



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

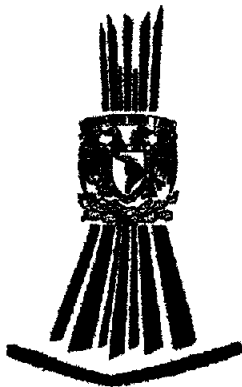
**"ENLACE DE MICROONDAS SISTEMA CELAYA
(REPETIDOR CULIACÁN- HUANÍMARO)"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO- ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :**

**JORGE DAVID LEYVA ARCE
JOSUÉ FABIÁN VALDEZ SÁNCHEZ**

ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANO



SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MÉXICO

2005

0351071



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Aragón.

DIRECCIÓN

**JORGE DAVID LEYVA ARCE
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 9 de mayo del año en curso, presentada por Josué Fabián Valdés Sánchez y usted, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. BENITO BARRANCO CASTELLANOS pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "ENLACE DE MICROONDAS SISTEMA CELAYA (REPETIDOR CULIACAN - HUANÍMARO)" con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

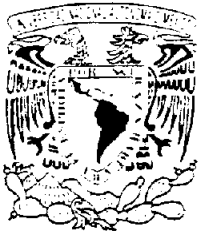
Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 19 de mayo del 2005.
LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



-
- C p Secretaría Académica.
 - C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
 - C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/agm*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Aragón

DIRECCIÓN

**JOSUE FABIAN VALDES SANCHEZ
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 9 de mayo del año en curso, presentada por Jorge David Leyva Arce y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. BENITO BARRANCO CASTELLANOS pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "ENLACE DE MICROONDAS SISTEMA CELAYA (REPETIDOR CULIACAN - HUANÍMARO)" con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 19 de mayo del 2005.
LA DIRECTORA


ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/agg*



A Dios y a Ustedes Mis Padres

Los seres que me dieron la oportunidad de la vida y todo lo que poseo y soy, ustedes que siempre he tenido apoyo, comprensión y amor en todas las formas habidas y todo lo mejor que me pudieron otorgar en la vida, ustedes que durante todo este tiempo han estado en mis vivencias buenas o malas otorgándome con su actuar una guía de mis errores y mis aciertos, en estos instantes los tuve y he tenido a mi lado para darme un apoyo y un respaldo desinteresado por esto les doy gracias por todos estos momentos juntos de alegrías y tristezas, de triunfos y errores que han marcado mi vida de tal forma que lo que he logrado al día de hoy que nunca lo olvidare por que no es mas que una forma de honrarlos y agradecerles todas sus enseñanzas, todos sus desvelos y preocupaciones, que viviré agradecido toda mi vida con dios por haberme otorgado ese par de seres tan maravillosos como son ustedes, mis padres: Esteban Jorge Leyva y Juana Arce escudero.

Y ese trío de seres grandiosos que son mis hermanos, Judith H. Leyva Arce y Josué Carlos Leyva Arce y Juan Edgar Santiago Jijon, a quienes de igual manera les agradezco porque fueron y son una parte importante por que me inspiraron y los admiro y respeto y agradezco a dios por haberme otorgado esta familia que no estaria completa sin mi sobrino Jair G L.

Les agradezco infinitamente a una y cada una de las persona y familias que dios puso en mi camino por que medio la oportunidad de aprender y adquirir algo de ellos: familia Arce soto, Santiago jijon, Leyva, Elizondo Argon, Espitia Arce, Arce escudero, Barranco castellanos etc.

Les agradezco a mis profesores a cada uno de ellos a mis amigos los cuales fueron un gran apoyo personal y académicamente y en especial a Francisco Bautista Moreno y al Ing. Benito Barranco Castellanos mas que ser mi asesor es mi amigo y una persona de gran importancia en mi desarrollo profesional al cual le agradezco infinitamente.

*Les doy gracias a ustedes: **Mi familia.***

Jorge David Leyva Arce.

A Mis Padres.

Con la mayor gratitud por los esfuerzos realizados para que yo lograra terminar mi Carrera Profesional, siendo para mí la mejor herencia.

A mi madre que es el ser más maravilloso del mundo, gracias por el apoyo moral, su cariño y su comprensión que desde pequeño(a) me ha brindado, por guiar mi camino y estar siempre junto a mí en los momentos más difíciles.

A mi padre porque desde pequeño ha sido para mí un hombre grande y maravilloso, y que siempre he admirado. Gracias por guiar mi vida con energía, esto es lo que ha hecho de mí lo que soy. Gracias por todo lo que me han dado. Con amor, respeto y admiración.

JOSUE FABIÁN.

INDICE.

Introducción.	1
Capitulo I.	6-27
Conceptos de propagación de las OEM.	
Capitulo II.	28-69
Elementos de enlaces de microondas.	
Capitulo III.	70-127
Diseño de Ingeniería.	
Capitulo IV-	128-158
Diseño para enlace de microondas entre repetidor Culiacán-Huanimaro.	
Conclusiones.	129.
Glosario.	130-134.
Bibliografía.	135-136.

Introducción.-

A medida que desentrañaban los secretos de esa misteriosa fuente de energía denominada corriente eléctrica, los hombres de ciencia trataban de aplicarla a las comunicaciones. Descubiertos los principios del electromagnetismo, la tarea se hizo más fácil, y en 1835 apareció el telégrafo, inventando casi al mismo tiempo por las siglas Wheatstone y el norteamericano Morse. Este último que recibe generalmente los honores de la prioridad, construyó en 1844 la primera línea telegráfica y creó poco después su famoso alfabeto de puntos y rayas. Veinte años más tarde quedaba tendido el primer cable teleográfico a través del Atlántico. El factor tiempo desaparecía así de las comunicaciones humanas, que podían establecer a través de las más dilatadas distancias sin perder un minuto. La aplicación de la electricidad venía a reducir ese lapso en forma inesperada y drástica, acelerando hasta un grado máximo de ritmo del contacto cultural entre las naciones. El progreso técnico se tornó vertiginoso a partir de ese momento. Lograda la transmisión del sonido a través de un alambre, comenzaron las experiencias tendientes a transmitir también la voz humana. Las palabras del primer mensaje transoceánico ("Europa y América están unidas por la telegrafía: "gloria a Dios en las alturas y paz en la tierra a los hombres de buena voluntad") parecían anunciar una era de fraternidad universal.

Los nuevos descubrimientos fueron fruto de la labor conjunta de muchos hombres. Los principios establecidos por el sabio alemán Enrique Hertz fueron aplicados por el ingeniero italiano Guillermo Marconi, quien logra crear en 1896 el primer transmisor telégrafo sin alambre. Su invención permitió mantener contacto por primera vez en la historia, con los buques que navegan en alta mar, impidiendo catástrofes náuticas. Poco tiempo transcurrió antes de que apareciera la radiotelefonía.

La válvula ideada por el sabio norteamericano Lee de Forest solucionó muchos problemas técnicos y permitió los grandes procesos alcanzados por la aviación. Nuevos desarrollos de los mismos principios permitieron establecer las primeras estaciones permanentes de radiotelefonía.

En los años posteriores a la Primera Guerra Mundial, los receptores de radio cubrieron casi toda la tierra y llegaron a convertirse en el medio de diversión más popular y difundido.

En los años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial la televisión alcanzó un desarrollo tan rápido y sorprendente como el que antes había logrado la radiotelefonía. El tiempo ha dejado de tener importancia para las comunicaciones desde la invención de Samuel Morse. La telegrafía ha progresado con rápido ritmo: los cables subterráneos y transocéánicos, el teletipo y los métodos de transmisión múltiple han venido a ser completados por el sistema llamado Ultrafax, que permite transmitir material fotográfico con increíble rapidez. Con este sistema se ha logrado transmitir las 1.047 páginas de la novela "lo que el viento se llevó" en sólo dos minutos. Un simple par de alambres de un telégrafo moderno permite transmitir 288 mensajes al mismo tiempo.

La telegrafía inalámbrica, inventada por Marconi, también ha realizado progresos sorprendentes y comunica hoy los lugares más distantes del mundo. El teléfono, a su vez es el medio más utilizado de comunicación personal.

Se anunciaba un mundo más sonriente, la televisión hizo una aparición espectacular al fin de la segunda guerra mundial. Su prodigioso desarrollo la ha convertido en un admirable instrumento de comunicación. Es evidente que dará más cohesión a la familia, se transformará en poderoso vehículo de la educación infantil y rivalizará el interés con el cinematógrafo poder "ver" lo que ocurre en el mundo desde la propia casa que es ya un

privilegio del hombre común, que contribuiría ampliar así su visión y su criterio sobre todos los problemas y cuestiones.

Los primeros satélites artificiales lanzados al espacio a partir de 1957, llevaban dispositivos de radio para establecer comunicación con tierra. El rápido progreso experimentado en la especialización de los satélites dio origen a la creación de un tipo de satélites llamados de telecomunicación, que pueden ser pasivos o activos.

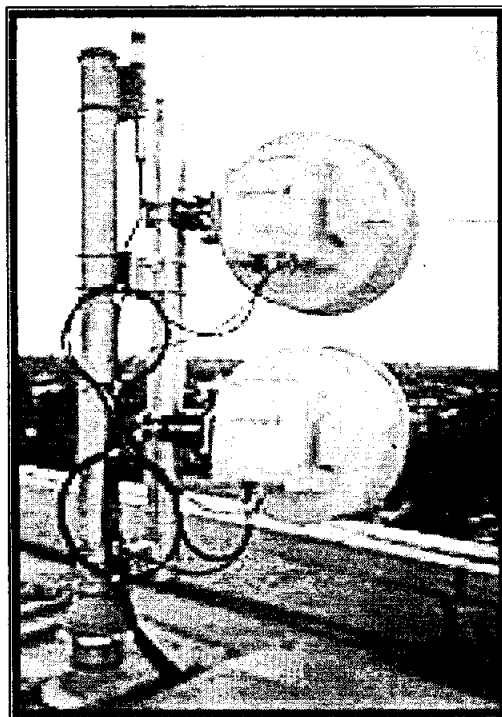
Los pasivos sirven solamente de superficies reflectoras y su función se reduce a retransmitir, reflejando, los mensajes y señales que llegan a su superficie. Los satélites activos llevan equipos de radio, receptores y transmisores, y dispositivos electrónicos de registro y grabación de mensajes, que les permiten recibir y retransmitir miles de palabras por segundo. El satélite norteamericano Courier I (1960) pertenece a los tipos activos. En 1962 se lanzó el satélite activo norteamericano Telstar con equipo completo de telecomunicación para la recepción y retransmisión de programas de televisión en colores, de conversaciones radiotelefónicas y mensajes radiotelegráficos. Los satélites más recientes son el Early Bird, satélite activo que puede transmitir hasta 240 canales de voz en doble vía o un canal de televisión en doble vía. El Intelsat II tiene la misma capacidad que el Early Bird, pero es mucho más potente, abarca una zona geográfica más amplia y es el primero que atiende tráfico simultáneo de varias estaciones terrestres. El Intelsat III puede retransmitir unos 1.200 canales de doble vía o cuatro canales de televisión. La vida útil de los satélites depende de la duración de las baterías solares. Como consecuencia de este enorme adelanto en materia de comunicaciones, la mayoría del mundo ha podido seguir en vivo, por televisión, hechos tan trascendentales como la conquista de la Luna, consumada por los astronautas del Apolo 11.

