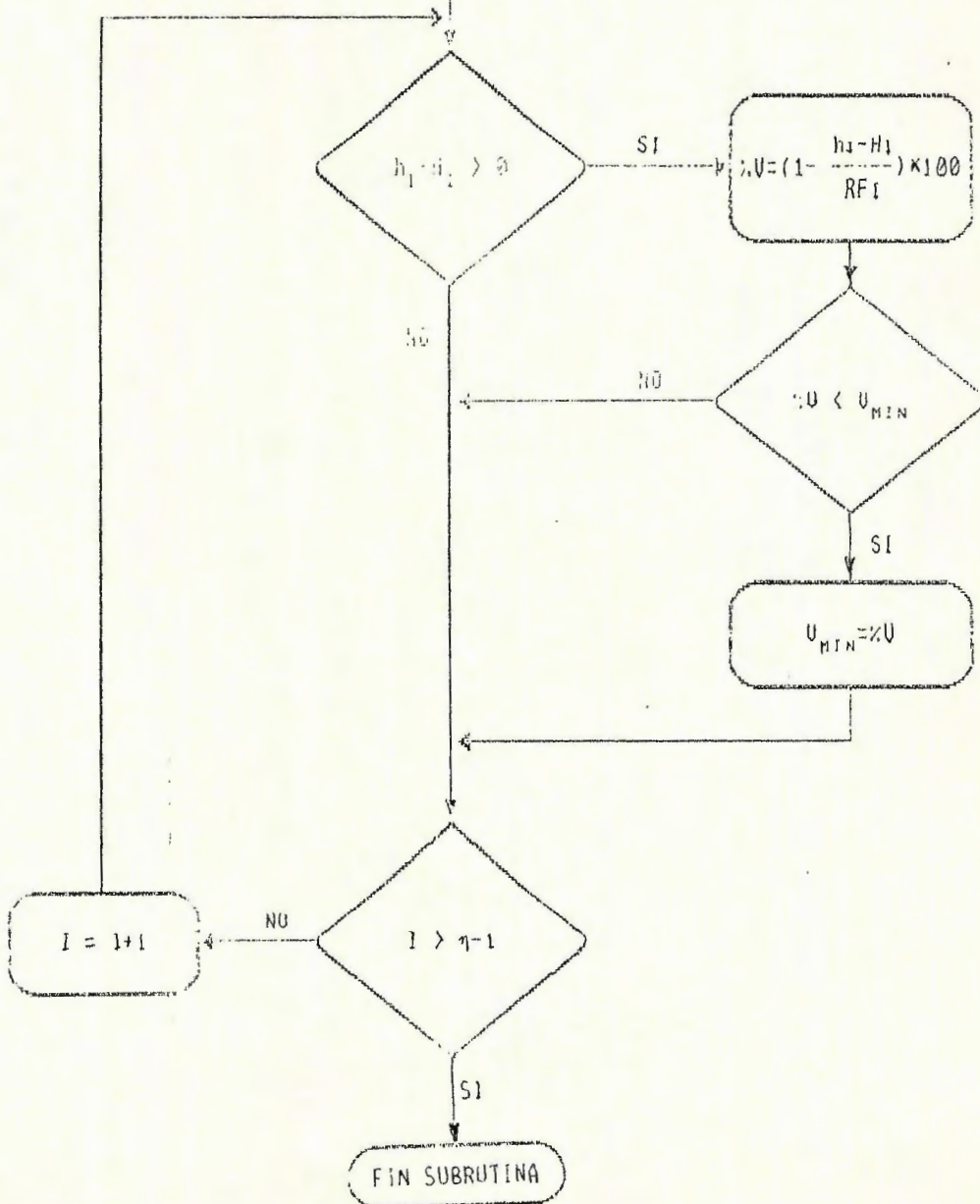
$I > n-1$

NO

$I = I + 1$

SI

FIN SUBROUTINA



SUBROUTINA 2

$K = 0.5$

SUBROUTINA 1

$K = 2/3$

SUBROUTINA 1

$K = 1$

SUBROUTINA 1

$I = 4$

SUBROUTINA 1

$K = \omega$

SUBROUTINA 1

FIN SUBROUTINA

ANEXO 3

MANUAL DEL USUARIO

PARA EL

S.V.R.

ANEXO 3

MANUAL DEL USUARIO

Objetivo General

Proporcionar al usuario una guía para la utilización del programa de predicción de visibilidad para radioenlaces en las Bandas de UHF y SHF, de tal forma que obtenga el mayor provecho del mismo.

Requerimientos

- Una computadora personal compatible IBM, con una capacidad mínima en memoria RAM de 512 Kbytes.
- Un sistema operativo DOS versión 3.3 o mayor, o cualquier otro sistema operativo compatible.
- Un diskette conteniendo las bases de datos con los datos geográficos correspondientes a las zonas consideradas, o en su defecto, un dispositivo de almacenamiento con una capacidad libre no menor de 3 Mbytes (disco duro) que contenga dichas bases de datos.
- Monitor VGA o SVGA, con tarjeta graficadora. El programa automáticamente realiza una selección del monitor para que las escalas se adecúen a las características de dicho monitor y a la tarjeta.

El programa está diseñado para realizar cálculos de pérdidas de propagación y niveles de recepción de señal en sistemas de radiocomunicación que operan dentro de las bandas de frecuencia de 300 MHz hasta 30 GHz.

Puesta en marcha del programa

Una vez cargado el Sistema Operativo en la computadora, ubicar el diskette conteniendo el programa "SVR.EXE" en la diskettera A, y teclear "SVR".

A continuación se mostrará la presentación del programa, con un menú posterior con tres opciones:

1. Mantenimiento de Archivos
2. Determinación de Visibilidad
3. Salida al DOS

1. Mantenimiento de Archivos

En esta opción, se ejecutará una rutina con la cual se tendrá control sobre las bases de datos que se trabajarán y que contendrán los datos topográficos que se han de considerar para el programa principal de determinación de visibilidad.

Esta rutina tiene las siguientes opciones:

1. Crear nuevo archivo
2. Añadir datos a archivo
3. Ver archivo
4. Corregir archivo
5. Salir

En la primer opción, se crea la porción de una base de datos correspondiente a un cuadrante. Se recomienda colocar los nombres con que se identifican los cuadrantes según la codificación del Instituto Geográfico Nacional Ing. Pablo Arnoldo Guzmán, como lo son "2555I", "2557IV", etc., de tal forma que su consulta se realice más fácilmente.

En la segunda opción, se añaden datos al archivo. El puntero se coloca en el último dato disponible y se comienza a añadir registros introduciendo los siguientes campos:

Nombre del lugar: en este campo se colocará el nombre de la localidad geográfica que se está considerando, ya sea una ciudad, un pueblo, un cerro, un volcán, un estero, el mar, etc., con la finalidad de facilitar al usuario la ubicación de puntos estratégicos.

Altura en metros: en este campo se colocará la altura de la localidad en Metros Sobre el Nivel del Mar (MSNM), o sea, alturas absolutas, según aparecen marcadas por las curvas de nivel de los mapas.

Para salir de la operación que se está ejecutando, es necesario teclear la tecla "X", y presionar la tecla *ENTER*.

En la tercera opción se puede obtener un listado de los registros ya introducidos, y el programa pide el archivo que se quiere ver y pide también el número del registro a partir del cual se comenzará a visualizar el archivo.

Utilizando la cuarta opción, se pueden modificar los datos ya introducidos, por medio de una petición del programa del archivo que se desea modificar y el número de registro a partir del cual se empezará a modificar los datos.

Al seleccionar la opción de Salir, se regresa al menú principal del programa.

2. Determinación de Visibilidad

Esta parte ejecutará otra rutina del programa, la cual pedirá los siguientes datos:

- Latitud de la Estación A, la cual se colocará en formato de grados, minutos, segundos y centésimas de segundo, en el siguiente esquema: GG.MMSSss. Por ejemplo, si la latitud es de 13 grados, 30 minutos y 25 segundos con 45 centésimas, se deberá colocar la latitud en esta forma: 13.302545.
- Longitud de la Estación A, en la cual se colocará con el mismo formato que el utilizado para la latitud.
- Latitud de la Estación B, colocada en el mismo formato que la latitud de la Estación A.
- Longitud de la Estación B, colocada en el mismo formato que la longitud de la Estación A.

Como limitantes temporales del programa, se han colocado límites superiores debido a la ubicación geográfica de los cuadrantes considerados, así que la latitud deberá ser mayor a $13^{\circ} 10'$ y menor de $14^{\circ} 10'$; y la longitud no deberá ser menor de $87^{\circ} 30'$ y mayor de $88^{\circ} 45'$, tanto para la Estación A como la Estación B.

- Frecuencia, en donde se tiene que introducir la frecuencia de portadora, teniendo como limitantes que no debe ser menor de 0.3 GHz y mayor de 30 GHz, además que al considerar frecuencias fuera de este rango, se tendría que considerar pérdidas adicionales al trabajar con frecuencias mayores o menores a las descritas en este trabajo.

- Factor de Corrección del Radio Efectivo de la tierra (k), el factor K de trabajo es el descrito en el Capítulo II, y debe colocarse un valor positivo, ya que no se consideran valores de K negativos. Usualmente se coloca el valor de 1.333 ó $4/3$.
- Altura de Antena de la Estación A. Acá se coloca la altura del mástil en donde se colocará la antena de la estación A, tomando la altura sobre el nivel del suelo.
- Altura de Antena de la Estación B. Acá se coloca la altura del mástil en donde se colocará la antena de la estación B, tomando la altura sobre el nivel del suelo.
- Pérdidas en el cable. Como se vió en el capítulo IV, las pérdidas del cable vienen dadas por el fabricante, y se calculan multiplicando el factor de atenuación por unidad de longitud por la distancia del cable.
- Pérdidas en elementos terminales. También están estipuladas por el fabricante.
- Ganancia de la antena de la Estación A. Esta ganancia viene dada por el fabricante.
- Ganancia de la antena de la Estación B. Esta ganancia viene dada también por el fabricante.
- Potencia del transmisor. Este dato debe ser proporcionado por el fabricante del equipo transmisor, y está considerada en db, o su correspondencia en watts.

Posteriormente el programa muestra el perfil topográfico entre los puntos que se han introducido, mostrando en la pantalla los valores de las variables que intervienen, así como el nivel de claridad, y una opción para imprimir el perfil que se ha observado en la pantalla.

Luego muestra un reporte de las condiciones del enlace, un resumen de las características generales consideradas en el radioenlace, las ubicaciones topográficas de las estaciones, consideraciones de pérdidas, y una evaluación de la incidencia de los diferentes valores de K en el enlace.

Este resumen de los diferentes valores de K se muestra inicialmente con el valor introducido por el usuario, y luego hace una evaluación de valores de K desde 0.5 hasta 2, para que se tenga una visión de cómo influyen los factores, ya sea atmosféricos como topográficos.

Finalmente se presenta una opción para imprimir este resumen, siempre con el objeto de mantener un registro de los radioenlaces que se han evaluado y tener una mayor perspectiva de los factores que influyen en la planeación de los mismos.

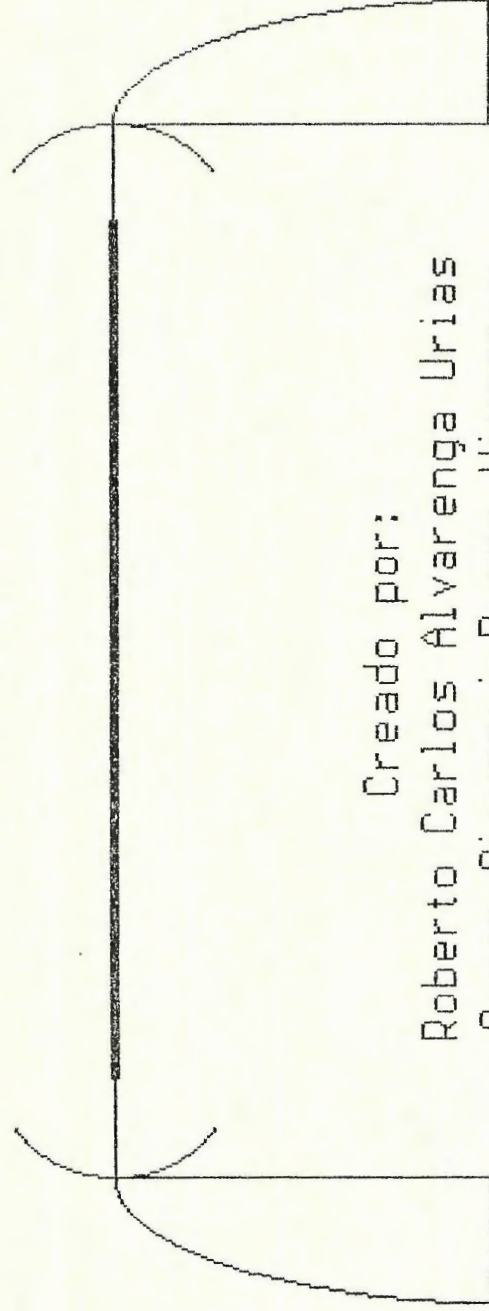
ANEXO 4

PANTALLAS DEL

S.V.R.

SVR

Simulacion de Visibilidad
en Radioenlaces



Creado por:

Roberto Carlos Alvarenga Urias
Oscar Giovanni Duran Vizcarra
Carlos Alberto Crespín Yanez

1993

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

MENU PRINCIPAL

1. Mantenimiento de la Base de datos.
2. Determinación de Visibilidades.
3. Salir al DOS.

Selección : 3

Presione el número para seleccionar.

Mantenimiento de la Base de Datos para el SVR

Bienvenido !!!

Este bloque sirve para
manejar la Base de Datos del SVR

Presione cualquier tecla para continuar

SELECCIONAR ACTIVIDAD

Crear nuevo archivo
Añadir datos a archivo
Ver archivo
cOrregir archivo
Salir del mantenimiento de la Base de datos

Selección:

Selecione presionando la letra resaltada

Adición de datos a archivo

Introduzca el nombre del archivo
al que se añadirán datos.
Archivo: D:\37111

Adición de datos a archivo

Componente: 1521
Nombre del lugar: Anamorós
Altura en metros: 180

Introduzca 'X' en 'Nombre del Lugar' para salir

Corrección de Archivo	
<p>Introduzca Nombre del Archivo que desea corregir Archivo: 25551</p> <p>Introduzca Número de la Componente que desea corregir Número de la Componente: 1567</p>	

Corrección de Archivo		
Componente:	1567	
	Actual	Nueva
LUGAR		Olomega
ALTURA	62.00	62
<p>Introduzca 'X' en 'Nombre del Lugar' para salir</p> <p>Presione Enter para Almacenar Data Anterior</p>		

Ver Archivo

Introduzca Nombre del Archivo
que desea ver
Archivo: 25551

Introduzca Número de la Componente
a partir de la cual desea ver
Número de la Componente: 449

Ver Archivo

COMPONENTE	LUGAR	ALTURA (m)
449	Cerro El Icaco	320.00
450		420.00
451		470.00
452		540.00
453		500.00
454		460.00
455		500.00
456		420.00
457		450.00
458		400.00
459		360.00
460		280.00
461		260.00
462		340.00
463		360.00
464		360.00
465		400.00

Presione 'X' para salir... Cualquier tecla para continuar...