Conocida la historia de la comunicación humana y analizados sus aspectos actuales, llega el momento de resumir su importancia económica, cultural y social. Al ampliar nuestros horizontes personales, los medios de comunicación han introducido nuevos factores y estimuladas nuevas aspiraciones. Toda clase de noticias, tendencias e ideas se entrecruzan con ritmo acelerado, debilitando los moldes de las sociedades estáticas. A este primer efecto se agrega otro, de orden económico. Al reducir las distancias entre los centros mercantiles, las comunicaciones aumentan la velocidad y eficacia de las transacciones, acentuando la interdependencia de las economías nacionales. Desde el punto de vista político, los instrumentos de la comunicación moderna, en todos aquellos países donde existía la libertad de expresión, informan e ilustran libremente en la opinión pública. Por último, las comunicaciones han intervenido en el proceso de formación de una comunidad internacional que supere las fronteras nacionales y continuarán influyendo en la misma dirección. Conocer la vida de otros pueblos en un paso decisivo hacia la comprensión y la paz. La necesidad de atender la comunicación de todas las poblaciones del país debido a la diversidad de la topografía, en algunos casos, es impracticable e inabordable la comunicación de dos puntos con facilidades físicas (líneas físicas, frecuencia portadora, fibra óptica, etc.). Los radio enlaces han sido la solución para estos casos ya que utilizan como medio de transmisión la atmósfera terrestre y cubren grandes distancias incluyendo zonas de agua muy grandes (Lagos lagunas y mares), zonas pantanosas, terreno desértico, etc. Estos ambientes tienen un efecto sobre las ondas de radio ya que son energía electromagnética.

El propósito de un sistema de radio comunicación es convertir la información a energía electromagnética y después transmitirla a uno o mas destinos en donde se convierte de nuevo a su forma original.

CAPÍTULO I

CONCEPTOS DE PROPAGACION DE LAS OEM.



I.1 INTRODUCCIÓN

Contar con un lenguaje común es la primera etapa para la comprensión de cualquier problema. A principios de este siglo, durante el desarrollo de la telegrafía y la radio, debido a la carencia de un lenguaje de telecomunicaciones, los ingenieros trataban los problemas con más casualidad que tecnología. Por razones que no fueron entendidas en aquella época, la velocidad de transmisión de los símbolos del código Morse al ser enviados a través de cables de larga distancia se vio reducida en gran medida, esto llevó al abandono de las transmisiones digitales; en aquel tiempo eran necesarias tres horas para transmitir el texto contenido en una página desde Europa hacia América a través de un cable submarino. Tiempo más tarde con la invención del teléfono, observamos por una parte, el nacimiento de las transmisiones análogas que en ese entonces ganaron terreno sobre las digitales las cuales no tenían la tecnología necesaria para hacerla práctica, y por otra parte, la construcción del monopolio más grande de la industria basándose en el cable de cobre y el "estancamiento" de la tecnología de la radio.

Las técnicas de modulación analógicas, están siendo suplantadas por otras digitales poderosas y complejas, cuyos circuitos individuales son construidos a partir de capas de programación extremadamente sofisticadas y luego combinadas dentro de sistemas ingeniosos de múltiple acceso. Esto ha dado como resultado sistemas de información con una gran ganancia en costo, calidad y capacidad. Sin embargo, la diversificación tan extensa de estas nuevas técnicas digitales dificulta la adecuada selección de una de ellas para un caso en particular, sin embargo cabe mencionar que el sistema que se presenta en el capítulo IV utiliza una forma de transmisión análoga con técnicas de modulación más sofisticadas que en el pasado por lo que podemos decir que se ha avanzado en también en esta materia combinado con técnicas de multiplexión y codificación digitales formando un sistema híbrido el cual hoy en día es muy común en el medio de las telecomunicaciones, además de que el utilizar técnicas digitales o analógicas depende de la aplicación en la cual se vaya a utilizar.

Anteriormente en las transmisiones analógicas la selección de la modulación FM era indiscutible, por otro lado con el renacimiento de la radio, la promesa de ser liberados de la liga a un punto o ubicación fijos de la red de telecomunicaciones y disfrutar de los mismos servicios en forma móvil (inalámbrico) esta cada vez más cercana. En fin, la combinación de las técnicas digitales y de informática ha obligado a las compañías de telecomunicaciones a modificar sus estrategias dada la amenaza constante de quedar obsoletas y fuera de la competencia tecnológica.

I.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

La Fig. I.2 muestra un diagrama de la repartición del espectro electromagnético en función de la frecuencia y de la longitud de la onda. A menudo las ondas electromagnéticas están definidas en función de la longitud de onda permitiendo relacionarlas más fácilmente a las dimensiones de los componentes físicos: las antenas, las líneas de transmisión, los transistores y receptores, etc.

La banda del espectro electromagnético cuyas ondas tienen longitudes inferiores a 10^{-14} metros corresponde a los rayos cósmicos, que provienen del espacio exterior y tienen una gran potencia de penetración. Luego entre 10^{-10} y 10^{-14} metros encontramos a los rayos gama, los cuales son liberados por los materiales radioactivos. Estas ondas son utilizadas en hospitales con el objeto de eliminar células de cáncer y otras enfermedades del cuerpo humano, pero obviamente por razones de seguridad sus fuentes deben ser mantenidas en contenedores de plomo. Entre las longitudes de onda de 10^{-9} y 10^{-11} metros encontramos a los rayos X, los cuales pueden penetrar los tejidos del cuerpo humano y por lo tanto pueden ser utilizados como una herramienta de diagnóstico en la medicina, la industria y la ciencia para producir fotografías de rayos X. Los rayos ultravioleta cuyas longitudes de onda se encuentran entre 380 y 5 nanómetros están presentes en la luz solar, y en grandes cantidades, pueden afectar la vida humana, por el contrario en pequeñas cantidades presentan efectos benéficos en el campo de la dermatología. La banda entre 740 nanómetros y 400 nanómetros corresponde a la luz visible, cuando nuestros ojos reciben ondas electromagnéticas en esta parte del espectro producen impulsos eléctricos que luego son interpretados como la visión por nuestro cerebro; cada uno de los colores visibles tiene a una longitud de onda (o frecuencia) diferente.

La siguiente banda entre 750 nanómetros y 1 mm ha sido denominada Infrarrojo, cuando estas ondas penetran el cuerpo humano generan un calor interno el cual puede ser detectado independientemente de la visibilidad. Las longitudes de onda superiores a las ondas del Infrarrojo corresponden a las ondas de microondas y las ondas de radio, utilizadas en los sistemas de telecomunicaciones y de calentamiento. Dadas las dimensiones de las longitudes de onda en estas bandas, las mismas son definidas preferentemente en función de la frecuencia.

En el caso de las ondas de radio comunicación el espectro electromagnético puede ser dividido en cinco grandes bandas:

- A) Debajo de 100 KHz la transmisión es realizada por medio de ondas de tierra u ondas aéreas a múltiples reflexiones entre la tierra y la parte baja de la ionosfera. En esta banda la atenuación de las ondas es pequeña pero la dificultad práctica para realizar antenas eficientes a grandes dimensiones (a 750 metros o mayores) provoca que los transmisores requeridos deban operar a potencias muy elevadas. Esta banda es utilizada para comunicaciones de tipo de radio difusión en los sistemas de navegación entre barcos y estaciones costeras.
- B) En la banda entre 100 KHz y 1500 KHz la propagación se realiza principalmente en formas de tierra dado que las ondas aéreas son fuertemente atenuadas, especialmente durante el día. Estas frecuencias también son utilizadas para la radio difusión y ciertas ayudas de navegación.
- C) Entre 1500 KHz y 6 MHz la propagación se realiza en formas de ondas de tierra y aéreas. Esta banda es utilizada para comunicaciones a distancias moderadas.
- D) La siguiente banda esta comprendida entre 6 MHz y 30 MHz, la propagación depende casi totalmente de la onda aérea y por lo tanto de las condiciones en la ionosfera. Con poca atenuación y en condiciones adecuadas es posible cubrir largas distancias. Esta banda es normalmente utilizada para la radio difusión y las telecomunicaciones a larga distancia.
- E) Arriba de 30 MHz las ondas de radio pasan a través de la ionosfera y son utilizadas donde son posibles los enlaces con una línea de visión entre el transmisor y el receptor, aunque la trayectoria también puede incluir reflexiones. Esta banda es utilizada para la radio difusión de las señales de radio y televisión, los enlaces de microondas punto a punto incluyendo la transmisión hacia y desde los satélites, el radar y recientemente las telecomunicaciones móviles. Dada la corta longitud de las ondas, antenas pequeñas y eficientes pueden ser utilizadas lo que representa una ventaja considerable para las telecomunicaciones móviles. -

Las ondas en esta banda, debido a la atenuación y la absorción solo pueden viajar distancias cortas en comparación a las ondas de frecuencia más bajas, a menos que se utilicen antenas parabólicas (en el caso de satélites y sistemas de microondas terrestres). Otra ventaja de estas ondas es la

posibilidad de reutilización de las frecuencias (sistemas celulares) sin que los transmisores se interfieran entre ellos. Los sistemas de radio móvil utilizan de forma muy extensa las bandas UHF y VHF, la figura I.3 muestra las diferentes formas de propagación de las ondas de radio.

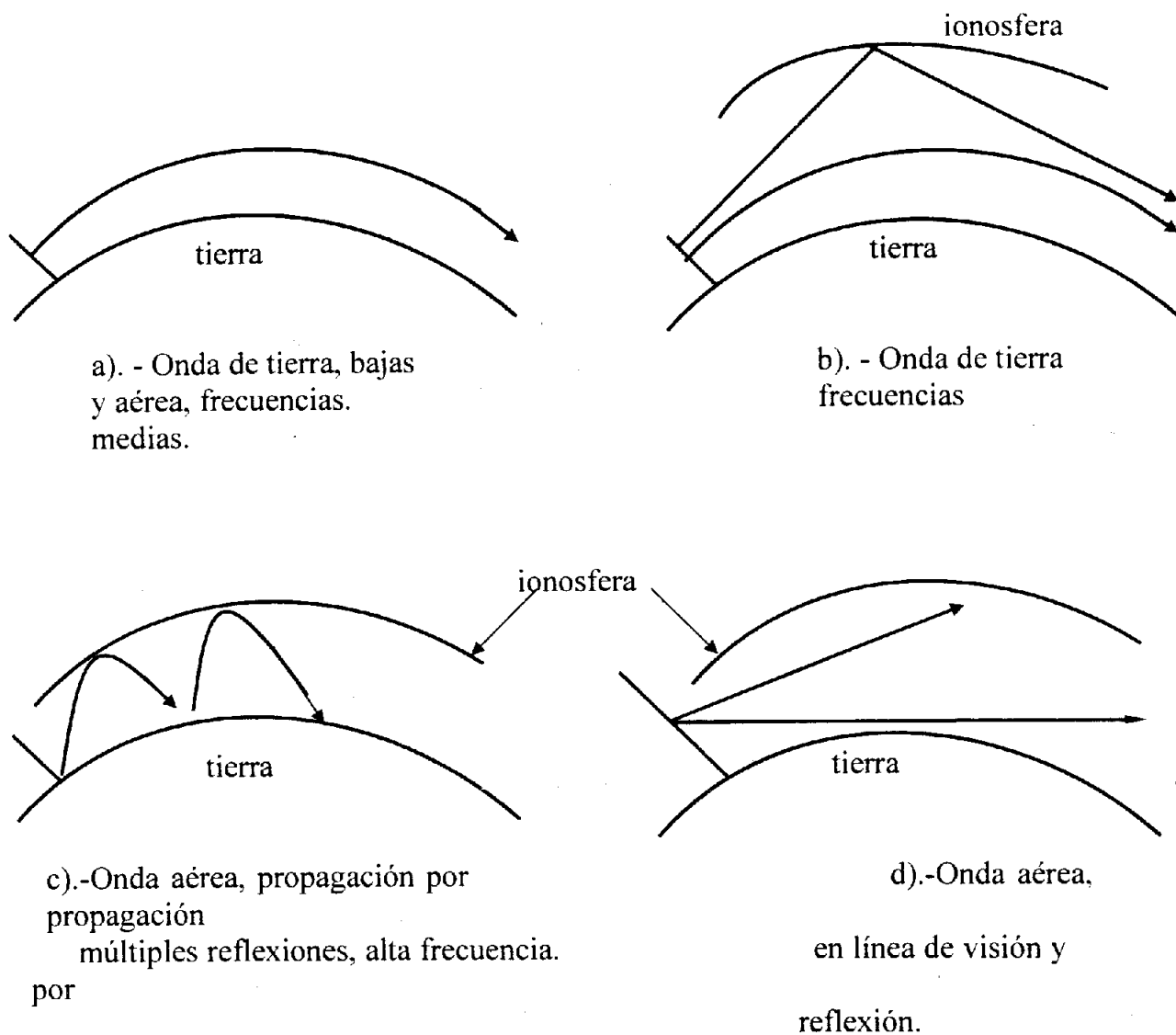


Figura I.3 Propagación de las ondas de Radio

I.3 RUIDO E INTERFERENCIA

La transmisión de la señal de radio es afectada por el ruido y la interferencia; el ruido es considerado como el resultado de los procesos aleatorios que producen energía de radio - frecuencia, como por ejemplo, el encendido de un auto, el ruido térmico de un receptor, etc. La relación entre el nivel de la señal y el nivel de ruido es la Relación Señal a Ruido RSR (signal Noise Ratio SNR) o la relación entre la Portadora y el Ruido P/R (carrier- to- Noise C/N). Esta última es la medida más básica de la calidad de la señal. Por su lado la interferencia es una forma de degradación de la señal producida por otras emisiones de radio.

Existen dos tipos de interferencias: La interferencia del canal adyacente, que ocurre cuando la energía de una portadora está presente en un canal adyacente (figura I.5) y la interferencia de los canales adyacentes la cual ocurre cuando dos transmisiones en la misma frecuencia de portadora llegan a un receptor.

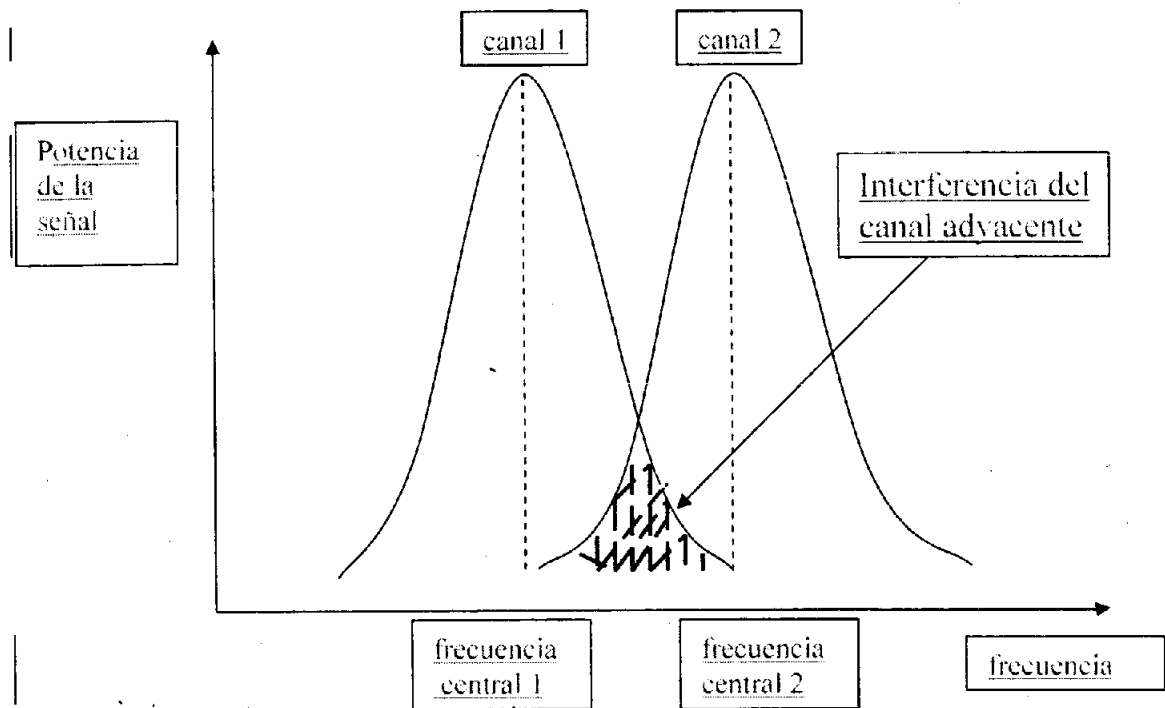


Figura 1.3 Interferencia del canal adyacente

El interés de la radio digital es la reducción y simplificación de todas las fuentes de degradación de las características de la señal de radio digital, dicho de otra forma la disminución de la ocurrencia de errores durante la transmisión de las señales digitales, lo cual es definido como el rango de error de bits (BER);

I.4 PÉRDIDAS EN EL ESPACIO

Otro concepto básico de la propagación de la onda de radio es la predicción (budget) de las pérdidas del enlace de radio, el cual determina la calidad de la transmisión. Una predicción será diseñada para asegurar que una señal de nivel suficiente sobrevivirá al proceso de transmisión y alcanzará un SNR o un BER requerido y aceptable para la operación del sistema. La predicción del enlace es medida en términos de decibeles (dB), la figura I.6 presenta los parámetros de una predicción típica.

$$G_s = L_e + M + L_t + L_m + L_d - G_r - G_t$$

Donde

G_s = Ganancia del sistema en dB

L_e = Pérdidas en el espacio libre

L_t = Pérdidas debidas a las líneas de transmisión

L_m = Pérdidas debidas a otros factores (desalineamiento)

L_d = Pérdidas debidas a las desadaptaciones de los componentes de la radio

M = Margen de desvanecimiento

G_t = Ganancia de la antena transmisora

G_r = Ganancia de la antena receptora

Figura I.4 Predicción de un enlace

A lo largo de su trayectoria, la señal estará expuesta a una serie de obstáculos que pueden impedir que alcance su receptor probable, una falla de radio durante algunos milisegundos puede reproducir una degradación notable del canal de comunicaciones. Estos obstáculos son de tres tipos principalmente:

- a) **ESPACIO LIBRE.**- En el caso más simple - transmisor omnidireccional - la potencia recibida de la señal disminuye cuando el receptor se aleja del transmisor. En el vacío " El espacio libre " la intensidad de la señal disminuirá en forma inversa y proporcional al cuadrado de la distancia. En otras palabras, si la señal recibida a un kilómetro de distancia del transmisor es de un Watt, esta misma señal será de un cuarto de Watt a 2 kilómetros. En la práctica, debido a que las telecomunicaciones móviles no se realizan en el espacio libre, las pérdidas de la trayectoria serán más severas de lo que prevé este teorema. Este tipo de sistema puede ser modelado de forma más precisa por medio del inverso cubico de la distancia y hasta de una potencia más elevada. El establecimiento de este teorema refleja los efectos del terreno, la atmósfera y otros elementos del mundo real. Estas pérdidas también son altamente dependientes de la frecuencia. Cabe notar que el análisis de la propagación de las ondas de radio es todavía un campo empírico, especialmente en el caso de las nuevas aplicaciones, los servicios móviles y las nuevas frecuencias elevadas.
- b) **ATENUACIÓN.**- Debido a los efectos de la atenuación, las ondas de radio pueden ser parcialmente o totalmente desvanecidas cuando su energía es absorbida o desvanecida por obstáculos físicos del medio ambiente. El elemento de absorción puede ser la lluvia, el follaje de los árboles, una montaña, etc. La causa específica de la severidad de la atenuación depende principalmente de la frecuencia, por ejemplo las ondas electromagnéticas de 1 GHz no son afectadas relativamente por la lluvia, por el contrario, las ondas de frecuencia superiores a 10 GHz son normalmente afectadas. Entre más elevada sea la frecuencia mayor será la atenuación, por esta razón, para obtener el mismo nivel de calidad de una señal recibida, será necesaria una potencia de transmisión más elevada a frecuencias más elevadas, por ejemplo la FCC (Federal Communications Commission) permite una potencia máxima de transmisión de 100 KW para las radiodifusoras de señales de televisión en la parte baja de la banda de 50 a 90 MHz, en el caso de la banda de 500 a 800 MHz la máxima potencia de transmisión permitida es de 5000 KW.