Creación de nuevo archivo

Introduzca el nombre del archivo
que se creará.
Archivo: 25551

SIMULACIÓN DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

Latitud del transmisor....	13.250000	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del transmisor....	88.075000	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Latitud del receptor.....	13.142000	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del receptor.....	88.142000	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Frecuencia (MHz).....	345.000000	(Valor entre 300 y 30000)
Factor de corrección K....	1.333333	(Valor distinto de 0)
Altura torre transmisor...	25.000000	
Altura torre receptor....	25.000000	
Perd. elem. terminales Tx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perd. elem. terminales Rx:	1.500000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Tx.....	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Rx.....	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Longitud del cable Tx.....	30.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Longitud del cable Rx.....	32.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Ganancia de la Antena Tx..	10.000000	
Ganancia de la Antena Rx..	15.000000	
Potencia del Tx	176.000000	(Valor en mW mayor o igual a 0)

----- REPORTE DE VISIBILIDAD -----

Estación A:

Latitud Norte: 13° 25' 00''
 Longitud Oeste: 88° 02' 50''

Estación B:

Latitud Norte: 13° 14' 20''
 Longitud Oeste: 88° 14' 20''

Altura de A sobre el nivel del mar: 94.00 mts.
 Altura de B sobre el nivel del mar: 540.00 mts.

Altura de la Torre de la Antena de A: 25.00 mts.
 Altura de la Torre de la Antena de B: 25.00 mts.

Distancia A-B: 28.64 Km
 Frecuencia de portadora: 345.00 MHz
 Factor K: 1.3333

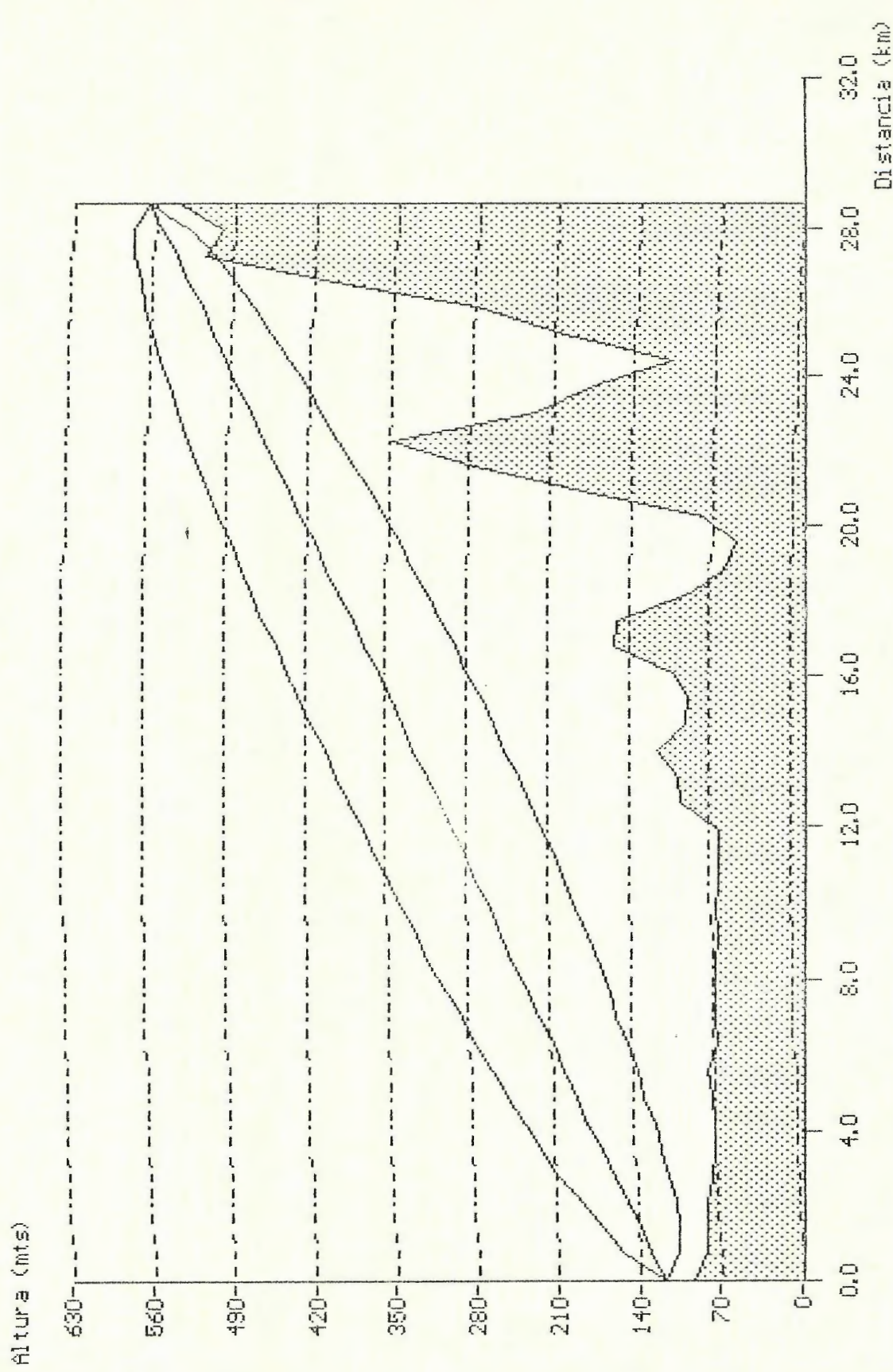
Perdidas en el espacio libre: 87.336 dB
 Perdidas obstrucción Zona de Fresnel: 13.653 dB
 Perdidas totales: 110.069 dB
 Potencia recibida: 0.000002 µW

Valor de K	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	Punto crítico
(Usuario) 1.33	76.2358%	27.24 Km
0.50	65.2360%	27.24 Km
0.60	68.1693%	27.24 Km
0.70	70.2645%	27.24 Km
0.80	71.4159%	27.24 Km
0.90	72.6081%	27.24 Km
1.00	74.059%	27.24 Km
1.10	74.8358%	27.24 Km
1.20	75.5025%	27.24 Km
1.33	76.2358%	27.24 Km
1.50	76.9691%	27.24 Km
1.75	77.8072%	27.24 Km
2.00	78.4358%	27.24 Km
2.25	78.9247%	27.24 Km
2.50	79.3158%	27.24 Km
∞	82.8348%	27.24 Km

Estacion A

Claridad del 76.24 %
Punto critico a 27.24 Km del Tx

Estacion B



13° 25' 00" de Latitud
88° 02' 50" de Longitud
Altura de 84.00 mts S.N.M.
Antena de 25.00 mts

K = 1.3333
f = 345.00 MHz
D = 28.64 Km

13° 14' 20" de Latitud
88° 14' 20" de Longitud
Altura de 540.00 mts S.N.M.
Antena de 25.00 mts

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

REPORT DE VISIBILIDAD

Estación A:
 Latitud Norte: 13° 25' 00"
 Longitud Oeste: 88° 02' 50"

Estación B:
 Latitud Norte: 13° 14' 20"
 Longitud Oeste: 89° 14' 20"

Altura de A sobre el nivel del mar: 94.00 mts.
 Altura de B sobre el nivel del mar: 540.00 mts.

Altura de la Torre de la Antena de A: 25.00 mts.
 Altura de la Torre de la Antena de B: 25.00 mts.

Distancia A-B: 28.64
 Frecuencia de portadora: 345.00
 Presione ENTER para continuar...

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

Factor F: 1.3333

Pérdida en el espacio libre: 87.336 dB
 Pérdida obstrucción Zona de Fresnel: 13.653 dB
 Pérdidas totales: 110.069 dB
 Potencia recibida: 0.000002 µW

Valor de F	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	Punto crítico
(Usuario) 1.33	76.2318	27.24
0.50	65.2360	27.24
0.60	68.1693	27.24
0.70	70.2645	27.24
0.80	71.8459	27.24
0.90	73.0581	27.24
1.00	74.0359	27.24
1.10	74.8358	27.24

Presione ENTER para continuar...

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

0.50	68.1693	27.24
0.70	70.2645	27.24
0.80	71.8359	27.24
0.90	73.0581	27.24
1.00	74.0359	27.24
1.10	74.8358	27.24
Presione ENTER para continuar...		
1.20	75.5025	27.24
1.33	76.2358	27.24
1.50	76.9691	27.24
1.75	77.8072	27.24
2.00	78.4358	27.24
2.25	78.9247	27.24
2.50	79.3158	27.24
∞	82.8348	27.24
Presione 'S' para imprimir, Cualquier otra para continuar...		

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

¿Desea continuar con Visibilidades? (S/N) ==> S

ANEXO 5

ESTUDIOS DE VISIBILIDAD

REALIZADOS POR N.E.C.:

1. SAN MIGUEL - CONCHAGUA

2. CONCHAGUA - LA UNION

CALCULO DEL TRAYECTOTRAYECTO: 1. SAN MIGUEL - V. CONCHAGUA

1.	ESTACION A	SAN MIGUEL
	Latitud	N 13° 28' 54"
	Longitud	E 88° 10' 29"
2.	ESTACION B	V. CONCHAGUA
	Latitud	N 13° 16' 20"
	Longitud	E 87° 50' 42"
3.	AZIMUT A → B	236° 53' 47"
	B → A	56° 49' 13"
4.	DISTANCIA A-B	42,6 km
5.	ALTURA DE ANTENA A	130,0 m (S.N.M.)
	B	1235,0 m (S.N.M.)
6.	ALTURA DE OBSTACULO	350,0 m (S.N.M.)
	DISTANCIA DESDE A	30,6 km
7.	BANDA DE FRECUENCIA	4000 MHz
8.	DESPEJE SOBRE OBSTACULO	551,83 m (K=4/3)
		537,37 m (K=0,8)
		530,21 m (K=2/3)
9.	RADIO DE FRESNEL	28,27 m (centro)
		25,44 m (Obstáculo)
10.	PERDIDA EN ESPACIO LIBRE	137,00 dB
11.	ANGULO VERTICAL DE ONDA DIRECTA (K=0,8)	1° 14' 46" (Punto A)
		- 1° 43' 31" (Punto B)

Note : The altitude scale shall be multiplied
by 1/4 or 4, as the distance is plotted
in half or double scale.

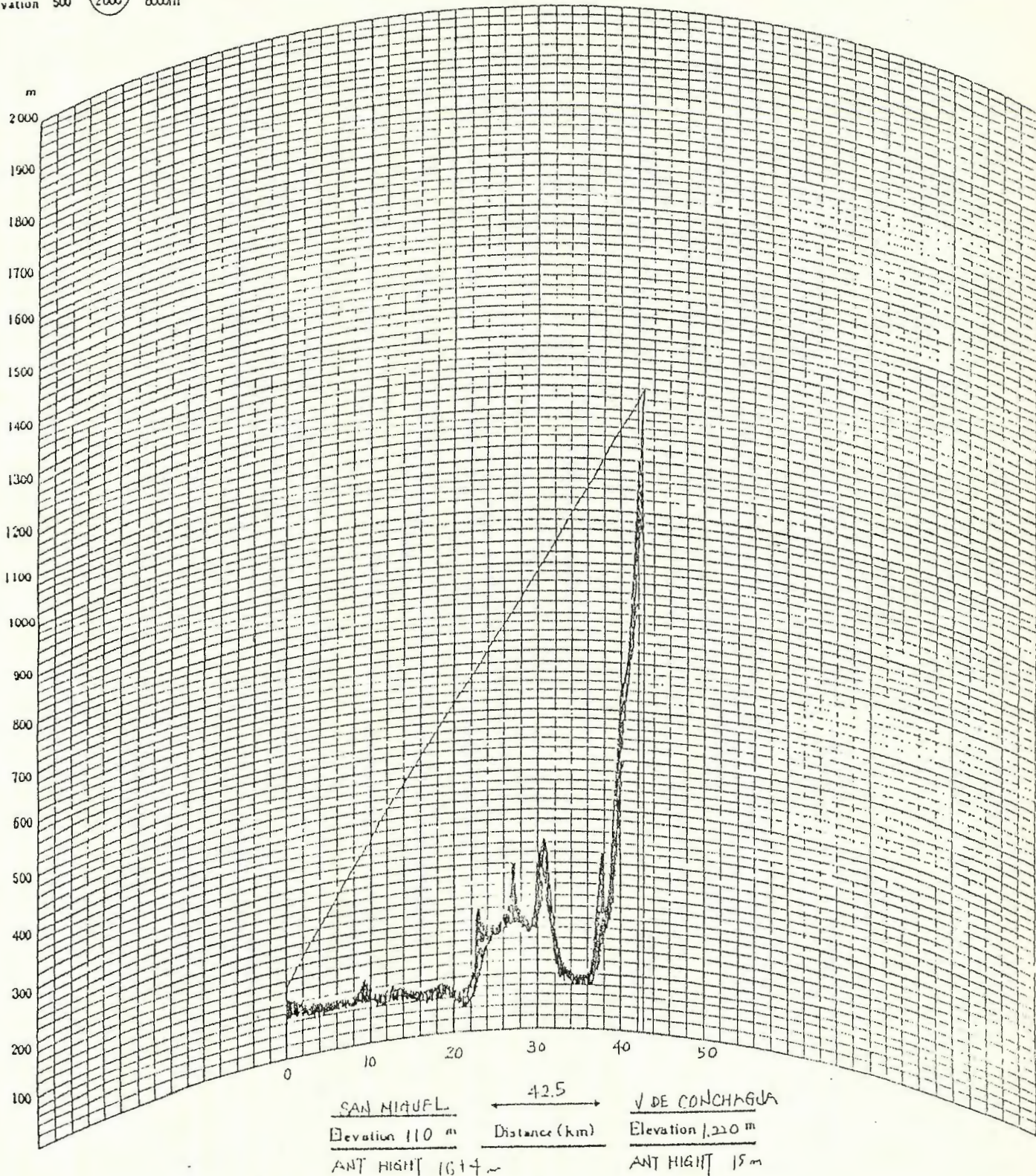
Distance 60 120 240km
Elevation 500 2000 8000m

PROFILE MAP. (1/2 Radius)

1 : 50.000

NO. SAL-005

DATE 13 Nov 91
T.15H11



CALCULO DEL TRAYECTO

TRAYECTO: V. CONCHAGUA - LA UNION

1.	ESTACION A	V. CONCHAGUA
	Latitud	N 13° 16' 20"
	Longitud	E 87° 50' 42"
2.	ESTACION B	LA UNION
	Latitud	N 13° 20' 11"
	Longitud	E 87° 50' 29"
3.	AZIMUT A → B	356° 51' 56"
	B → A	176° 51' 53"
4.	DISTANCIA A-B	7,2 km
5.	ALTURA DE ANTENA A	1240,0 m (S.N.M.)
	B	13,5 m (S.N.M.)
6.	ALTURA DE OBSTACULO	1000,0 m (S.N.M.)
	DISTANCIA DESDE A	0,9 km
7.	BANDA DE FRECUENCIA	8000 MHz
8.	DESPEJE SOBRE OBSTACULO	85,67 m (K=4/3)
		85,45 m (K=0,8)
		85,34 m (K=2/3)
9.	RADIO DE FRESNEL	8,20 m (centro)
		5,43 m (Obstáculo)
10.	PERDIDA EN ESPACIO LIBRE	128,00 dB
11.	ANGULO VERTICAL DE ONDA DIRECTA (K=0,8)	- 9° 50' 39" (Punto A)
		9° 45' 49" (Punto B)

Note : The altitude scale shall be multiplied
by 1/4 or 4, as the distance is plotted
in half or double scale.

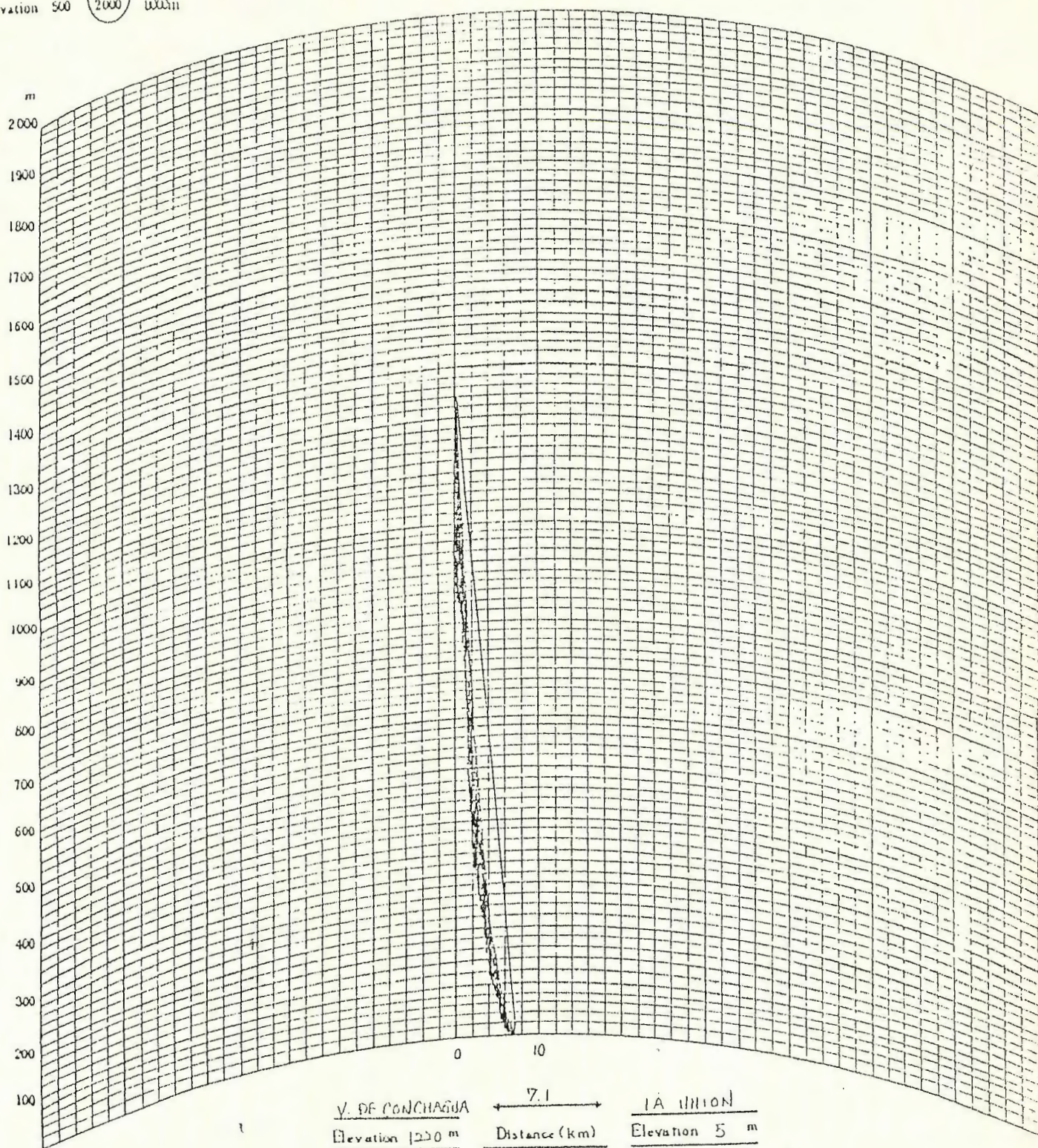
Distance 60 120 240km
Elevation 500 2000 3000m

PROFILE MAP (1/2 Radius)

1:50,000

NO. SAL-604

DATE 13 Aug 41



V. DE CONCHAGUA

Elevation 1220 m

ANT HEIGHT 20m

7.1

Distance (km)

LA UNION

Elevation 5 m

ANT HEIGHT 55 + 3 m

ANEXO 6

ESTUDIO DE VISIBILIDAD

REALIZADO POR ERICSSON:

JUCUAPA - PACAYAL

LM ERICSSON - PUBLIC TELECOM. DIVISION

16-APR-84

TABLE 3.021

PATH-PROFILE ANALYSIS FOR DIFFERENT
EFFECTIVE EARTH RADIUS FACTORS K
FOR

RADIO PATH JUCUAPA TO PACAYAL

PATH LENGTH 7.9 KM
HEIGHT ABOVE SEA LEVEL FOR JUCUA 490.0 M
FOR PACAY 1260.0 M
ANTENNA HEIGHT ABOVE GROUND LEVEL AT JUCUA 58.0 M
AT PACAY 26.0 M
MINIMUM CLEARANCE FOR 1ST FRESNEL ZONE 0.5 M
OR 75.2 %
AT K = 1.33
AND RADIO FREQUENCY 0.9 GHZ
TERRAIN ROUGHNESS 70.8 M

	CRITICAL POINT - DIST FROM JUCUAPA	RADIUS OF 1ST FRESNEL ZONE	MARGIN TO 1ST FRESNEL ZONE	CLEARANCE OF 1ST FRESNEL ZONE	
K					

	KM	M	M	M	

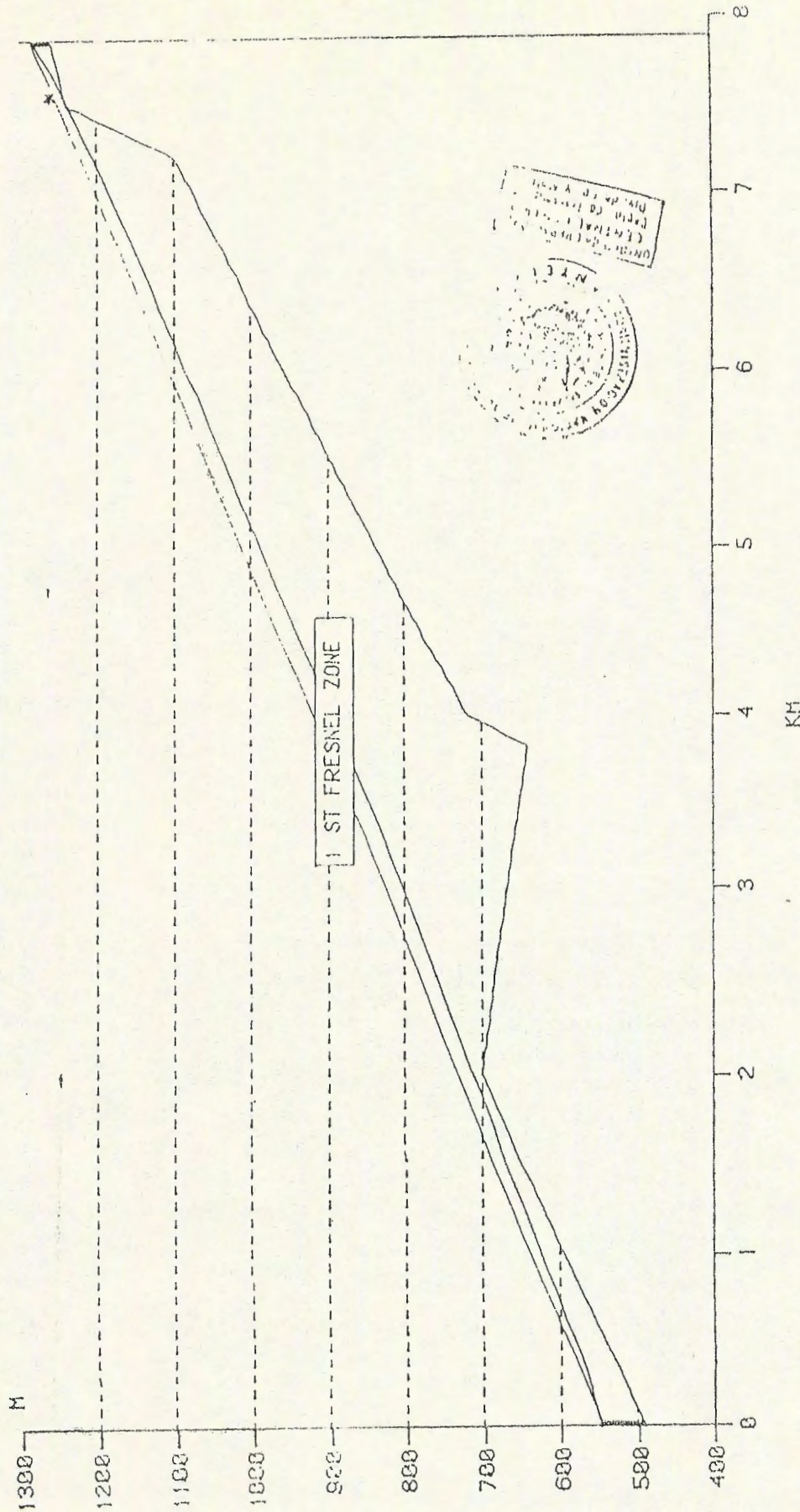
				%	

0.50	7.50	11.24	-3.00	0.16	72.63
0.60	7.50	11.24	-3.00	0.24	73.33
0.70	7.50	11.24	-2.94	0.30	73.83
0.80	7.50	11.24	-2.90	0.34	74.20
0.90	7.50	11.24	-2.87	0.37	74.49
1.00	7.50	11.24	-2.84	0.40	74.73
1.10	7.50	11.24	-2.82	0.42	74.92
1.20	7.50	11.24	-2.80	0.44	75.08
1.33	7.50	11.24	-2.70	0.46	75.25
1.50	7.50	11.24	-2.76	0.48	75.43
1.75	7.50	11.24	-2.74	0.50	75.63
2.00	7.50	11.24	-2.72	0.52	75.77
2.25	7.50	11.24	-2.71	0.53	75.89
2.50	7.50	11.24	-2.70	0.54	75.98
INFIN	7.50	11.24	-2.60	0.63	76.82

LM ERICSSON - PUBLIC TELECOM. DIVISION

RADIO-RELAY PROJECT: ELSAL LIC 11/82

PATH PROFILE:	HEIGHT ASL	ANTENNA HGT	D =	7.9 KM	TABLE NO:	3.021
JUCUAPA TO	490.0 M	58.0 M	K =	1.33	* CRITICAL ALTITUDE AT	7.5 KM
PACAYAL	1260.0 M	26.0 M	RF =	0.9 GHz	NO REFLECTION POINTS	



XT/MXR KEN

16-APR-84

TF 23145/ 2

20 20

ANEXO 7

ESTUDIO DE VISIBILIDAD

REALIZADO POR S.V.R.

1. SAN MIGUEL - CONCHAGUA

2. CONCHAGUA - LA UNION

3. JUCUAPA - PACAYAL

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

Latitud del transmisor...	13.585400	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del transmisor...	88.102900	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Latitud del receptor.....	13.162000	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del receptor.....	87.504200	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Frecuencia (MHz).....	4000.000000	(Valor entre 300 y 30000)
Factor de correccion K....	1.333333	(Valor distinto de 0)
Altura torre transmisor...	20.000000	
Altura torre receptor....	15.000000	
Perd. elem. terminales Tx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perd. elem. terminales Rx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Tx.....	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Rx.....	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Longitud del cable Tx.....	25.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Longitud del cable Rx.....	20.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Ganancia de la Antena Tx:	20.000000	
Ganancia de la Antena Rx:	20.000000	
Potencia del Tx	178.000000	(Valor en mW mayor o igual a 0)

REPORTIL DE VISIBILIDAD

Estación A: San Miguel
 Latitud Norte: 13° 28' 54''
 Longitud Oeste: 88° 10' 29''

Estación B: Conchagua
 Latitud Norte: 13° 16' 20''
 Longitud Oeste: 87° 50' 42''

Altura de A sobre el nivel del mar: 120.00 mts.
 Altura de B sobre el nivel del mar: 1225.00 mts.

Altura de la Torre de la Antena de A: 20.00 mts.
 Altura de la Torre de la Antena de B: 15.00 mts.

Distancia A-B: 42.30 Km
 Frecuencia de portadora: 4000.00 MHz
 Factor K: 1.3333
 Perdidas en el espacio libre: 97.008 dB
 Perdidas obstrucción Zona de Fresnel: 0.000 dB
 Perdidas totales: 105.058 dB
 Potencia recibida: 0.000006 µW

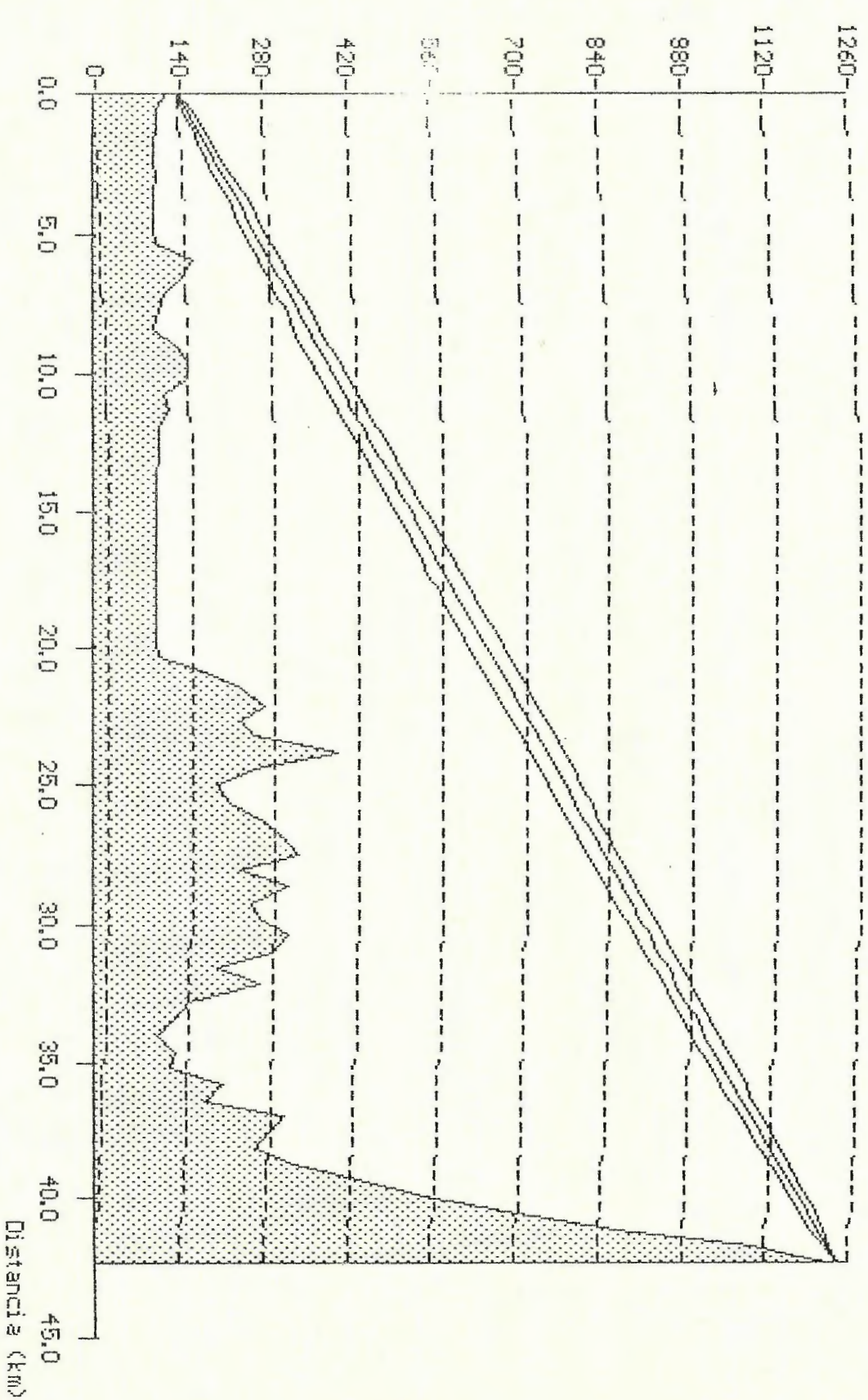
Valor de K	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	Punto critico
(Usuario) 1.33	100.0000%	
0.50	100.0000%	
0.60	100.0000%	
0.70	100.0000%	
0.80	100.0000%	
0.90	100.0000%	
1.00	100.0000%	
1.10	100.0000%	
1.20	100.0000%	
1.33	100.0000%	
1.50	100.0000%	
1.75	100.0000%	
2.00	100.0000%	
2.25	100.0000%	
2.50	100.0000%	
∞	100.0000%	

Estacion A
San Miguel

Existe 100.0 % de claridad.