En México por ejemplo la potencia máxima permitida para enlaces de microondas con la técnica de espectro disperso es de 36 dBm en la banda de 902-928 MHz y sin límite para sistemas operando en las bandas 2400-2483.5 y 5725-5850 MHz según la norma oficial mexicana NOM-121-SCT-1994.*

Históricamente, el desarrollo de la tecnología de la radio ha procedido desde las frecuencias bajas hacia las frecuencias elevadas debido a que la mayoría de las aplicaciones actuales requieren más ancho de banda, esto solo es posible a frecuencias más elevadas. Otros efectos importantes de la atenuación de las ondas de radio sobretodo en las zonas urbanas son las múltiples reflexiones y la atenuación debido al follaje de los árboles lo que lleva a la creación del efecto fantasma.

c) DESVANECIMIENTO.- Una onda de radio también puede ser reflejada por cualquier objeto en la atmósfera; una montaña, un edificio, un aeroplano, etc. Estas reflexiones producirán necesariamente diferentes trayectorias creando uno de los problemas más difíciles en la transmisión de la radio. La dispersión por retardo, propagación de la señal por diferentes trayectorias, producirá que la señal viaje por múltiples trayectorias las cuales llegarán con una diferencia en el tiempo produciendo una deformación por retardo. En la práctica este retraso provocará una dispersión de las señales produciendo una interferencia de símbolos en el caso de los bits digitales.

Otro efecto importante es el desvanecimiento de Rayleigh; dado que la fase de las múltiples trayectorias será modificada por las reflexiones en el caso de una señal directa y una señal reflejada con una diferencia de fase de 180 grados esto producirá la cancelación de la señal a la entrada del receptor.

El tercer efecto importante, presente solo en las aplicaciones móviles, es el defasamiento Doppler, el movimiento de un receptor con respecto a un transmisor producirá un defasamiento Doppler; cuando un transmisor móvil envía una frecuencia a un receptor inmóvil, el receptor observará una señal diferente, es decir, ligeramente superior en frecuencia a la transmitida o en el caso contrario será una frecuencia ligeramente inferior.

* Esta norma sigue vigente desde el 11 de noviembre de 1994 y entro en vigor al día siguiente de su publicación en el diario oficial.

I.5 ALTERNATIVAS DE LOS ENLACES DE RADIO

El enlace de radio, entre la estación base y las terminales móviles, es la parte principal del sistema. La selección de una tecnología de radio, determinará en gran medida las características económicas y de funcionamiento del sistema.

Hace 20 años la selección de sistemas era mucho más simple dado que existía una tecnología predominante: La transmisión de las señales en forma análoga utilizando la modulación en frecuencia (FM). Hoy por el contrario existen una docena de alternativas, la mayor parte del dominio digital, basadas en los métodos de modulación y las técnicas de codificación de la voz. Pero, hablando en forma más extensa, existen dos super familias de tecnologías para los enlaces de radio que serán consideradas en la próxima generación de los sistemas celulares:

1. Las técnicas de modulación análogas avanzadas
2. Las técnicas digitales

I.6 REPETIDORES Y REGENERADORES

Cuando los sistemas que se utilizan para la transmisión digital, son de más de 64.36 Km (40 millas) o cuando las obstrucciones geográficas, bloquean la ruta de transmisión, se necesitan los repetidores.

Un repetidor (más en concreto hablaremos de los repetidores de microondas), es un receptor y un transmisor colocados espalda con espalda o en tándem (en serie) con el sistema.

Diagrama (fig.I.6) de bloques de un repetidor de microondas.

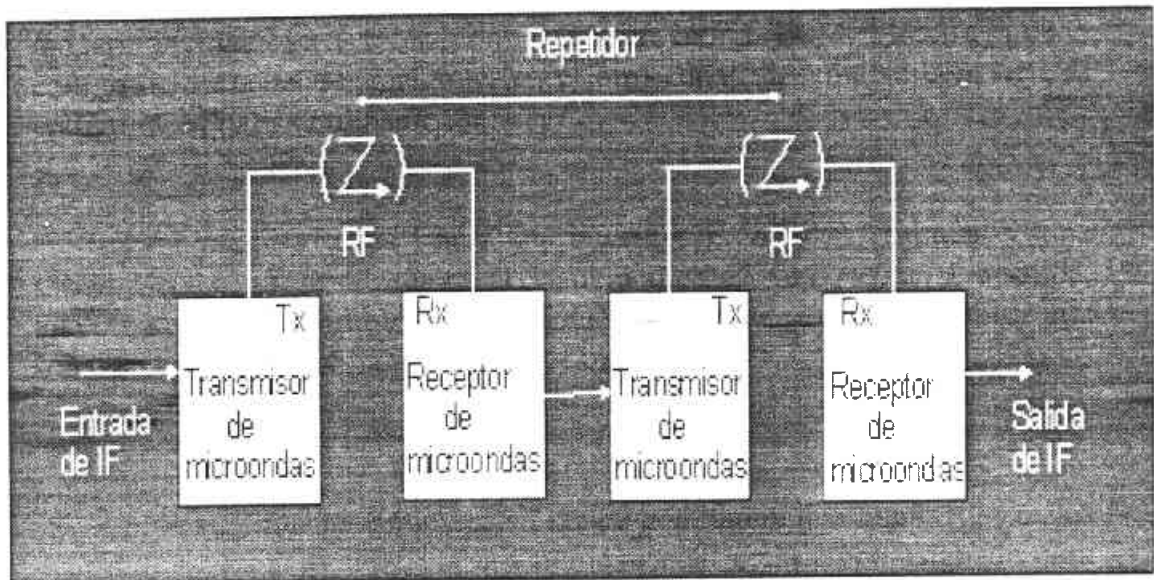


Figura 1.6 Diagrama a bloques de un repetidor de microondas

La estación del repetidor recibe una señal, la amplifica, le da nueva forma, y luego retransmite la señal al siguiente repetidor o estación terminal que sigue.

I.7 VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DIGITAL

1. La principal ventaja, es la inmunidad al ruido. Son menos susceptibles a la amplitud no deseada, frecuencia y variaciones de fase. Esto se debe a que con la transmisión digital, no se necesita evaluar dichos parámetros, con tanta precisión, como en la transmisión analógica. Sólo se evalúa si el pulso está arriba o abajo de un umbral específico.
2. Se prefieren los pulsos digitales por su mejor procesamiento y multicanalización que las señales analógicas. Los pulsos digitales pueden guardarse fácilmente, mientras que las analógicas no.

-
3. Los sistemas digitales, utilizan la regeneración de señales, en vez de amplificación de señales, por lo tanto producen un sistema más resistente al ruido que su contraparte analógica.
 4. Las señales digitales son más sencillas de medir y de evaluar.
 5. Los sistemas digitales están mejor equipados para evaluar un rendimiento de error.

1.8 DESVENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DIGITAL

1. La transmisión de señales analógicas codificadas de manera digital requieren de más ancho de banda para transmitir.
2. Las señales analógicas deben convertirse en códigos digitales, antes de su transmisión, y convertirse nuevamente en analógicas en el receptor.
3. La transmisión digital requiere de sincronización precisa, de tiempo, entre los relojes de transmisor y receptor respectivamente.
4. Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con las facilidades analógicas existentes.

Frecuentemente, para la conversión de una señal analógica a una señal digital, se utiliza modulación de pulsos, la cual incluye muchos métodos diferentes para convertir información a forma de pulsos, para transmitir pulsos de una fuente a su destino.

Existen cuatro métodos de modulación de Pulsos y son los siguientes:

- **PWM. Modulación de ancho de pulso.**

También es llamada modulación de duración de pulso (PDM) o modulación de longitud de pulso (PLM). El ancho del pulso es proporcional a la amplitud de la señal analógica.

- **PPM. Modulación de posición del pulso.**

La posición de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura de tiempo prevista, varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

- **PAM. Modulación de amplitud de pulsos.**

La amplitud de un pulso de posición constante, dentro de una ranura de tiempo prevista, varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

- **PCM. Modulación de pulsos codificados.**

La señal analógica se prueba y se convierte a una longitud fija, número binario serial para transmisión.

La PAM se usa como forma intermedia de modulación, casi siempre se utiliza con algún otro método. PWM y PPM se usan en sistemas de comunicación de propósitos especiales (ejército), pero son muy poco usadas para sistemas comerciales. El más utilizado es PCM (figura I.19).

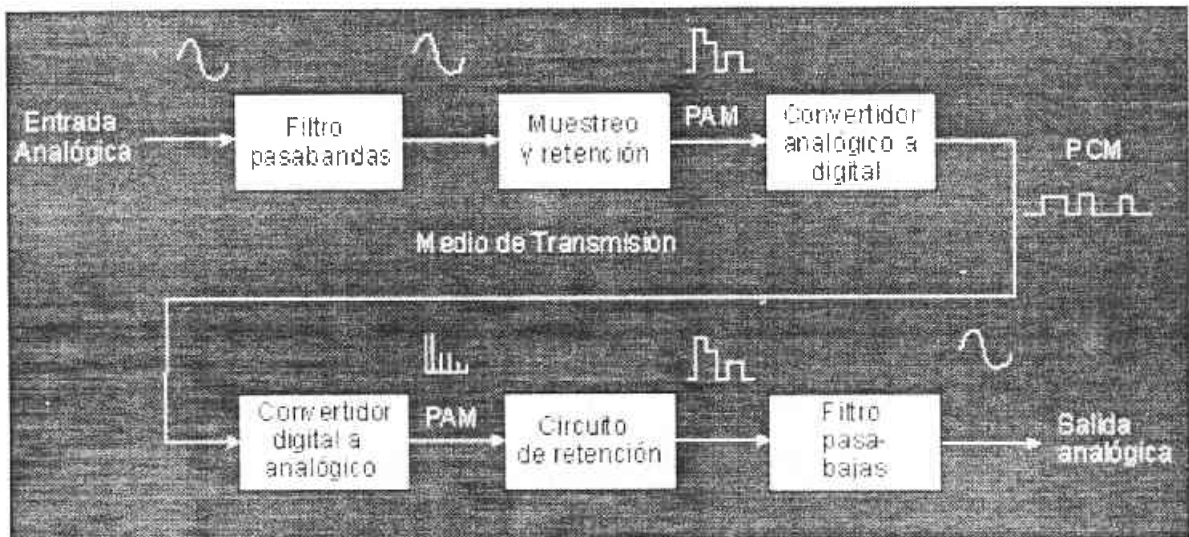


Figura 1.9 Diagrama a bloques de un sistema PCM simple

El proceso para digitalizar una señal es relativamente sencillo, y se puede resumir en los siguientes pasos:

- a. Muestreo de la señal, esto debe hacerse de tal manera que la frecuencia de cada muestreo f_m sea mayor o igual a dos veces el ancho de banda de la señal. Por ejemplo si el ancho de banda de la señal es de 4 Hz., la frecuencia con que se debe de tomar una muestra es de 8 o más veces en un segundo.

$$f_m \geq 2 B$$

- b. PAM, es decir se cuantifica el valor de cada muestra, (con respecto al eje y), el valor se redondea al entero más cercano. Aquí también se determina el número de bits que representarán a la señal ya digitalizada.
- c. Cuantización o Cuantificación, se representa la señal como quedaría todavía sin codificar, es decir, se convierte el entero en el número binario que le corresponde.
- d. Codificación, esta puede ser en binario normal (quedaría como en el paso anterior), o bien código Gray.