Estacion B
Conchaque

Altura (mts)



13° 28' 54" de Latitud

88° 10' 28" de Longitud

Altura de 120.00 mts S.N.M.

Antena de 20.00 mts

K = 1.3333

f = 4000.00 MHz

D = 42.30 Km

13° 16' 20" de Latitud

87° 50' 42" de Longitud

Altura de 1225.00 mts S.N.M.

Antena de 15.00 mts

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIODENLACES

Latitud del transmisor....:	13.162000	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del transmisor....:	87.504200	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Latitud del receptor.....:	13.201100	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del receptor.....:	87.502900	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Frecuencia (MHz).....:	8000.000000	(Valor entre 300 y 30000)
Factor de correccion K....:	1.333333	(Valor distinto de 0)
Altura torre transmisor...:	20.000000	
Altura torre receptor....:	8.500000	
Perd. elem. terminales Tx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perd. elem. terminales Rx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Tx.....:	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Rx.....:	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Longitud del cable Tx.....:	25.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Longitud del cable Rx.....:	15.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Ganancia de la Antena Tx..:	20.000000	
Ganancia de la Antena Rx..:	20.000000	
Potencia del Tx	178.000000	(Valor en mW mayor o igual a 0)

REPORTE DE VISIBILIDAD

Estación A: Conchagua
Latitud Norte: 13° 16' 20''
Longitud Oeste: 87° 50' 42''

Estación B: La Unión
Latitud Norte: 13° 20' 11''
Longitud Oeste: 87° 50' 29''

Altura de A sobre el nivel del mar: 1225.00 mts.
Altura de B sobre el nivel del mar: 12.00 mts.

Altura de la Torre de la Antena de A: 20.00 mts.
Altura de la Torre de la Antena de B: 8.50 mts.

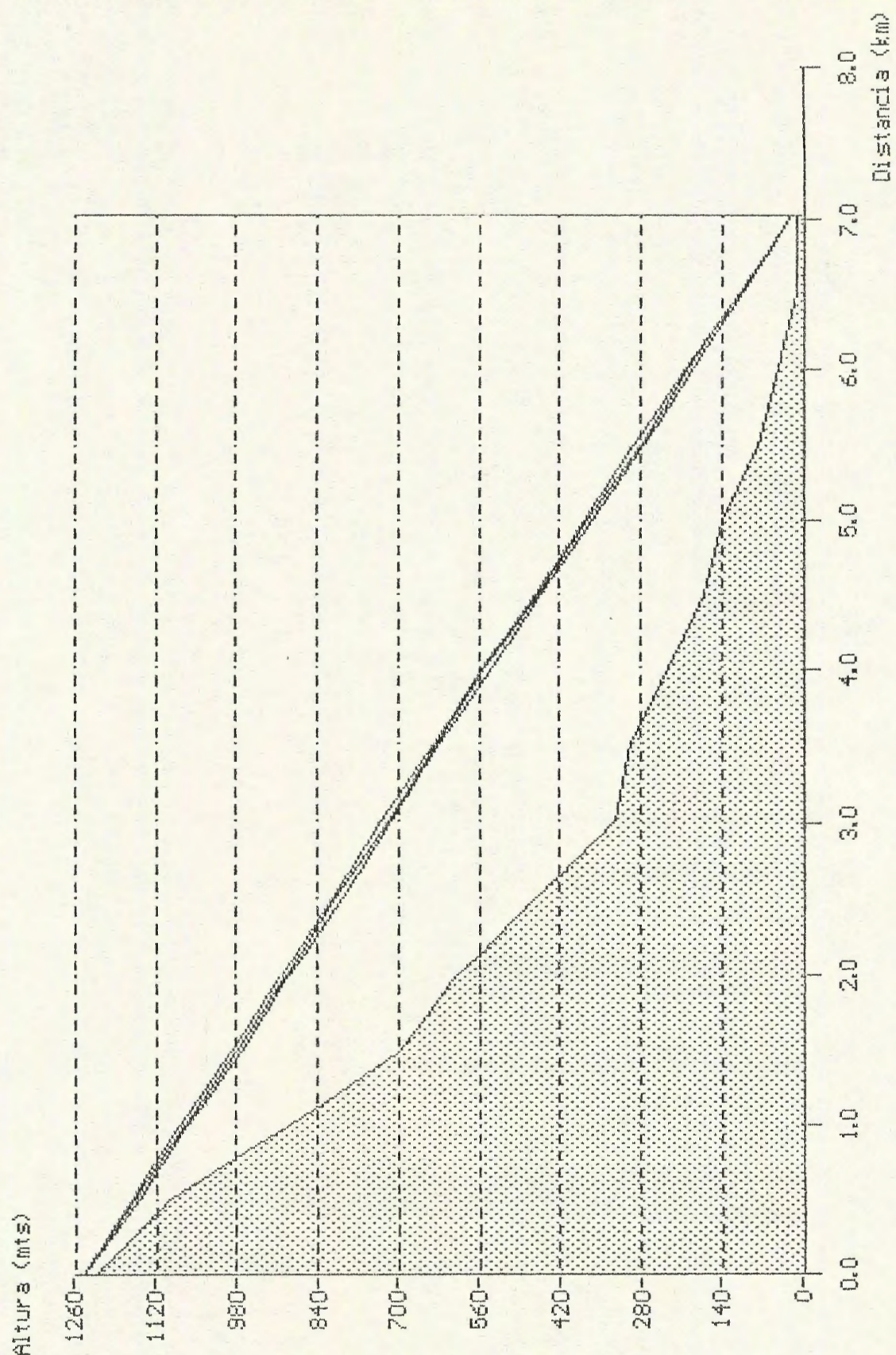
Distancia A-B: 7.02 Km
Frecuencia de portadora: 8000.00 MHz
Factor K: 1.3333
Perdidas en el espacio libre: 87.426 dB
Perdidas obstrucción Zona de Fresnel: 0.000 dB
Perdidas totales: 95.026 dB
Potencia recibida: 0.000056 μ W

Valor de K	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	Punto crítico
(Usuario) 1.33	100.0000%	
0.50	100.0000%	
0.60	100.0000%	
0.70	100.0000%	
0.80	100.0000%	
0.90	100.0000%	
1.00	100.0000%	
1.10	100.0000%	
1.20	100.0000%	
1.33	100.0000%	
1.50	100.0000%	
1.75	100.0000%	
2.00	100.0000%	
2.25	100.0000%	
2.50	100.0000%	
∞	100.0000%	

Estacion A
Conchaqua

Estacion B
La Unión

Existe 100.0 % de claridad.



13° 16' 20" de Latitud
87° 50' 42" de Longitud
Altura de 1225.00 mts S.N.M.
Antena de 20.00 mts

K = 1.3333
f = 8000.00 MHz
D = 7.02 Km

13° 20' 11" de Latitud
87° 50' 29" de Longitud
Altura de 12.00 mts S.N.M.
Antena de 8.50 mts

SIMULACION DE VISIBILIDAD EN RADIOENLACES

Latitud del transmisor...:	13.305000	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del transmisor...:	88.230000	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Latitud del receptor.....:	13.281500	(Valor entre 13° 09' y 14° 10')
Longitud del receptor.....:	88.194500	(Valor entre 87° 30' y 88° 45')
Frecuencia (MHz).....:	900.000000	(Valor entre 300 y 30000)
Factor de correccion K...:	1.333333	(Valor distinto de 0)
Altura torre transmisor...:	58.000000	
Altura torre receptor.....:	26.000000	
Perd. elem. terminales Tx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perd. elem. terminales Rx:	2.000000	(Valor en dB mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Tx.....:	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Perdidas en Cable Rx.....:	0.090000	(Valor en dB/m mayor o igual a 0)
Longitud del cable Tx.....:	65.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Longitud del cable Rx.....:	35.000000	(Valor en mts mayor o igual a 0)
Ganancia de la Antena Tx.:	20.000000	
Ganancia de la Antena Rx.:	20.000000	
Potencia del Tx	178.000000	(Valor en mW mayor o igual a 0)

REPORT DE VISIBILIDAD

Estación A: Jucuapa

Latitud Norte: 13° 30' 50''

Longitud Oeste: 88° 23' 00''

Estación B: Pacayal

Latitud Norte: 13° 28' 15''

Longitud Oeste: 88° 19' 45''

Altura de A sobre el nivel del mar: 480.00 mts.

Altura de B sobre el nivel del mar: 1280.00 mts.

Altura de la Torre de la Antena de A: 58.00 mts.

Altura de la Torre de la Antena de B: 26.00 mts.

Distancia A-B: 7.11 Km

Frecuencia de portadora: 900.00 MHz

Factor K: 1.3333

Perdidas en el espacio libre: 68.558 dB

Perdidas obstrucción Zona de Fresnel: 0.000 dB

Perdidas totales: 81.558 dB

Potencia recibida: 0.001243 μ W

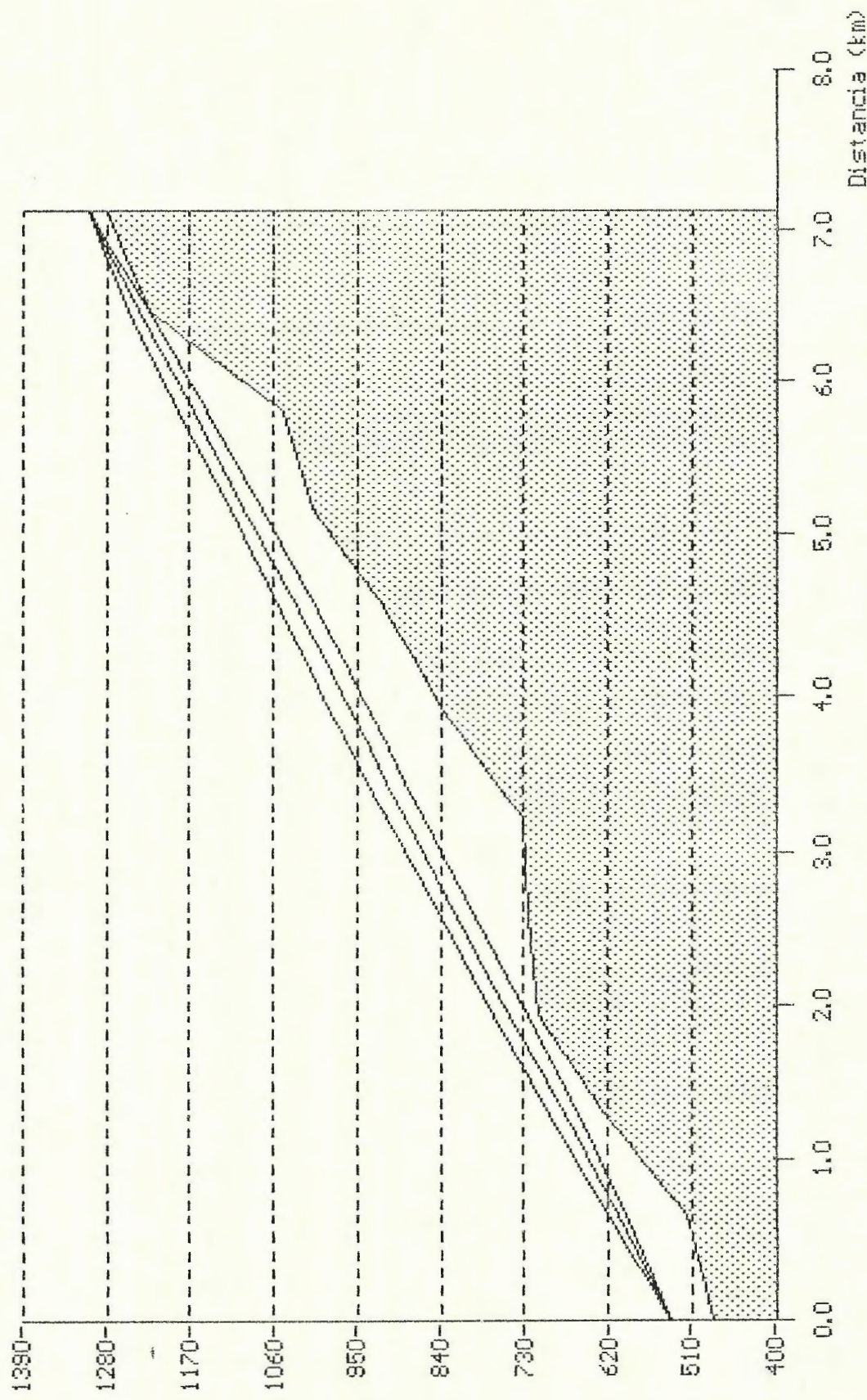
Valor de K	Claridad de la 1ª Zona de Fresnel	Punto crítico
(Usuario) 1.33	100.0000%	
0.50	100.0000%	
0.60	100.0000%	
0.70	100.0000%	
0.80	100.0000%	
0.90	100.0000%	
1.00	100.0000%	
1.10	100.0000%	
1.20	100.0000%	
1.33	100.0000%	
1.50	100.0000%	
1.75	100.0000%	
2.00	100.0000%	
2.25	100.0000%	
2.50	100.0000%	
∞	100.0000%	

Estacion A
Jucuapa

Existe 100.0 % de claridad.