I.9 MULTICANALIZACIÓN POR DIVISIÓN DEL TIEMPO DE SEÑALES DIGITALES Y SEÑALES ANALÓGICAS

Multicanalización. Es la transmisión de información, de más de una fuente a más de un destino, por el mismo medio de transmisión. Las principales formas de multicanalización son por división de frecuencia (FDM) y por división de tiempo (TDM) en estas las transmisiones son en el mismo medio, pero no al mismo tiempo.

Multicanalización por división del tiempo, es el envío de varias señales por un sólo canal de alta velocidad y gran ancho de banda. La información debe ir en forma ordenada y secuencial.

Con TDM, las transmisiones de varias fuentes se intercalan en el dominio del tiempo. Se utiliza modulación PCM. Con un sistema PCM-TDM, se hace un muestreo de dos o más canales de voz, convertidos a códigos PCM, y luego se utiliza el proceso de multicanalización por división de tiempo, en un solo par de cables o en un cable de fibra óptica.

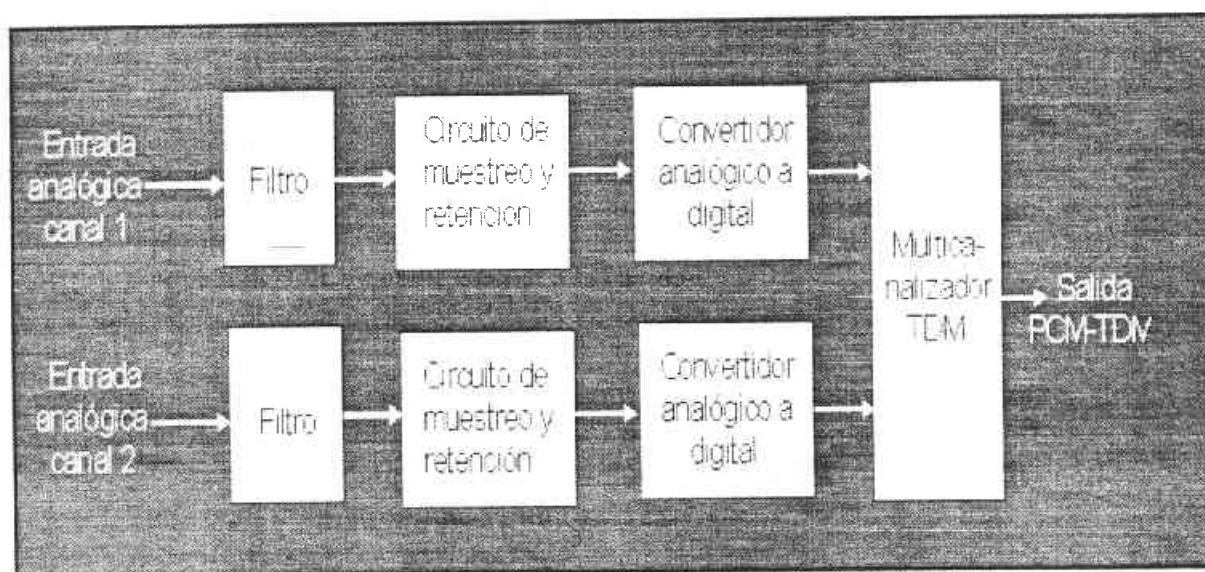


Figura 1.10 a) Diagrama a bloques de un sistema

En la figura I.10 a), se representa el diagrama a bloques de un sistema de portadora para PCM-TDM de dos canales. Cada canal, de manera alternada se usa y se convierte a un código PCM. Mientras que el código de un canal se transmite, en el otro canal, la señal se convierte al código PCM para su transmisión.

Este proceso actúa como un interruptor con dos entradas y una salida. Cada canal se selecciona de manera alterna y se conectan a la salida, tal como lo hace un multiplexor (MUX). El tiempo que toma transmitir una señal en cada canal se llama tiempo de trama.

Esto significa, que cada canal ocupa una ranura de tiempo fija (ciclo) dentro de la trama total de TDM. Con dos canales, el tiempo asignado para cada canal es igual a la mitad de la trama del tiempo total. Se toma de cada canal una señal a la vez durante cada trama. A continuación, con la siguiente figura (I.10 b) se representa la trama para un sistema de 2 canales como el de la figura anterior (I.10 a).

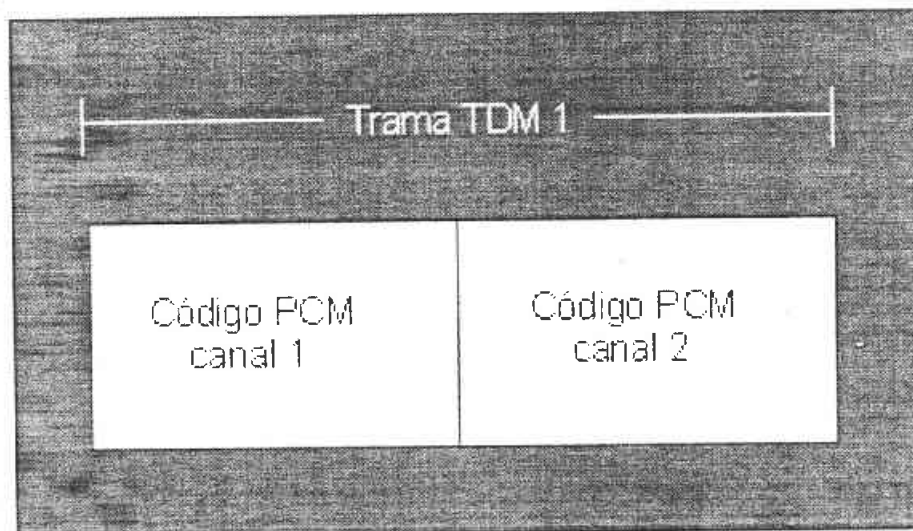


Figura I.10 b) Trama representativa para un sistema de dos canales

Un arreglo de multicanalización o estructura de MUX o Trama o Frame es como el siguiente dibujo (figura I.20 c):

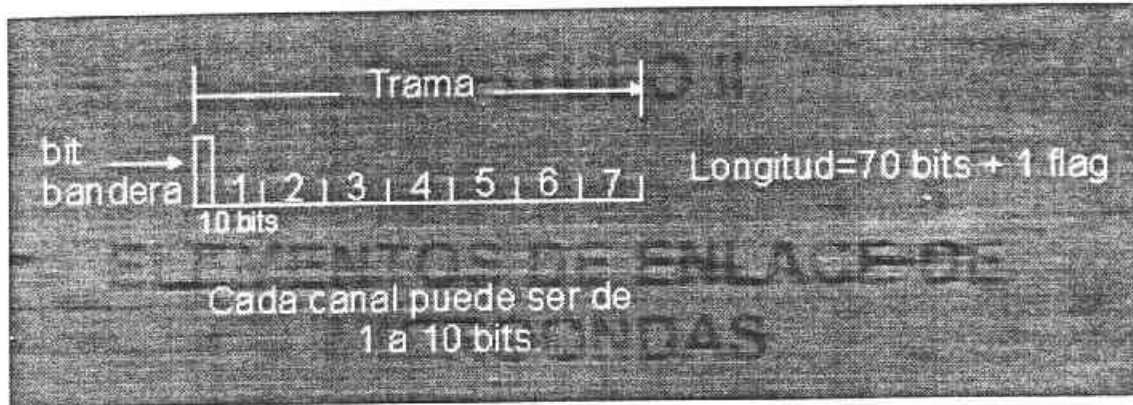


Figura 1.10 c) Representación de una trama

Las tramas pueden ser fijas o flexibles, estas últimas se adaptan a la cantidad de información que se está mandando.

Existen tres problemas principales con la multicanalización:

- Estructuración
- Ajuste de velocidades
- Sincronía

En la transmisión de información es necesario un Modo de Transferencia Asíncrona (ATM), ya que el tipo de información que se transmite entre el MUX y DEMUX (Transmisor y Receptor) es de alta velocidad, y deben de controlarse los datos generales y especiales, además de que es necesario que sus memorias sean iguales. Trabajan bajo el principio Codec (Codificación - Decodificación).

El Codec es un término genérico que se refiere a las funciones de codificación realizadas por un dispositivo que convierte señales analógicas a códigos digitales y códigos digitales a señales analógicas.

Así mismo es necesario que se establezcan protocolos de comunicación para identificar los datos que se están recibiendo y mandando.

Un protocolo es un conjunto de reglas y procedimientos con un orden jerárquico para resolver problemas operativos de comunicación. Un protocolo de una red de comunicaciones de datos es un conjunto de reglas que gobierna el intercambio ordenado de datos. Sirven para resolver problemas operativos tales como:

- Inicio de comunicación.
- Tiempo muerto.
- Inicio de comunicación después de tiempo muerto.
- Sincronización.

En un circuito de comunicaciones de datos, la estación que está transmitiendo actualmente se llama maestra, la estación receptora se llama esclava.

I.10 SISTEMAS DE MULTICANALIZACIÓN

Existen dos sistemas de multicanalización los cuales son:

- **Americano.** Tiene 24 puertos, trabaja con una entrada de 64 Kb/s, y la salida multiplexada es de 1.544 Mb/s. es usado en Estados Unidos y Japón. Usa tecnología de AT&T.
- **Europeo.** Tiene 32 puertos, de los cuales 30 son de datos y 2 de señales especiales (señalización y sincronía), trabaja con una entrada de 64 Kb/s ya sean líneas de transmisión de cobre o de fibra óptica y la salida es de 2.048 Mb/s. En México se utiliza este sistema.