Estacion B
Pacayal

Altura (mts)



13° 30' 50" de Latitud
88° 23' 00" de Longitud
Altura de 480.00 mts S.N.M.
Antena de 58.00 mts

K = 1.3333
f = 900.00 MHz
D = 7.11 Km

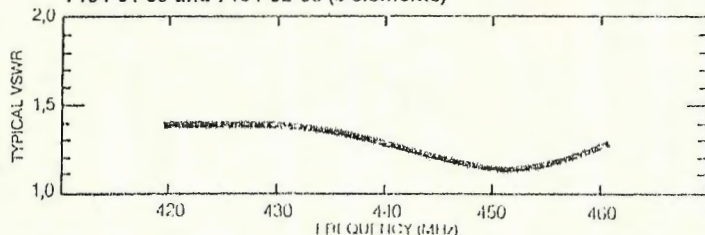
13° 28' 15" de Latitud
88° 13' 45" de Longitud
Altura de 1280.00 mts S.N.M.
Antena de 26.00 mts

ANEXO 8

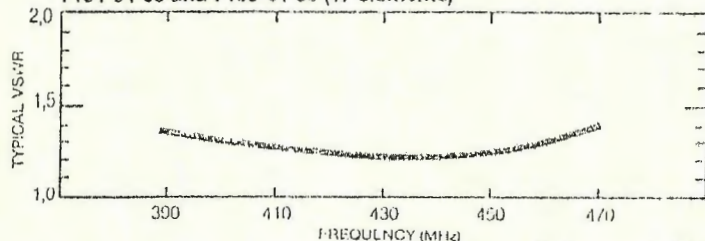
REPORTES TECNICOS SOBRE
DISPOSITIVOS DE EQUIPO DE
TRANSMISION Y ANTENAS

- Broadband design for UHF operation
- High gain
- Usable for vertical or horizontal polarization
- Ideal for radio link, base station, portable and mobile applications.
- Suitable as antenna element in phased array systems.
- Low weight
- Military approved
- DC grounded

7104-01-05 and 7104-02-05 (6 elements)



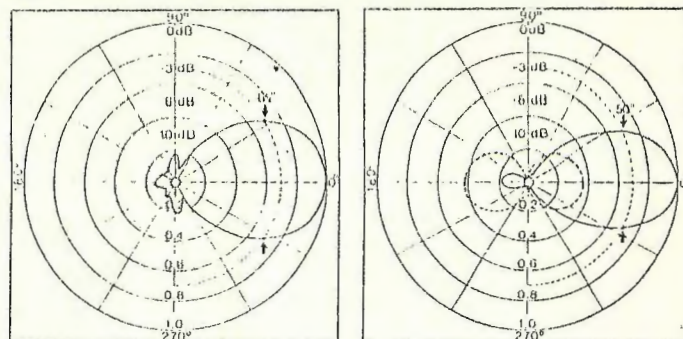
7104-04-05 and 7109-01-05 (17 elements)



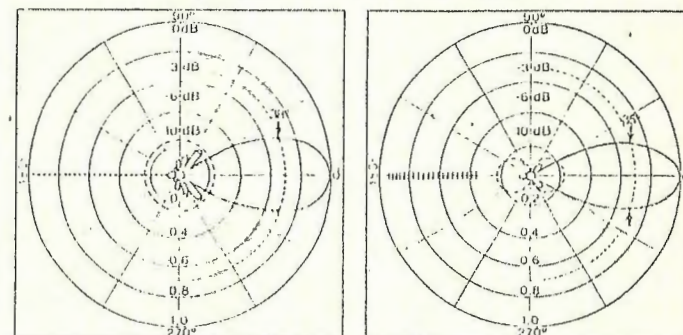
7109

- In two sections for easy transport and mounting

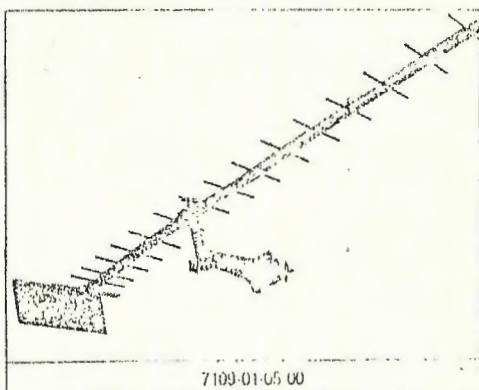
Typical relative strength pattern for 6-element versions



Typical relative strength pattern for 17-element versions



TYPE	7104-01-05-00	7104-02-05-00	7104-03-05-00	7104-04-05-00	7109-02-02-00	7109-01-05-00
ELECTRICAL DATA						
Frequency range, MHz	335-390	420-460	340-410	390-470	340-410	330-470
Number of elements	6		17		17 with two-part boom	
Nominal impedance, Ohm	50					
Maximum power, W	100					
VSWR, over the entire frequency range	Typical 1.3:1 Max. 1.8:1					
Gain, dBi (mid-band values)	+10		+14			
Type of radiation	Directional					
Polarization	Usable for horizontal or vertical polarization					
Half power beamwidth: E plane (vertical)	50°		35°			
H plane (horizontal)	65°		38°			
Front to back ratio	Typical 15 dB					
Connector	N female					
Lightning protection	DC grounded					
MECHANICAL DATA						
Dimensions, mm: Length	1150	1050	2540	2100	2500(1)	2100(1)
Width	450	400	450	400	450	400
Net weight, kg	1.1	1.0	5.0	4.5	5.0	4.5
Wind survival, m/s: Without ice	50					
With 10 mm radial ice	35					
Wind area, m²(2) Without ice	0.06	0.05	0.13	0.11	0.13	0.11
With 10 mm radial ice	0.13	0.11	0.31	0.28	0.31	0.28
Wind load, N(2) Without ice	110	90	240	210	240	210
With 10 mm radial ice	120	100	280	260	280	260
MATERIAL						
Radiator	Weather resistant aluminium alloy					
Antenna boom	Weather resistant aluminium alloy					
Reflector and directors	Weather resistant aluminium alloy					
Mounting bracket	Weather resistant aluminium alloy					
Fittings	Stainless steel					
MOUNTING						
-- For horizontal or vertical polarization to mast tubes with diameters 30 to 60 mm.						
ACCESSORIES						
- Matching transformers type 8110.05 or 8110.03 for 2- or 4 stacked antenna systems.						
NOTES						
-- This antenna is ideal in radio link systems as well as for base station and mobile applications.						
-- The antenna is especially suitable as element in phased array systems, in which improved gain and various polarizations can be achieved.						
-- On request, Allgon Antennas can deliver computer-calculated radiation patterns for an arbitrary number of antennas pointing in the same or in various directions.						



7109-01-05-00

All data given with reservation for constructional modifications.

1) The antenna boom of type 7109 is in two sections for easier transport at portable applications.

450/512 MHz

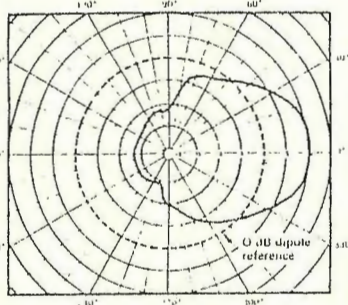
Model

ASP-760

ASPR766

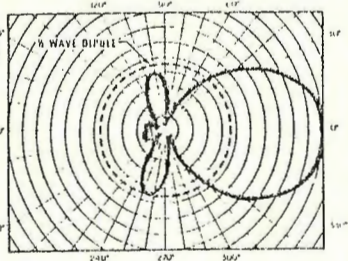


Horizontal Field Pattern,
Vertically Polarized



ASP-760

Vertical Radiation Pattern



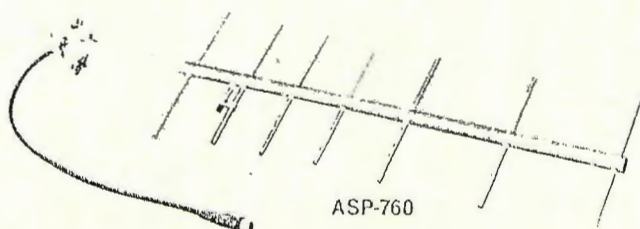
ASPR766

Broadband 10 dB Gain Yagi Antenna Economy 7.5 dB Gain Yagi Antenna

- ❑ **Extended Range** — both 10 dB and 7.5 dB gain versions for optimum signal in point-to-point applications
- ❑ **Broadband** — wide coverage of selected frequency ranges provides no-tuning installations
- ❑ **Rugged** — extensive welding of gold indited boom and elements for maximum life
- ❑ **Interference Eliminator** — 15 dB minimum front-to-back ratio meets FCC control station requirements
- ❑ **Versatile** — use for point-to-point, selected area coverage, reduction of noise and offending signals, and combining with omni antennas for special keyhole patterns

SPECIFICATIONS

Electrical	ASP-760	ASPR766
Power (watts)	250	100
Gain (dB)	10	7.5
Front-to-Back Ratio (min. dB)	15	15
Frequency Range (MHz)		
(ASP prefix)	450-470	---
(ASPR prefix)	---	450-470
(ASPB prefix)	470-494	470-488
(ASPC prefix)	494-512	488-512
Bandwidth (MHz)	20	20
VSWR	Less than 1.5:1	
Impedance	50 ohms nominal	
E plane Beamwidth	46°	50°
H plane Beamwidth	60°	60°
Lightning Protection	Direct Ground	
Termination	RG 213/U 24 inch (61 cm) length with N male conn	UH17 female
Feed Method	Gamma matched driven element	
Mechanical		
Rated Wind Velocity	212 mi/h (341 km/h)	270 mi/h (435 km/h)
Lateral Thrust	164 lb (7.4 kg)	76 lb (35 kg)
Torsional Moment	265 ft lb (3.7 kg m)	84 ft lb (1.2 kg m)
Equivalent Flat Plate Area	0.33 ft² (0.03 m²)	0.02 ft² (0.02 m²)
Boom Length	45 inches (120 cm)	30 inches (76.2 cm)
Weight	5.7 lb (2.6 kg)	1.75 lb (0.8 kg)
Elements	Aluminum welded to boom	
Finish	Gold indite treated	
Mounting	Vertical or horizontal U-bolts for up to 2 3/4 inch (603 mm) O.D.	U bolts for up to 2 1/4 inch (572 mm) O.D.
Shipping Information		
Weight	8 lb (36 kg)	4 lb (18 kg)
Dimensions	14 x 4 1/4 x 48 inches (355 x 108 x 122 cm)	3 1/2 x 2 3/4 x 36 1/4 inches (89 x 7 x 93 cm)



ASP-760



ASPR766

System Planning and Accessories	Pages
System Planning	6-11
Antenna Selection	49-51
Antenna Components	52, 53
Electrical Definitions	54, 55
Environmental Considerations	55-57
Waveguide Cables	240-243
Mounting Information	84-87
Accessories	81-83
Power	286-300
Filters	301-311
Pressurization Equipment	277-285

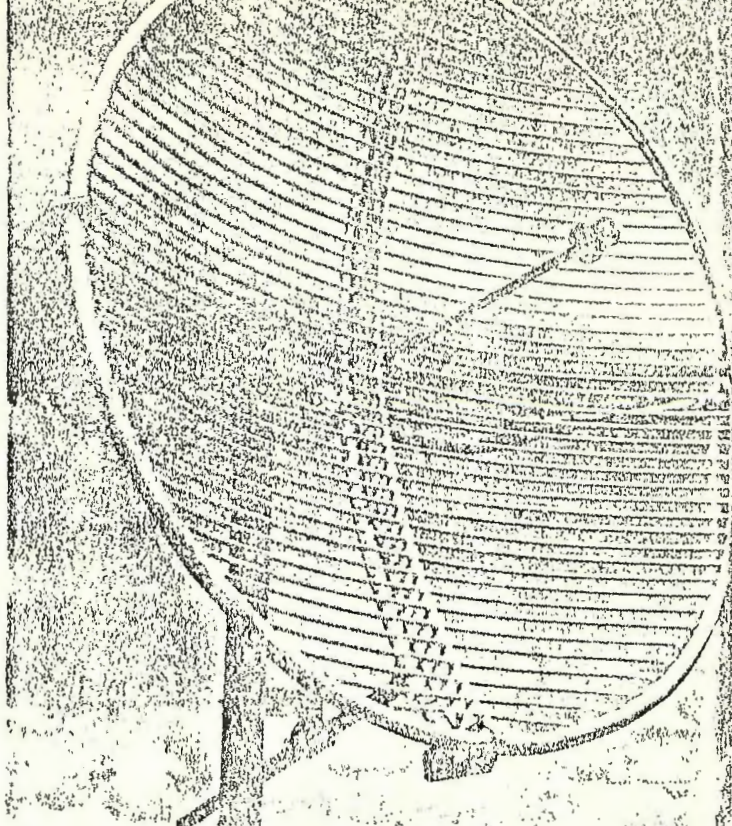
6. FCC Pattern Compliance is indicated in the tables.

7. Home Office Specification. The -15 Series 4, 6 and 8 ft (1.2, 1.8 and 2.4 m) focal plane antennas comply with the U.K. Home Office Specification for antennas to be used in the 1500 MHz Sub-Band B.

8. Integral Tower Mount is included with all antennas. See pages 84-87 for further information.

9. Pressurization. Air-dielectric feeds are pressurizable to 100 lb/in² (70 kPa). Unpressurized feeds are foam filled to eliminate the need for pressurization equipment.

10. Order. Specify *Antenna Type Number*. Refer to page 84 for general ordering information.



KP6-15A, 6 ft (1.8 m) GRIDPAK Antenna with Integral Vertical Tower Mount

5-365, 365-403, 403-470, 820-960 MHz Antennas — Electrical Characteristics

Frequency MHz	Inputs Match with	Type Number	Diameter ft (m)	Gain, dBi			Beamwidth		Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
				Bottom	Mid-Band	Top	Vertical	Horizontal			
GRIDPAK™ and Mini GRIDPAK Antennas, Unpressurized											
5-365 GRIDPAK	Type N Plug	KP6-335A	6 (2.0)	15.0	15.2	15.4	25.0	30.0	23	19	1.3 (17.7)
		KP10-335A	10 (3.0)	18.3	18.4	18.6	16.0	19.0	23	22	1.3 (17.7)
		KP13-335B	13 (4.0)	20.6	20.7	20.7	12.0	14.5	25	23	1.3 (17.7)
365-403 GRIDPAK	Type N Plug	MKP-335A	6.6 x 3.3 (2 x 1)	11.0	11.0	11.0	28	37	15	9	1.5 (14.0)
403-470 GRIDPAK	Type N Plug	KP6-365A	6 (2.0)	15.8	16.3	16.3	22.0	27.0	29	20	1.3 (17.7)
		KP10-365A	10 (3.0)	18.7	19.4	19.6	15.0	18.5	33	23	1.3 (17.7)
		KP13-365B	13 (4.0)	21.0	21.8	21.9	11.0	14.5	33	24	1.3 (17.7)
470-960 GRIDPAK	Type N Plug	KP6-403A	6 (2.0)	16.4	16.3	16.6	22.0	25.0	27	20	1.35 (16.5)
		KP10-403A	10 (3.0)	20.0	19.6	20.4	14.0	14.0	30	22	1.35 (16.5)
		KP13-403B	13 (4.0)	22.0	22.2	22.6	13.0	13.0	30	24	1.35 (16.5)
960-1240 GRIDPAK	Type N Plug	MKP-403A	6.6 x 3.3 (2 x 1)	13.5	13.5	13.5	22	29	17	19	1.35 (16.5)
1240-1710 GRIDPAK	Type N Plug	KP6-820A	6 (2.0)	21.1	22.7	22.4	10.0	13.0	28	23	1.4 (15.5)
		KP10-820A	10 (3.0)	24.9	25.8	25.7	8.5	8.5	30	25	1.35 (16.5)
		KP13-820B	13 (4.0)	26.9	28.1	28.4	5.0	5.5	36	30	1.35 (16.5)
1710-2312 GRIDPAK	Type N Plug	MKP-820B	6.6 x 3.3 (2 x 1)	18.0	18.2	18.5	10.0	20.0	20	15	1.5 (14.0)

CABLE AND KITS

RG-58/U, RG-213/U (RG-8A/U), PRO-FLEX 800™ cable
Heliax® transmission line.

RG-58/U
Part No. 18-1-2
(100 ft minimum order)

RG-213/U (RG-8A/U)
Part No. 18-158-2
(100 ft minimum order)

PRO-FLEX 800™
Model K-214
(100 ft minimum order)

Cable

PRO-FLEX 800™ high temperature, low loss UHF and high power mobile installations. performance to 1/4 inch (6.4 mm) semi-rigid easier to install. Specify desired length; 100 ft minimum order. Use UG-176/U adapter for connector (Part No. 14-10-4, page 113).

Cable Assemblies

Length ft m	Description
20 6.1	RG-58/U cable with PL-259 connector on one end only
20 6.1	RG-58/U cable, PL-259 on one end, other PL-259 packaged loose
10 3.0	RG-58/U cable, PL-259 on one end, solder lugs on other end
20 6.1	Same as K-199
2 0.6	RG-393/U "pig-tail", N male on each end
10 3.0	PRO-FLEX cable, N male on each end
10 3.0	PRO-FLEX cable, N male on one end, PL-259 on other end
10 3.0	PRO-FLEX cable, one N male, one TNC male
17 5.2	PRO-FLEX cable, two N males
17 5.2	PRO-FLEX cable, one N male, one UHF male
17 5.2	PRO-FLEX cable, one N male, one TNC male
10 3.0	RG-58/U cable, one N male, one TNC male
10 3.0	RG-58/U cable, one N male, one mini-UHF male

Andrew LDF and FSJ Heliax® (Superflexible)

Jacketed, low loss coaxial cable with copper center conductor, polyethylene foam dielectric and corrugated copper outer conductor. Designed for efficient performance without pressurization; provides low-attenuation approaching air-dielectric line of similar size. Polyethylene protective jacket permits direct burial or use in corrosive atmosphere. Flexible, resists kinking.

Superflexible cable is recommended for small signal applications and where excellent shielding, close quarters and low loss are primary considerations; i.e., combiner-duplexer-multicoupler connections. Nominal impedance is 50 ohms.

SPECIFICATIONS

Model	ASPR886 (1/2" jacketed)	ASPR888 (3/4" jacketed)	ASPR889* (1 1/4" jacketed)	ASP-891 1/4" superflexible	ASP-892 1/2" superflexible	ASP-980* (1 1/4" jacketed)
Attenuation	1 dB/100 ft (30.5 m) @ 225 MHz	1 dB/100 ft (30.5 m) @ 700 MHz	1 dB/100 ft (30.5 m) @ 1000 MHz	1 dB/100 ft (30.5 m) @ 80 MHz	1 dB/100 ft (30.5 m) @ 200 MHz	Less than 1 dB/ 100 ft (30.5 m) @ 1000 MHz
Max Power	1000 watts @ 225 MHz	2000 watts @ 625 MHz	2.6 kw @ 1000 MHz	200 watts @ 1000 MHz	600 watts @ 1000 MHz	over 3 kW @ 1000 MHz
Minimum Bending Radius	5 inches (12.7 cm)	10 inches (25.4 cm)	15 inches (38 cm)	1 inch (2.5 cm)	1.25 inch (3.2 cm)	20 inches (50.8 cm)
Diameter over Jacket	0.64 inch (16 mm)	1.1 inch (28 mm)	1.6 inch (40 mm)	0.3 inch (7.6 mm)	0.52 inch (13.2 mm)	2 inch (51 mm)
Weight	0.16 lb/ft (0.24 kg/m)	0.33 lb/ft (0.49 kg/m)	0.66 lb/ft (0.98 kg/m)	0.6 lb/ft (0.09 kg/m)	0.14 lb/ft (0.21 kg/m)	0.92 lb/ft (1.37 kg-m)

*Recommended for 800 MHz Base station installations. Use connector (page 112).

LDF Heliax® Cable Kits

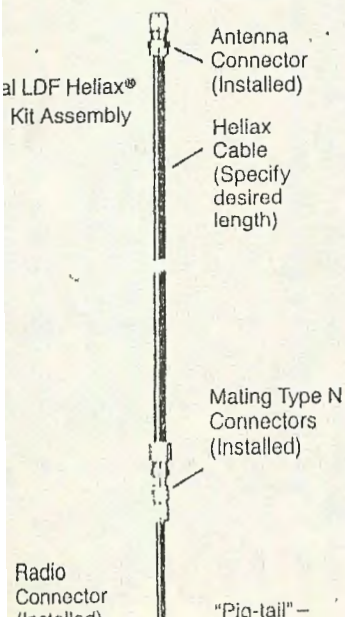
Complete cable assemblies with all connectors installed, 8 ft (2.4 m) coaxial "pig-tail" and 20 ft (6.1 m) roll of plastic electrical tape. Cable must be ordered with the following kits.

Model	Description
ASPR606	ASPR886 1/2 inch (12.7 mm) Heliax® cable* with PL-259 male connector on antenna end. Mates to 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig tail" with PL-259 connector on radio end. 20 piece cable tie kit (18-65-1).
ASPR607	ASPR889 1 1/4" (31.7 mm) Heliax® cable* with 1/2" EIA flange on antenna end. Mates to 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig-tail" with N male connector on radio end. Cable hanger kit of 10 clamps (K-241).
ASPR610	ASPR886 1/2 inch (12.7 mm) Heliax® cable* with female N connector on antenna end. Mates to 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig tail" with PL-259 connector on radio end. 20-piece cable tie kit (18-65-1).
ASPR608	ASPR888 3/4 inch (22.2 mm) Heliax® cable* with PL-259 male connector on antenna end. Mates to 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig-tail" with PL-259 connector on radio end. 20-piece cable tie kit (18-65-1).
ASPR611	ASPR889 1 1/4" (31.7 mm) Heliax® cable* with N female connector on antenna end. Mates to 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig-tail" with N male connector on radio end. Cable hanger kit of 10 clamps (K-241).
ASPR612	ASPR888 3/4 inch (22.2 mm) Heliax® cable* with N female connector on antenna end. Mates to 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig tail" with PL-259 connector on radio end. 20-piece cable tie kit (18-65-1).
ASP-982	ASP 980 1 1/4 inch (31.7 mm) Heliax® cable* with ASP-981 N female connector on antenna end. Mates with 8 ft (2.4 m) RG-213/U "pig-tail" with N male connector on radio end. Cable hanger kit of 10 clamps (K-242).

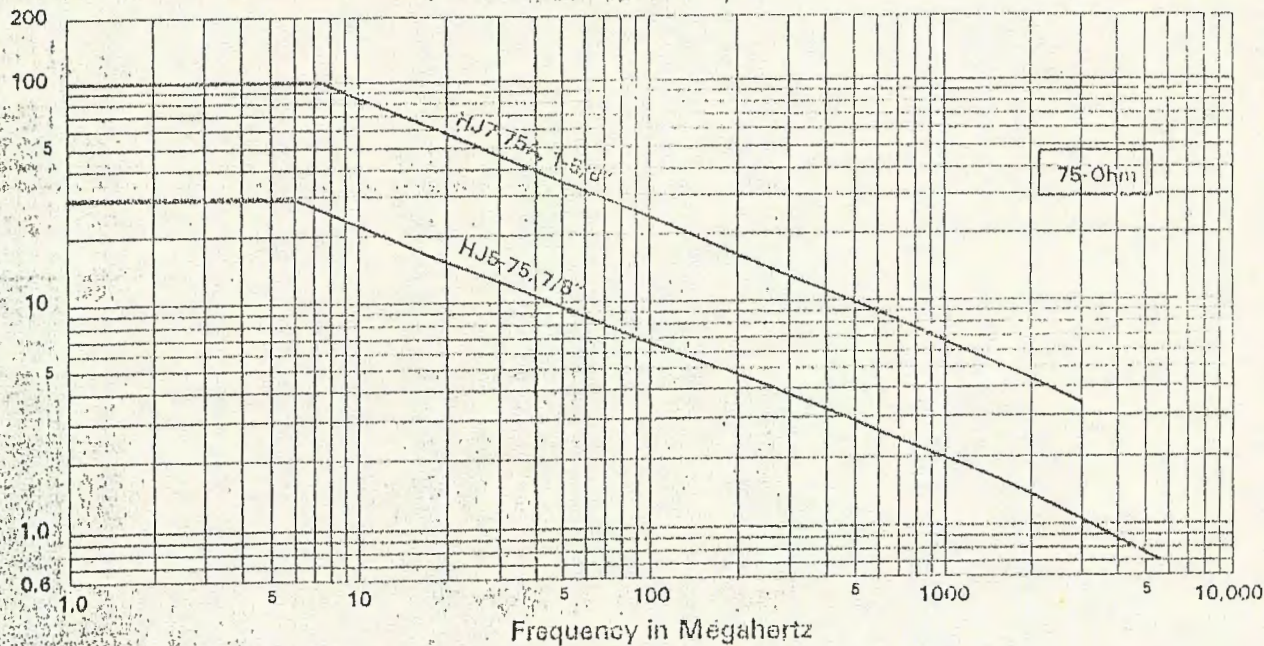
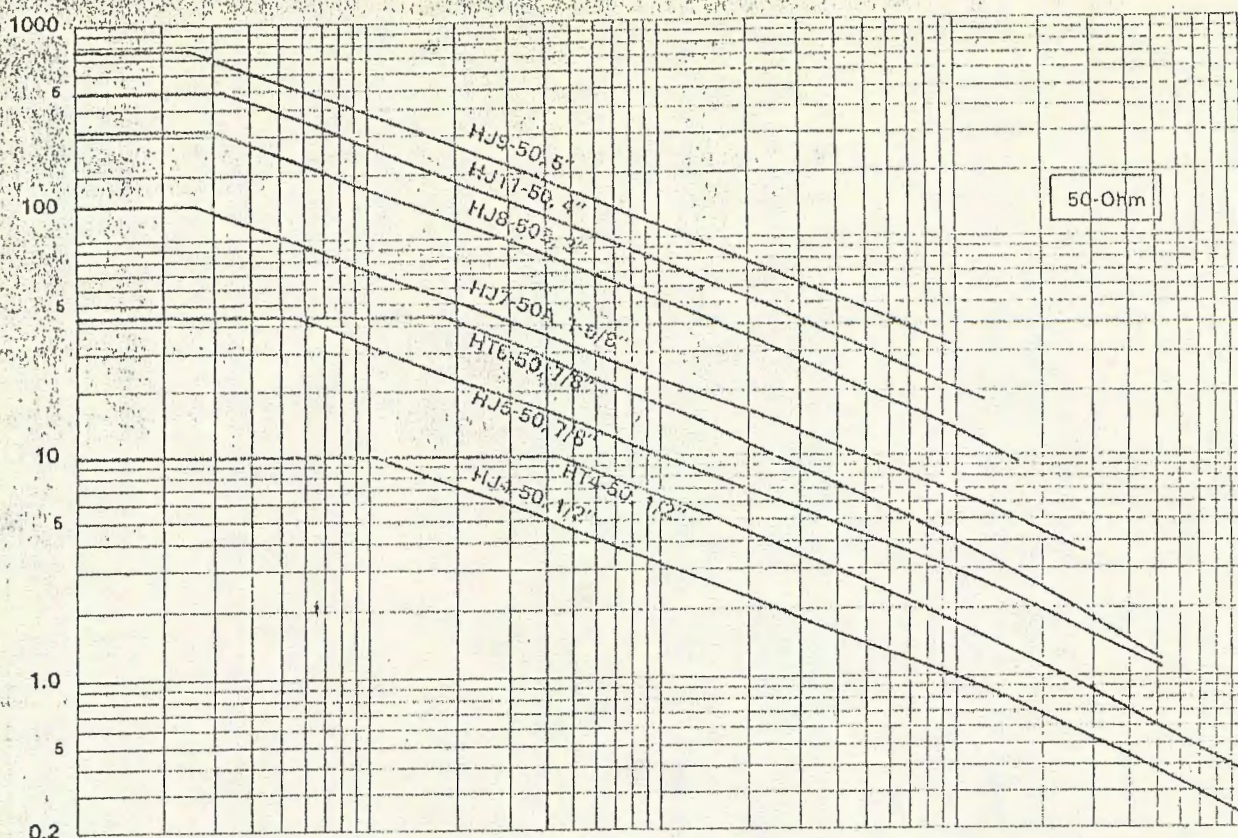
*Specify desired length and add price/ft. to cost of kit.
Heliax® is a registered trademark of Andrew Corporation.



Typical Heliax Cable



Average Power in Kilowatts



duration. For recommendations for a particular location, and for installations which may substantially affect the operating temperature of the cable (such as burial or laying in ducts), contact your local Andrew Sales Office listed on the inside back cover.

Condition B

Power Ratings Based on
 Ambient Temperature*
 Atmospheric Pressure
 Inner Conductor Temperatures
 HJ9, HJ7, HJ5, HJ4
 HJ11, HJ8
 HT4, HT5

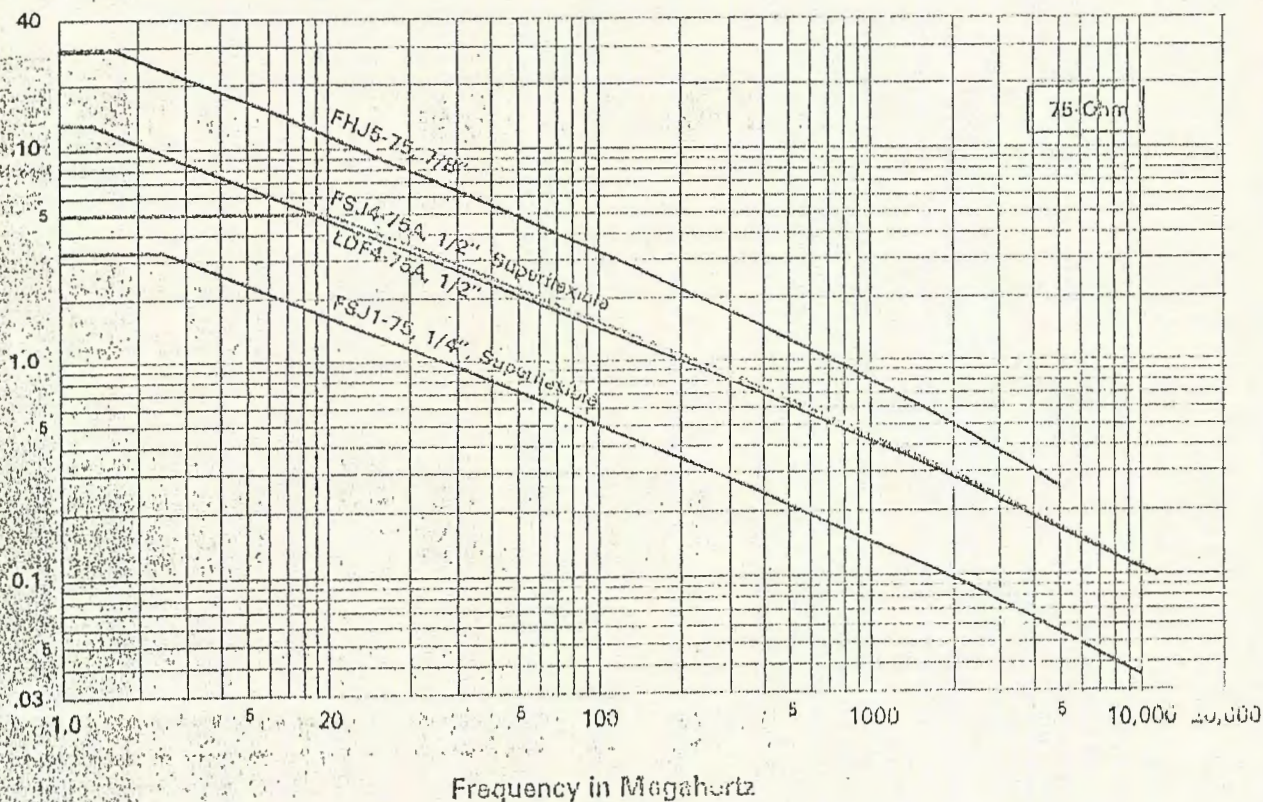
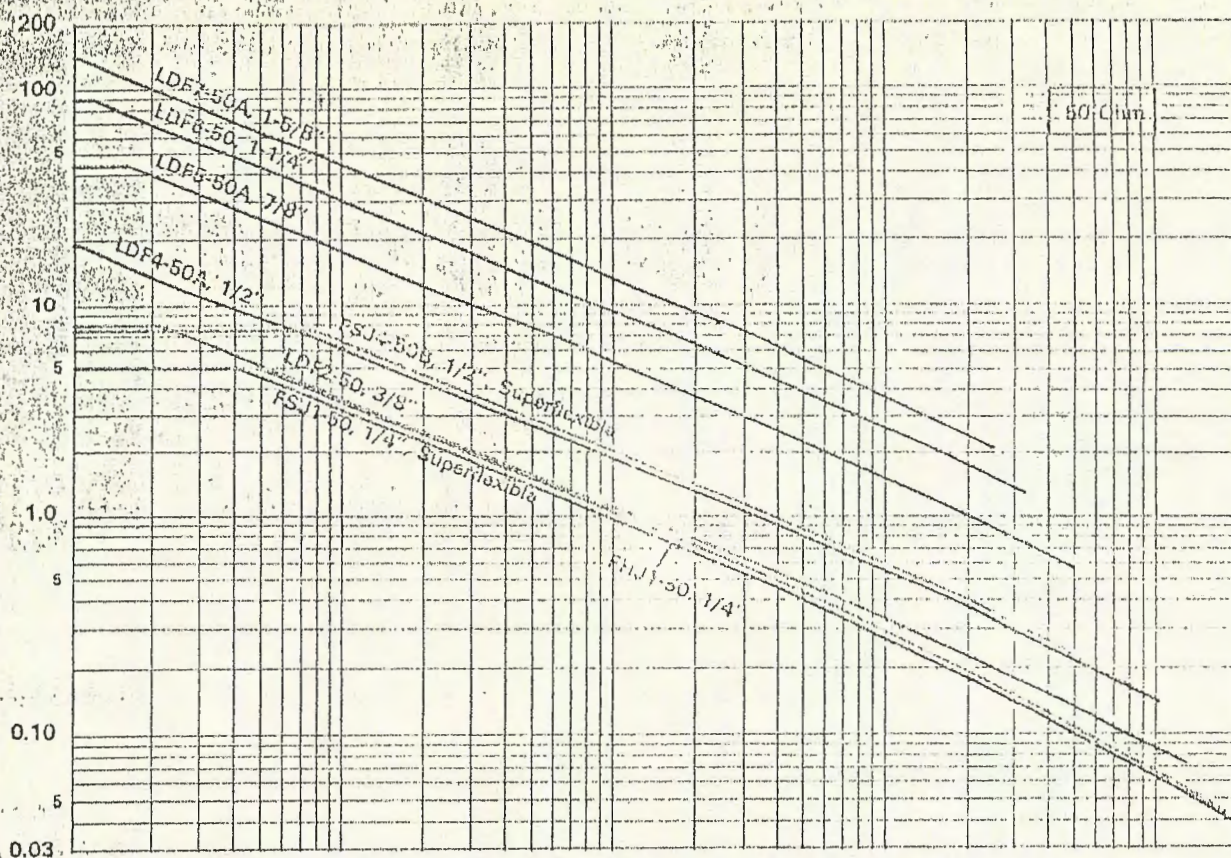
1.0 VSWR
 30°C (86°F)
 Dry air
 100°C (212°F)
 121°C (250°F)
 200°C (392°F)