I.11 CAVIDADES RESONANTES

Para obtener un circuito resonante LC (inductivo - capacitivo) para microondas, el número de espiras de la bobina se reduce a una y la capacidad del circuito es la existente entre los dos extremos del hilo de la bobina (Figura I.11 a). La forma de este circuito viene a ser la de una horquilla de un cuarto de longitud de onda. Su frecuencia resonante será, sin embargo, algo menor que el valor medio. Una tentativa de reducir el valor de la inductancia poniéndoles en paralelo otra horquilla análoga reduce el valor de L, pero aumenta el de C, con lo que la frecuencia resonante no variará, aunque aumenta el valor de Q (Figura I.11 b).

Obsérvese la distribución de corriente en un instante dado en los circuitos resonantes representados, cuando se abren en abanico, las dos horquillas aparecen como la sección transversal de un guíaondas rectangular.

Si se añaden más horquillas al punto central se formará una cavidad similar a un cilindro, un cilindro normal con un radio y altura de 4 cm, si fuese adecuadamente excitado, tendría una frecuencia resonante natural algo menor de 2 GHz (Figura I.11 c).

Una cavidad mayor resonaría a una frecuencia más baja; y una menor, a una frecuencia más alta.

La frecuencia puede variarse en un pequeño porcentaje añadiendo un condensador variable en el centro de la cavidad (Figura I.11 d). Esta cavidad se muestra con una espira de acoplamiento inductivo

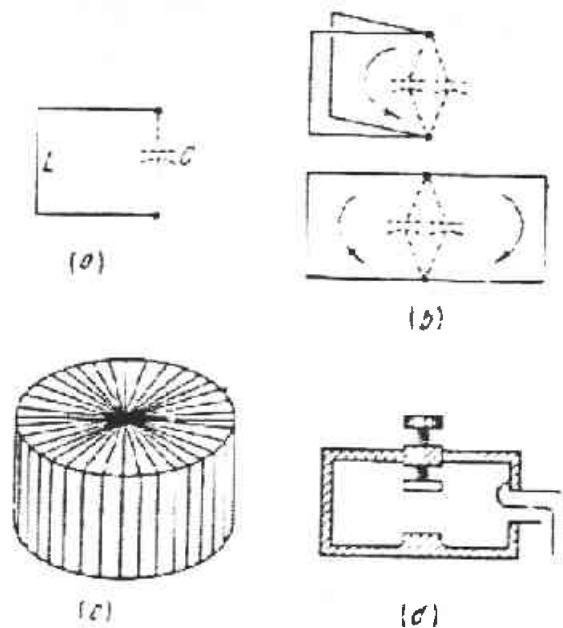


Figura I.11 a) L y C de una horquilla de un cuarto de longitud de onda. b) Dos horquillas en paralelo. c) Cavity formada por infinitas horquillas en paralelo. d) Sintonía capacitiva de una cavity, y acoplamiento de baja impedancia de un cable coaxial a la cavity

Si una cavity resonante se hace variable mediante la instalación en ella de un émbolo móvil y se acopla a una sección de guíaondas un agujero, se obtiene un ondámetro, o medidor de frecuencias microondas (Figura I.12).

La energía existente en el guíaondas, al pasar a través del agujero, induce en la cavity una tensión y una corriente. Si la cavity es resonante a la frecuencia de esa energía, absorberá una parte de ella.

Esto puede apreciarse en un detector acoplado al sistema del guíaondas, o en un detector acoplado al ondámetro, el cual indicará cuándo existe resonancia. Si la cavity no es resonante a esa frecuencia, no absorberá energía alguna. Un indicador en el mando del émbolo, el cual se desliza sobre una escala calibrada, indica la frecuencia de resonancia.

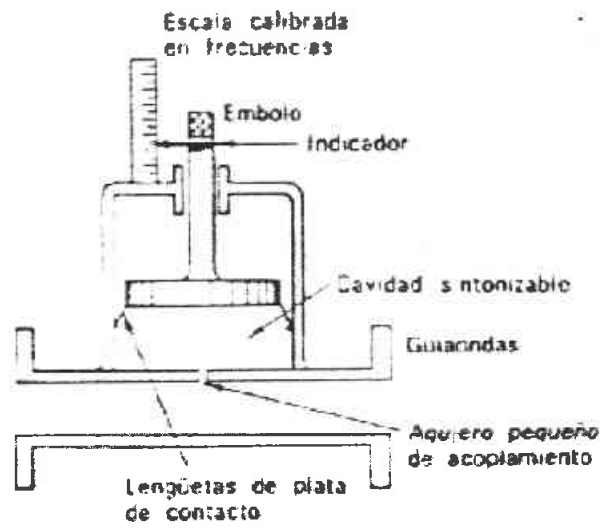
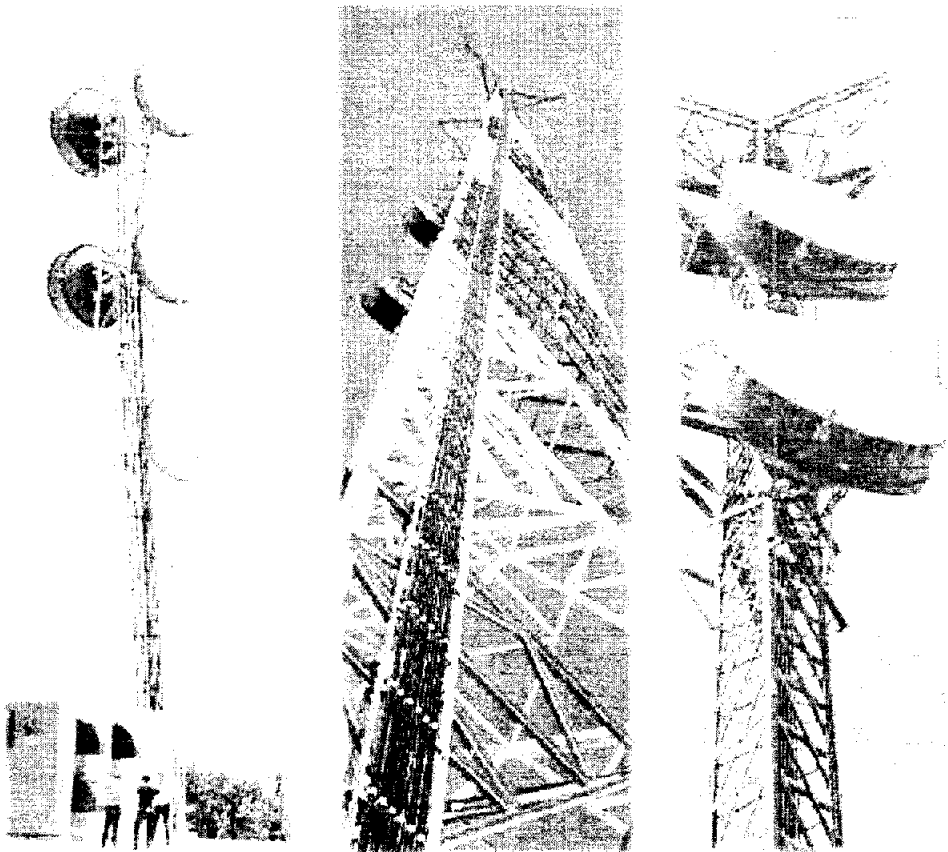


Figura I.12 Ondámetro de cavidad acoplado a una sección de guíaondas

CAPÍTULO II

ELEMENTOS DE ENLACE DE MICROONDAS.



II.1 INTRODUCCIÓN

Según aumenta el conocimiento de las comunicaciones el espectro utilizable se ha extendido a frecuencias cada vez más altas.*

Los tubos de vacío miniatura comunes y los transistores de alta frecuencia alcanzan un límite práctico del orden de los 500 MHz. Esta frecuencia puede tomarse como el principio de la región de las microondas, aunque corrientemente se considera que esta empieza en 1 GHz. Ciertos triodos de diseño especial (para frecuencias ultra altas) y de tipo faro, así como algunos transistores, trabajan hasta unos 3 GHz. Los tubos de vacío especiales para microondas, tales como magnetrones, klistrones, tubos de onda progresiva, osciladores de onda regresiva, o inversa, etc., y los diodos túnel, pueden operar con frecuencias hasta de 100,000 GHz. Por encima de este valor se encuentra la región infrarroja, o de calor, la cual suele considerarse que va desde los 300, 000 a los 375, 000 GHz. La luz visible al ojo humano va desde los 275,000 GHz del color rojo a los 790,000 GHz que corresponden al violeta.

La mayor actividad de las microondas se encuentra entre 1 y 50 GHz. Además de sus aplicaciones en radar y en las comunicaciones de punto a punto, las microondas se utilizan ampliamente en los laboratorios de investigación por lo que muchas compañías se encuentran dedicadas a la fabricación y servicio de equipos de pruebas de microondas y de sus componentes.

II.2 TERMINOLOGÍA DE LA RADIO

La Radio es una forma de energía electromagnética que se propaga en el espacio a la velocidad de la luz. Para nuestros propósitos, la onda de radio puede ser vista como una onda senoidal (ver figura II.1) cuyas características más importantes son:

- A) La Amplitud, magnitud de las crestas de la onda senoidal;
- B) La Frecuencia, número de ciclos que ocurren en un segundo; en el caso senoidal un ciclo está formado de dos crestas una positiva y otra negativa, la medida de la frecuencia es el Hertz (Hz) que define el número de ciclos por segundo;
- C) La Fase, ángulo de la onda a un momento preciso en el tiempo.

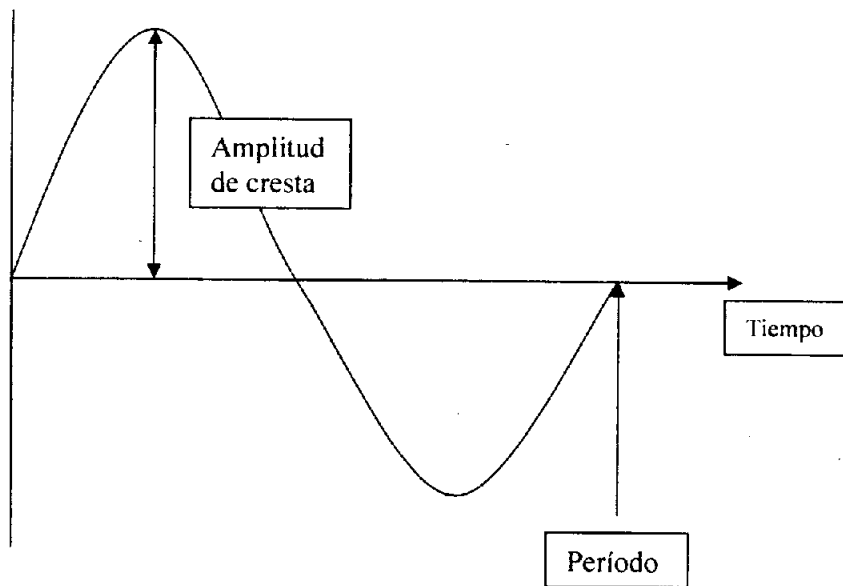


Figura II.1. Forma de Onda de radio

La Frecuencia de la onda es muy importante dado que a diferentes frecuencias la onda interactúa en forma diferente con el medio ambiente; algunas frecuencias permiten una propagación en línea directa, otras pueden rebotar y reflejarse en la ionosfera para una propagación a miles de kilómetros al horizonte, las ondas llamadas milimétricas tienden a ser

absorbidas por el follaje de los árboles o la humedad atmosférica, mientras que otras a más baja frecuencias penetran sin muchas pérdidas.