Conversion Data:

For other ambient temperatures, see page 220
 For pressurized lines, see page 220

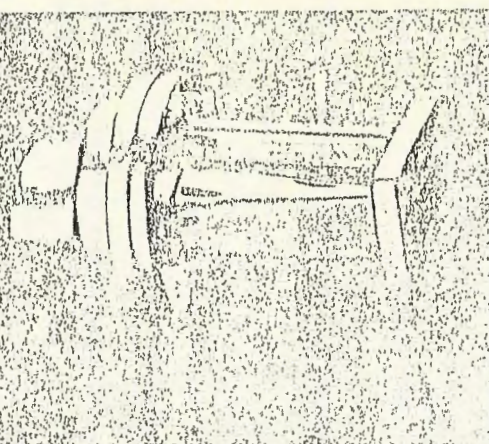
* Duration exposure

Average Power in Kilowatts



Power Ratings based on:
 SWR 1.0
 Ambient Temperature 40°C (104°F)
 Inner Conductor Temperature 100°C (212°F)

Conversion Data:
 For other ambient temperatures, see curve on page 220.



Standard Waveguide Assemblies

Standard Assemblies consist of standard waveguide and factory attached non-tunable connectors.

The indicated maximum VSWR characteristics are guaranteed for factory assemblies and are typical for field assemblies.

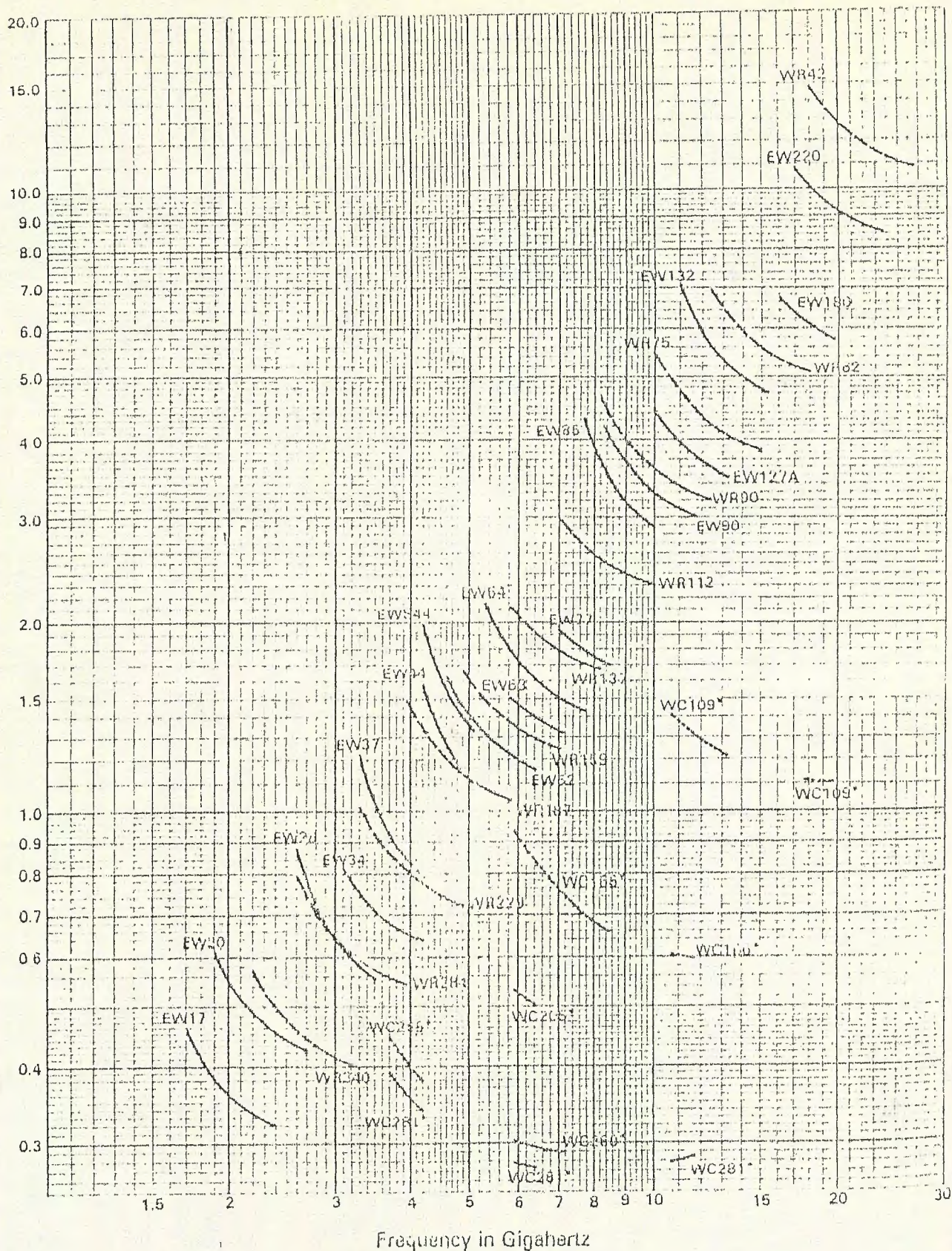
To Order. Specify *waveguide type number, frequency band in GHz, length in feet or metres, connector type numbers, and "fitted" or "unattached"*. Where fitted connectors on an assembly are different, specify which is "first off" the reel.

Ordering Information for Standard Waveguide Assemblies

Frequency† Band, GHz	Waveguide Type No.	Connector Type No.	Connector Mates with Flange Types U.S. IEC	VSWR, Max. (R.L. dB) up to 300 ft (90 m)	
1.7 – 2.1	EW17	117E	CPR430G	PDR22	1.25 (19.1)
1.9 – 2.3	EW17	117E	CPR430G	PDR22	1.25 (19.1)
2.5 – 2.7	EW20	120E 120R 120R-3	CPR310G 7/8" EIA (with gas barrier) 7/8" EIA (without gas barrier)	PDR26	1.15 (23.1) 1.15 (23.1) 1.15 (23.1)
2.9 – 3.1	EW28	128AE	CPR284G	PDR32	1.20 (20.8)
3.1 – 3.5	EW28	128AE	CPR284G	PDR32	1.15 (23.1)
3.1 – 3.6	EW34	134DE	CPR229G	PDR40	1.20 (20.8)
3.4 – 3.9	EW34	134DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.54 – 4.2	EW34	134DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.6 – 4.2	EW34	134DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.7 – 4.2	EW34	134DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.4 – 3.9	EW37	137DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.54 – 4.2	EW37	137DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.6 – 4.2	EW37	137DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
3.7 – 4.2	EW37	137DE	CPR229G	PDR40	1.15 (23.1)
4.4 – 5.0	EW44	144DC 144DE	UG-148/U, UG-149/U CPR187G	CAR48, UAR48, PAR48 PDR48	1.15 (23.1)
4.4 – 5.0	EW544 (Superflexible)	144DC-3 144DE-3	UG-148/U, UG-149/U CPR187G	CAR48, UAR48, PAR48 PDR48	1.15 (23.1) 1.15 (23.1)
5.6 – 6.2	EW52	152DE 252DC 252DE	CPR159G UG-343B/U, UG-344/U CPR137G	PDR58 CAR70, UAR70, PAR70 PDR70	1.15 (23.1)
5.925 – 6.425	EW52	152DE 252DC 252DE	CPR159G UG-343B/U, UG-344/U CPR137G	PDR58 CAR70, UAR70, PAR70 PDR70	1.15 (23.1)

† Contact your local Andrew Sales office listed inside the back cover for information on other frequency bands.

Attenuation in dB per 100 Feet



Attenuation curves based on:
 VSWR 1.0
 Ambient Temperature 24°C (75°F)
 High Conductivity Copper

The above attenuation curves
 are guaranteed within $\pm 5\%$

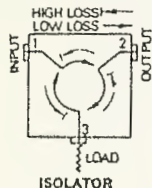
Does not include transition or network losses. See pages P60 and P61.



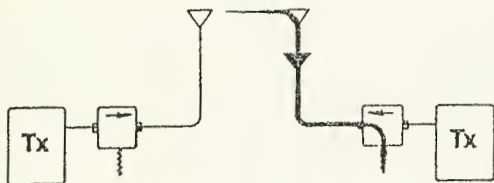
FERRITE CIRCULATORS AND ISOLATORS

FERRITE CIRCULATOR is a three port non-reciprocal device consisting, basically, of ferrite material, magnets, and three short lengths of transmission line terminated at a common junction. Power entering Port 1 of a circulator is "rotated" and emerges at Port 2. Power entering Port 2 emerges at Port 3 and power entering Port 3 emerges at Port 1. Insertion loss in the forward direction (Port 1 to Port 2, etc.) is approximately 0.5 dB while the loss in the opposite direction (Port 2 to 1, etc.) is 25-30 dB or more. In VHF and UHF applications, the circulator is usually always used as an isolator, i.e., one port is terminated with a 50 ohm load resistor.

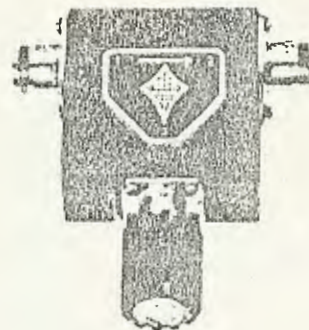
APPLICATION — THE FERRITE ISOLATOR is a circulator that has a resistive load connected to Port 3. The isolator is the most effective solution to trans-



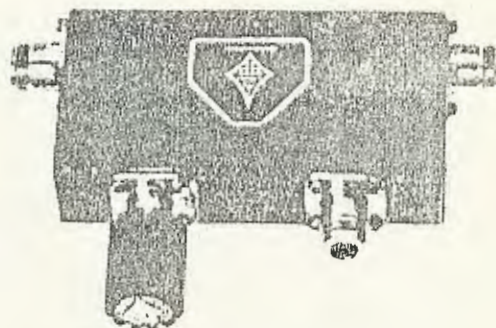
mitter produced intermodulation — short of relocating transmitters — when the frequency separation between the desired and undesired signals is extremely close. Because of its unusual characteristics and broad bandwidth, the isolator is equally suitable for use when the frequency separation is anywhere from 0 kHz to 4 MHz. When installed between the antenna and transmitter, the isolator acts like an antenna diode. It passes the transmitter power from its



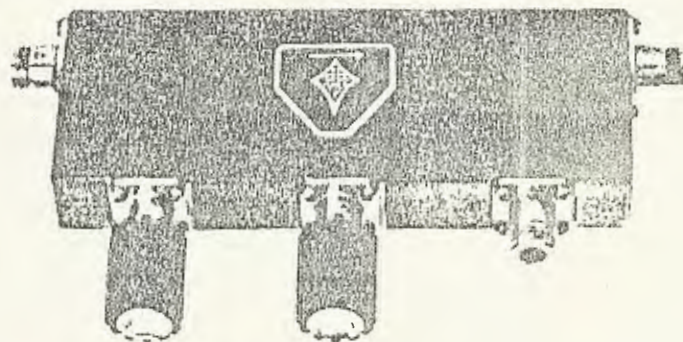
input to output with very little loss but provides 25 dB attenuation to the passage of a signal in the opposite direction. Any energy entering the Port 3 output — such as reflected transmitter power from the antenna or energy induced in the antenna by another transmitter — will be passed to the load at Port 3 and absorbed. The load at Port 3 must exactly match the impedance of the isolator to prevent energy from being reflected from Port 3 to the input and output. In certain instances, an isolator can, itself, produce second harmonic spurious energy and for this reason, a low pass filter is often used between the isolator and antenna.



DB-4348 ISOLATOR
(25 WATT LOAD SUPPLIED)



DB-4346 ISOLATOR
(ONE 25 WATT LOAD SUPPLIED)



DB-4347 ISOLATOR
(TWO 25 WATT LOADS SUPPLIED)

SPECIFICATIONS

	DB-4348 BROADBAND ISOLATOR (SINGLE)	DB-4345 BROADBAND CIRCULATOR (SINGLE)	DB-4346 BROADBAND ISOLATOR (DUAL)	DB-4347 BROADBAND ISOLATOR (TRIPLE)
Frequency range* (MHz)	806-960	806-960	806-960	806-960
Bandwidth (MHz)	20	20	20	20
Isolation (dB)				
Typical	30	30	50	75
Minimum	25	25	45	60
Insertion loss (dB)				
Typical	0.3	0.3	0.6	0.85
Maximum	0.4	0.4	0.8	1.10
VSWR (maximum) (Ref. 50 ohms)	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1
Power handling				
Maximum input (watts)	150	150	150	150
Maximum reflected (watts)**	25	**	**	**
Temperature range	-30° to +60°C	-30° to +60°C	-30° to +60°C	-30° to +60°C
Connectors	N Female	N Female	N Female	N Female
Dimensions (Excluding connectors)	2 $\frac{5}{8}$ x 2 $\frac{1}{2}$ x 1 in. (6.7 x 6.4 x 2.5 cm)	2 $\frac{5}{8}$ x 2 $\frac{1}{2}$ x 1 in. (6.7 x 6.4 x 2.5 cm)	2 $\frac{5}{8}$ x 4 $\frac{7}{8}$ x 1 in. (6.7 x 12.4 x 2.5 cm)	2 $\frac{5}{8}$ x 7 $\frac{1}{4}$ x 1 in. (6.7 x 18.4 x 2.5 cm)

*Any 20 MHz band available within these limits.

**To prevent damage to the circulator, select a 50 ohm load having a wattage range that will absorb the maximum reflected power expected from the subsequent transmitter - antenna system. Ordering information below.

ORDERING INFORMATION

(Specify model number and frequency)

MODEL	DESCRIPTION
DB-4345	Fixed Tuned Circulator.
DB-4346	Fixed Tuned Dual Isolator, supplied with one 25 watt load.
DB-4347	Fixed Tuned Triple Isolator, supplied with two 25 watt loads.
DB-4348	Fixed Tuned Single Isolator, supplied with 25 watt load.
DB-4301	25 Watt 50 Ohm Load, N-Male Connector.
DB-4302	50 Watt 50 Ohm Load, N-Male Connector.
DB-4303	100 Watt 50 Ohm Load, N-Male Connector.
11773	300 Watt 50 Ohm Load, N-Female Connector (Liquid dielectric, must be mounted in a horizontal position)

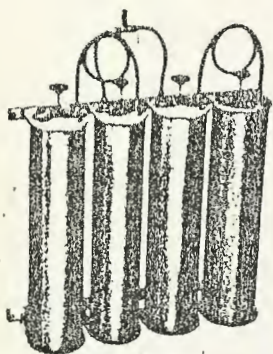
DECIBEL PRODUCTS, INC.

PRINTED IN U.S.A.

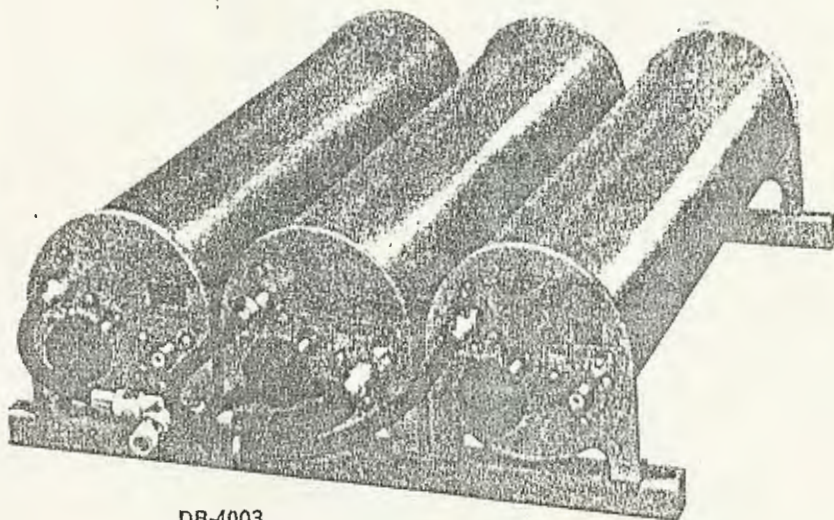


DB-4003 DB-4046

BANDPASS DUPLEXER



DB-4044



DB-4003

These bandpass duplexers provide for the simultaneous operation of a transmitter and receiver into a common broad band antenna system. Each model is supplied complete with the cable harness and mounting rails.

Model DB-4003 is a 3-cavity duplexer with one cavity in the transmitter section, two in the receiver section. The duplexer is generally suitable for use with most tube type and many solid state type stations when the transmit and receive frequencies are separated by 5 MHz or more. It is designed for mounting on any flat surface or on a standard 19" rack. For outdoor installations, the DB-5015 weather resistant cabinet is available as an optional item.

Model DB-4044 is a 4-cavity version of the DB-4003 and includes an additional cavity in the transmitter section to provide greater attenuation to transmitter noise. This duplexer is generally suitable for use with most tube type and most solid state type stations when the two frequencies are separated by 4 MHz or more. It can be mounted on any flat surface or, by positioning two cavities on each side of the mounting rail, can be mounted on a standard 19" rack. For outdoor installations, the DB-5017 weather resistant cabinet is available as an optional item.

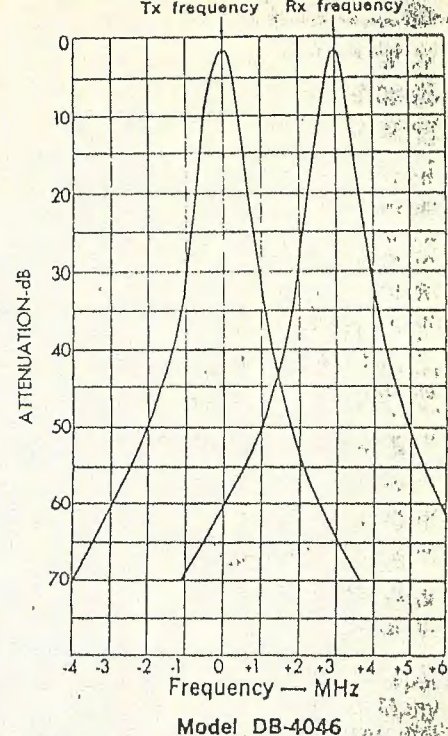
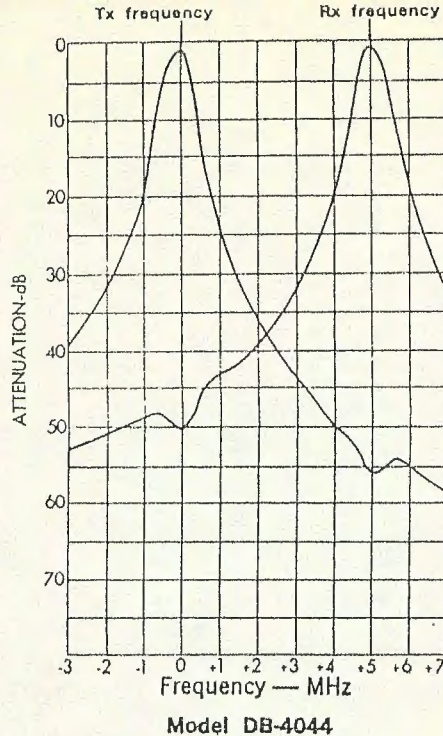
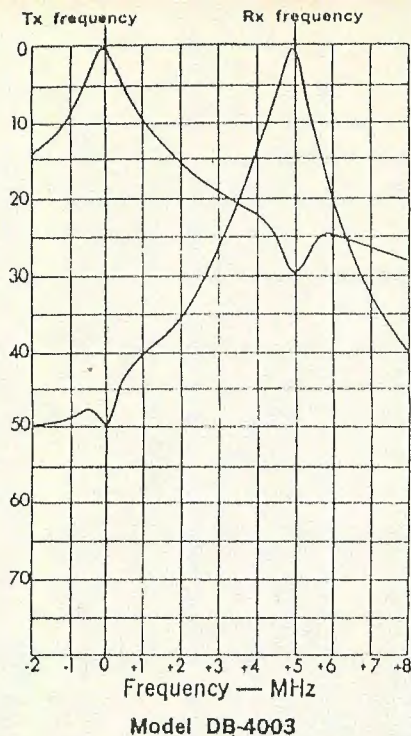
Model DB-4046 is a 6-cavity duplexer with three cavities in the transmitter section, three in the receiver section. The duplexer is generally suitable for use with most tube type and/or solid state type stations when the two frequencies are separated by

3 MHz or more. It is designed for mounting on a standard 19" rack. For outdoor installations, the DB-5017 weather resistant cabinet is available as an optional item.

These bandpass type duplexers are particularly useful in frequency congested areas. The bandpass configuration not only isolates the receiver from its associated transmitter but provides some degree of protection to the receiver from other transmitters in the area. In addition, transmitter noise radiation is not only reduced at the associated receive frequency but is reduced at other frequencies as well.

The duplexer is shipped from the factory with the rotatable coupling loops on each cavity set at $\frac{1}{2}$ dB. This loss, along with the slight additional loss of the cable harness, is the total insertion loss on which the typical response curves (back page) are based. If desired, improved selectivity characteristics, thus greater isolation, can be achieved by rotating the coupling loops to a higher loss setting (see appropriate DB-4001 cavity curves).

Tune up of the duplexer is relatively simple; only basic measuring equipment is required. The duplexer can be tuned to any two frequencies in the 148-174 MHz band by turning the threaded rod of each cavity which in turn, varies the length of the piston in the center coaxial conductor. Since the threaded tuning rod is made of INVAR, a metal with nearly zero coefficient of expansion, the duplexer will remain tuned over an extremely wide temperature range.



ELECTRICAL DATA

	Model DB-4003	Model DB-4044	Model DB-4046
Frequency range	148-174 MHz	148-174 MHz	148-174 MHz
Frequency separation	5 MHz or more	4 MHz or more	3 MHz or more
Maximum power input (continuous duty) with 1/2 dB loop setting, each cavity	400 watts	400 watts	400 watts
Insertion loss — transmitter to antenna	0.6 dB	1.2 dB	1.7 dB
Insertion loss — receiver to antenna	1.2 dB	1.2 dB	1.7 dB
Transmitter noise suppression at receive frequency	30 dB*	45 dB @ 4 MHz 50 dB @ 5 MHz	55 dB @ 3 MHz 72 dB @ 5 MHz
Receiver Isolation at transmit frequency	50 dB*	45 dB @ 4 MHz 50 dB @ 5 MHz	55 dB @ 3 MHz 72 dB @ 5 MHz
Maximum VSWR (referenced to 50 ohms)	1.5 to 1	1.5 to 1	1.5 to 1
Temperature range	—30° to +60°C	—30° to +60°C	—30° to +60°C
Number of cavity filters	3	4	6

*Assumes Tx frequency to be lower than Rx frequency. Reverse values if Tx frequency is higher.

MECHANICAL DATA

	Model DB-4003	Model DB-4044	Model DB-4046
Dimensions (D x W x H) with tuning rods fully extended	7" x 19" x 27"	7" x 25" x 27"	14" x 19" x 27"
Connector terminations	UHF female	UHF female	UHF female
Finish	Beige vinyl enamel	Beige vinyl enamel	Beige vinyl enamel
Net weight	20 lbs.	27 lbs.	36 lbs.
Shipping weight	25 lbs.	33 lbs.	70 lbs.
Optional Cabinet	DB-5015	DB-5017	DB-5017
Cabinet dimensions (D x W x H)	7 3/8" x 19 1/4" x 30"	14" x 19 1/4" x 30"	14" x 19 1/4" x 30"
Net weight (cabinet only)	28 lbs.	48 lbs.	48 lbs.
Shipping weight (cabinet only)	34 lbs.	73 lbs.	73 lbs.

ORDERING INFORMATION

DB-4003	Duplexer	(148-174 MHz)
DB-4044	Duplexer	(148-174 MHz)
DB-4046	Duplexer	(148-174 MHz)
DB-5015	Outdoor Cabinet	
DB-5017	Outdoor Cabinet	

If the exact transmit and receive frequencies are specified, the duplexer will be tuned to these frequencies at the factory.

DECREE PRODUCTS INC.

PRINTED IN U.S.A.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ANDREW CORPORATION. System Planning Products and Services Reference Data, Catalog Nº 33, Orland Park: Andrew Co., 1986.
- (2) ARMY MAP SERVICE. Proyección Lambert para El Salvador, Washington D.C.: Servicio Geodésico Interamericano, 1951.
- (3) BILLINGS, B. Interference of waves. Optics Source Book, 6th Edition, New York: McGraw-Hill, 1988, 133-142.
- (4) BLOOM, E./SOYBEL, J. Turbo Pascal Trilogy. 1st Edition, Blue Ridge Summit: Windcrest Books, 1989.
- (5) BRODHAGE, H./HORMUTH, W. Planejamento e Cálculo de Radioenlaces, 10^a Edição, São Paulo: Siemens S.A., 1981.
- (6) CARRILLO, J. Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Eléctricas, San Salvador: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, 1989.
- (7) CITIZEN AMERICA CORPORATION. Citizen GSX-190 User's Manual, Santa Mónica: Citizen America Co., 1992.
- (8) DECIBEL PRODUCTS INC. Antennas/Transmission Lines/Duplexers/Filters, Catalog Nº 16, Dallas: Decibel Products Inc., 1978.

- (9) DÖHR, P./HARTWICH, H./LEUPELT, U. Antenas y componentes de guíaonda para sistemas de radioenlace. Telcom Report (Erlangen), 1988, Special Edition, 140-146.
- (10) ENBLIN, G./HERDER, H./SCHUSTER, R. Filtros de canal para sistemas de radioenlace de alta capacidad. Telcom Report (Erlangen), 1988, Special Edition, 151-156.
- (11) EVENSON, K./STROKE, G. Light. Optics Source Book, 6th Edition, New York: McGraw-Hill, 1988, 108-117.
- (12) FEIBEL, W. Turbo Pascal 6 Disktutor, Berkeley: Osborne McGraw-Hill, 1991.
- (13) FERREIRA, G./MACHADO, O. Sistemas Radiovisibilidade, 3a Edição, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Embratel, 1983.
- (14) FINK, G./KÖTTGEN, B./WOLF, E. Radiotécnica, un mercado de innovaciones permanentes. Telcom Report (Erlangen), 1988, Special Edition, 9-14.
- (15) GREENLER, R. Meteorological optics. Optics Source Book, 6th Edition, New York: McGraw-Hill, 1988, 241-243.
- (16) HALLIDAY, D./RESNICK, R. Física. Parte 2, México D.F.: C.E.C.S.A., 1982.
- (17) HAYT, W. Teoría Electromagnética, 1a Edición, México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana de México S.A. de C.V., 1988.

- (18) HERNANDO, J. Sistemas de Telecomunicación, Vol. II (Transmisión por Radio), 3ª Edición, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 1987.
- (19) JENKINS, F./WATSON, W. Diffraction. Optics Source Book, 6th Edition, New York: McGraw-Hill, 1988, 153-162.
- (20) KEIL, H./KÜNEMUND, F. Técnicas de desarrollo de la radiotécnica. Telcom Report (Erlangen), 1988, Special Edition, 3-8.
- (21) LYTEL, A. ABC's of Antennas, 1st Edition, Indianapolis: Howard Sams & Co. Inc., 1974.
- (22) PANSCHAR, H./STEINKAMP, J. Estado y tendencia de desarrollo de los sistemas de radioenlace digitales. Telcom Report (Erlangen), 1988, Special Edition, 21-28.
- (23) PECORARO, L. Técnicas de Transmisión, Vol. III (Principio de Transmisión Radioeléctrica), Paris: France Telecom, 1992.
- (24) PHILCO FORD CORPORATION. Philco Training Manual. Antennas, Antenna Series, Vol. I, Blue Bell: Philco-Ford Corporation, 1970.
- (25) SMYTHE, W. Reflection and transmission coefficients. Optics Source Book, 6th Edition, New York: McGraw-Hill, 1988, 184-185.
- (26) STEWART, J. Refraction of waves. Optics Source Book, 6th Edition, New York: McGraw-Hill, 1988, 196-200.

- (27) THE ANTENNA SPECIALISTS CO. Professional Communications. Antenna Systems, Professional Catalog Nº 33, Cleveland: The Antenna Specialists Co., 1987.

- (28) TOMASI, W. Electronic Communications Systems. Fundamentals through Advanced, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988.

- (29) YESTER, M. Using Turbo Pascal 6, 2nd Edition, Carmel: Que Corporation, 1991.

- (30) YONEZAWA, S. Diseño Práctico de Sistemas de Microondas, México D.F.: Escuela Nacional de Telecomunicaciones/Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 1985.

- (31) YOUNG, V. Understanding Microwaves, Abridged Edition, New York: John Rider Publisher Inc., 1963.