II.3 TRANSMISIÓN DE DATOS Y ORGANIZACIONES DE ESTANDARIZACIÓN

1. Codificación de Datos.

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital (normalmente en forma binaria), entre dos o más puntos. La información que es procesada y organizada son denominados como los datos. En la fuente y el destino, los datos están en forma digital, pero durante la transmisión, pueden estar en forma digital o analógica.

Sistema de Comunicación Digital.

Información en el canal la cual ha sido convertida a valores discretos.

Razones para digitalizar:

- Facilidad de Transmisión.
- Velocidad de Transmisión.
- Inmunidad al ruido.

Para asegurar una transferencia de información ordenada, entre dos o más sistemas de comunicaciones, se establecen estándares. Algunas de las organizaciones que imponen dichos estándares son:

➤ La Organización Internacional de Estándares (ISO)

Crea los conjuntos de reglas y estándares para gráficos, intercambio de documentos y tecnologías relacionadas. También es la responsable de supervisar y coordinar el trabajo de otras organizaciones que definen estándares.

➤ La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT - antes CCITT Comité Consultivo Internacional para Telefonía y Telegrafía)

Es la organización de estándares para las Naciones Unidas y desarrolla los conjuntos de reglas y estándares recomendados para la comunicación telefónica y telegráfica.

Las especificaciones que ha desarrollado son 3:

- Serie V, para interfaz de módems.
 - Serie X, para comunicación de datos.
 - Serie I y Q, para la Red Digital de Servicios Integrados.
- **Instituto de Estándares Nacional Americano (Ansi)**
Es la agencia de estándares oficial de Estados Unidos.
- **Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)**
Organización de ingenieros en electrónica, computo y comunicaciones.
- **Asociación de Industrias Electrónicas (EIA)**
Es una organización de los Estados Unidos que establece y recomienda estándares industriales. Es la responsable de desarrollar los estándares recomendados para datos y telecomunicaciones.

Los códigos de comunicación de datos son secuencias de bit prescritas, usadas para codificar caracteres y símbolos. Esencialmente, existen sólo tres tipos de caracteres usados en los códigos de comunicación de datos: caracteres de control de enlace de datos, los cuales se usan para facilitar el flujo ordenado de información de una fuente a un destino; caracteres de control gráfico, lo cual involucra la síntesis o presentación de la información en la terminal de recepción, y caracteres alfa/numéricos, los cuales se usan para representar los múltiples símbolos usados para letras, números y puntuación.

Los 3 conjuntos de caracteres, más comunes, actualmente usados para la codificación de caracteres son:

- Código Baudot

Con el código de 5 bits que utiliza sólo existen 25 o 32 combinaciones posibles, lo cual es insuficiente para representar las letras del alfabeto, los dígitos y los signos de puntuación, así como caracteres de control. Por lo tanto, el código baudot usa caracteres de cambio de posición de letra, para expandir su capacidad a 58 caracteres.

-
- Código ASCII (Código Estándar Americano para el Intercambio de Información)

Surgió en 1963, como resultado de la estandarización de los códigos de comunicación de datos. Es un código de teletipo modelo 33. del Sistema Bell, llamado Código para Intercambio de Información Estándar. Este código ha progresado conforme han pasado los años. Es un conjunto de caracteres de 7 bits que tiene 128 combinaciones. El séptimo bit es utilizado para el bit de paridad. Este código es el más utilizado hoy en día.

- Código EBCDIC

Es un código de 8 bits, desarrollado por IBM y se usa extensamente en IBM y equipo compatible con IBM. Con 8 bits, son posibles 256 combinaciones, lo cual lo hace que sea el conjunto de caracteres más poderoso.

II.4 DETECCIÓN DE ERRORES

Es el proceso de monitorear la información recibida y determinar cuando un error de transmisión ha ocurrido. Las técnicas usadas para la detección de errores no identifican cual bit es erróneo, solamente se indica que un error ha ocurrido. El propósito de la detección de errores no es impedir que éstos ocurran, pero previene que los errores no detectados ocurran. Las técnicas de detección de errores más comunes son:

Redundancia. Involucra transmitir cada carácter dos veces. Si el mismo carácter no se recibe dos veces sucesivamente, ha ocurrido error en la transmisión.

Codificación de cuenta exacta. Con la codificación de cuenta exacta, el número de unos, en cada carácter, es el mismo.

Paridad. Es el esquema de detección de error, más usado para los sistemas de comunicación de datos y se usa con chequeo de redundancia vertical y horizontal. Con la paridad, un solo bit (el bit de paridad) se agrega a cada carácter para forzar el total de números unos en el carácter, incluyendo el bit de paridad, para que sea un número impar (paridad impar) o un número par (paridad par). Un ejemplo de esto, el código ASCII de la letra "C" es 43 en hexadecimal o "P" 1000011 en binario, con el bit P representando el bit de paridad. Hay 3 unos en el código, no contando el bit de paridad. Si se utiliza paridad impar, el bit P se hace 0, así mantenemos el total de unos en tres, un número impar. Mientras que si usamos paridad par el bit P se hace 1, siendo el número total de unos igual a cuatro que es un número par.

Chequeo de redundancia vertical y horizontal. (VRC) es un esquema de detección de errores que usa la paridad para determinar si un error de transmisión ha ocurrido dentro de un carácter. Por esto, también se le llama paridad de carácter. Con el VRC, cada carácter tiene un bit de paridad agregado a él, antes de la transmisión. Puede usar paridad par o impar.

Revisión de redundancia cíclica. (CRC) Es el esquema más confiable para la detección de errores. Con este, se detectan el 99.95 % de todos los errores de transmisión. Se usa con códigos de 8 bits como EBCDIC o códigos de 7 bits, cuando no se utiliza la paridad.

II.5 CORRECCIÓN DE ERRORES

Para la corrección de errores se utilizan los siguientes métodos:

Sustitución de símbolos. Se diseñó para usarse en un ambiente humano, es decir, en la terminal de recepción se analizan los datos recibidos y se toman decisiones sobre su integridad, y todo esto es llevado a cabo por la persona que está a cargo del sistema. Si un carácter se recibe en error, en vez de revertirse a un nivel superior de corrección de errores o mostrar el carácter erróneo, un carácter único que es indefinido por el código de caracteres, se sustituye por el carácter malo. Si por ejemplo, el mensaje "Comunicación" se recibe con un error en el último carácter, se mostraría como "ComunicaciÓP".

Un operador puede discernir el mensaje correcto por inspección, y no se necesita la retransmisión. Pero si el mensaje no se puede descifrar, es necesario la retransmisión.

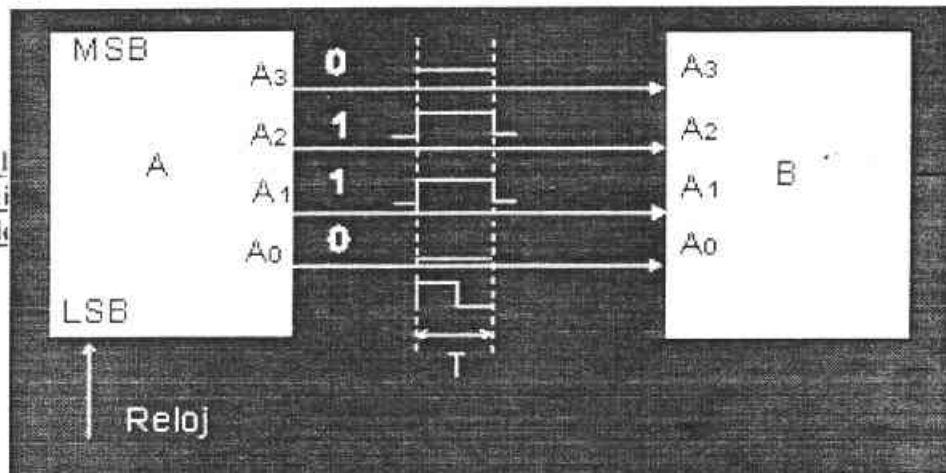
Retransmisión. Es volver a enviar un mensaje, cuando es recibido en error, y la terminal de recepción automáticamente pide la retransmisión de todo el mensaje. La retransmisión también es llamada ARQ, que significa *petición automática para retransmisión*.

Seguimiento de corrección de error. (FEC), es el único esquema de corrección de error que detecta y corrige los errores de transmisión, del lado receptor, sin pedir retransmisión. Con FEC, se agregan bits al mensaje, antes de la transmisión.

II.6 TRANSMISIÓN EN SERIE Y EN PARALELO

La información puede ser transferida paralelamente o en serie. En la figura (II.2 a), se puede ver como se transmite el mismo dato (0110) del lugar A al B. En la primera se transmite en paralelo, cada bit tiene su propia línea de transmisión; como se ve, los 4 bits se transmiten simultáneamente en un sólo pulso de reloj (T). Este tipo de transmisión se llama de paralelo por bit o de serial por carácter.

Figura 1
transmisión
paralela



En la figura II.2 b), se muestra como se transmite el mismo dato en forma serial. Sólo existe una línea de transmisión, y por tanto, sólo un bit puede transmitirse a la vez. Requiere de 4 pulsos de reloj, para transmitir toda la información. A este tipo de transmisión se le llama de serial por bit.

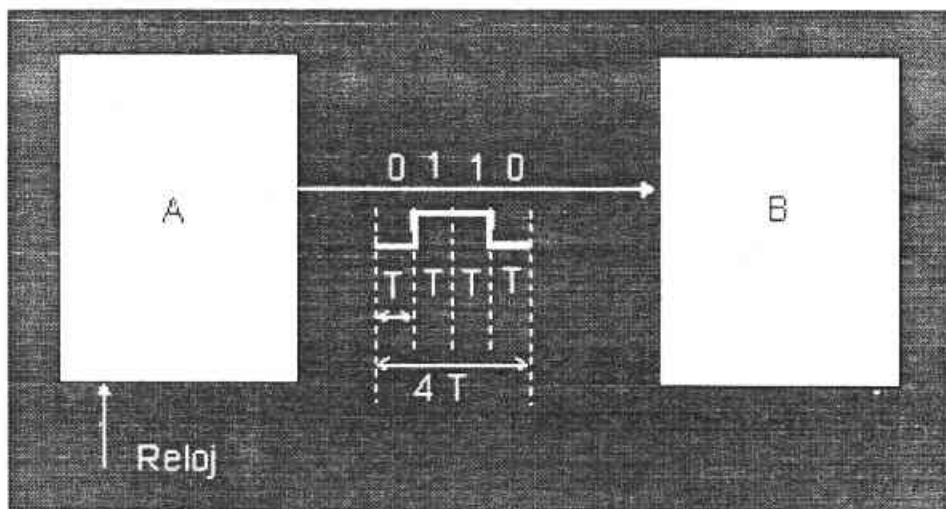


Figura II.2 b) Transmisión serie

II.7 TRANSMISIÓN SÍNCRONA Y ASÍNCRONA

La transmisión síncrona y asíncrona, está relacionada con los modos de transmisión para los circuitos de comunicación de datos.

Existen básicamente cuatro modos de transmitir un mensaje, que son:

Simplex. La transmisión de datos no se puede dirigir; la información se puede enviar sólo en una dirección. También son llamadas líneas sólo para recibir, sólo para transmitir o de un solo sentido. La televisión comercial y sistemas de radio, son ejemplos de ella.

Half duplex (HDX). La transmisión de datos es posible en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. También son llamadas de dos sentidos alternados o líneas de cualquier sentido. La banda civil (CB), es un ejemplo.

Full duplex (FDX). Las transmisiones son posibles en ambas direcciones simultáneamente, pero deben estar entre las mismas dos estaciones. También es llama de dos sentidos simultáneos, duplex o líneas de dos sentidos. Ejemplo: un sistema telefónico normal.

Full / full duplex (F/FDX). La transmisión es posible en ambas direcciones al mismo tiempo, pero no entre las mismas dos estaciones (una estación transmite a una segunda estación, y recibe de una tercera estación al mismo tiempo). Es posible sólo en los circuitos de multipunto. Ejemplo: el sistema postal de Estados Unidos de Norteamérica. En México también existen sistemas full full dúplex como podría ser un enlace de microondas punto multipunto, o el servicio que ofrece TELMEX actualmente de poner en "conferencia" telefónica a más de dos usuarios al mismo tiempo.

II.8 OPERACIÓN DE DOS HILOS CONTRA CUATRO HILOS

Dos hilos, como su nombre lo indica, involucran un medio de transmisión que utiliza dos líneas de cable (una señal y una de referencia) o una configuración que es equivalente a tener sólo dos líneas de cable. Es posible la transmisión simplex, half duplex o full duplex

En la siguiente figura (II.3 a) se muestra el esquema de 2 hilos.

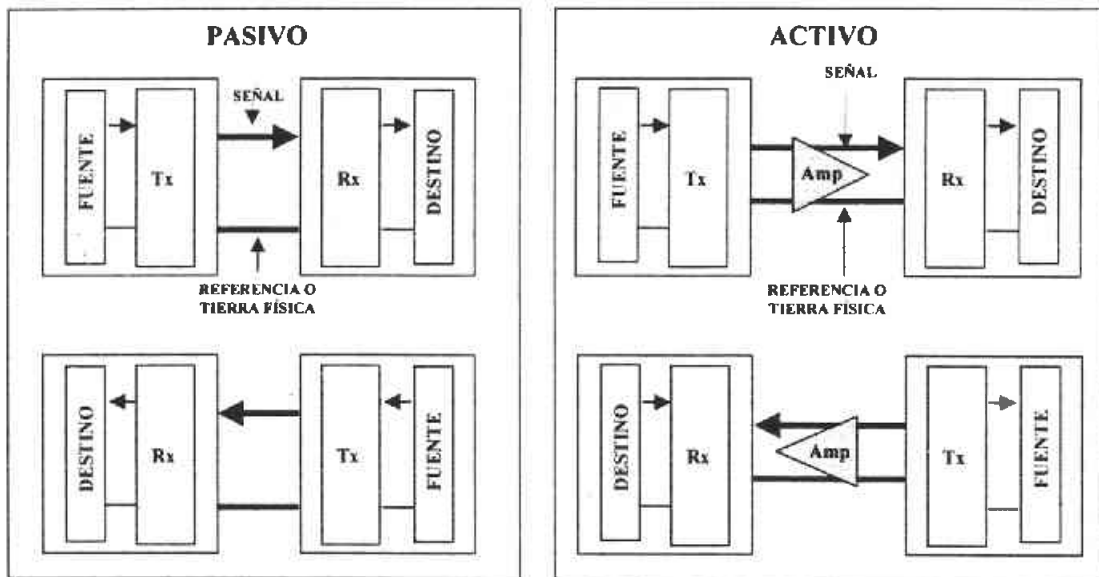


Figura II.3 a) Comunicación a dos hilos

Cuatro hilos, involucran un medio de transmisión que usa cuatro cables (dos para las señales que se están propagando en direcciones opuestas y dos se utilizan como referencia), o una configuración que es equivalente a tener cuatro cables. Las señales se propagan en direcciones opuestas, están físicamente separadas, y por tanto, pueden ocupar los mismos anchos de banda sin interferir una con otra.

En el siguiente esquema (II.3 b) vemos un circuito de 4 hilos pasivo, es decir, no hay ganancia en la señal, y en el segundo uno activo, el cual posee un amplificador.

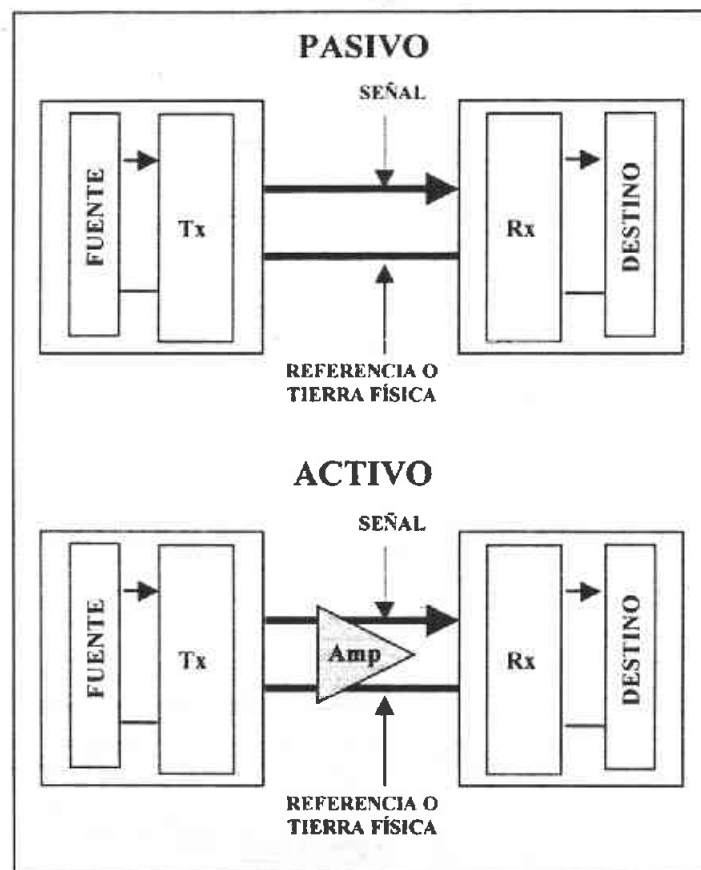


Figura II.3 b) Comunicación a 4 hilos

II.9 SINCRONIZACIÓN

Sincronizar, significa coincidir o estar de acuerdo al mismo tiempo. En la comunicación de datos, hay cuatro tipos de sincronización:

1. Sincronización de un bit o reloj.
2. Sincronización de módem o portadora.
3. Sincronización de carácter.
4. Sincronización de mensaje.

Sincronización de carácter:

La sincronización de reloj asegura que el transmisor y el receptor están de acuerdo en una ranura de tiempo exacta, para la aparición de un bit. Cuando una cadena continua de datos se recibe, es necesario identificar cual bit es el bit de datos menos significativo, el bit de paridad, y el bit de parada. Esto es la sincronización de caracteres. Hay dos formatos usados para lograr la sincronización de caracteres: asíncronos y síncronos.

- Datos asíncronos:

Cada carácter se entrama entre un bit de arranque y uno de final.

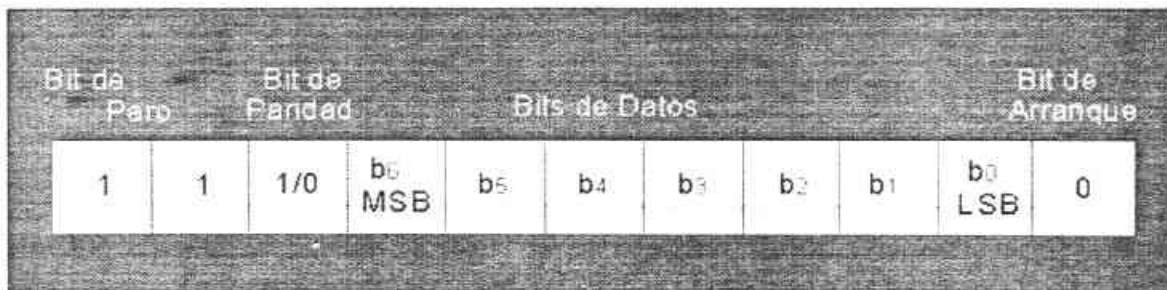


Figura 11.4. Representación del formato utilizado

En la figura II.4, se muestra el formato usado para entramar a un carácter para la transmisión de datos asíncronos. El primer bit es el de arranque y siempre es un 0 lógico. Los bits del código de caracteres se transmiten a continuación comenzando con el bit menos significativo (LSB) y continuando hasta el más significativo. El bit de paridad (si es usado), se transmite directamente, después del MSB. El último bit transmitido es el bit de parada, el cual siempre es un 1 lógico. Puede haber bits de parada de 1, 1.5 o 2, por lo que en la figura anterior (1.17) se muestran dos bits de paro.

- Datos síncronos

En vez de entramar cada carácter independientemente con los bits de arranque y parada, un carácter de sincronización único, llamado carácter SYN se transmite al comienzo de cada mensaje. El receptor desecha los datos que están entrando, hasta que recibe el carácter SYN, entonces se mide en los próximos 8 bits y los interpreta como un carácter.

- Efectos del canal.

El canal es la vinculación entre el transmisor y el receptor. La velocidad límite de transmisión de información a través de un canal se llama capacidad del canal.

C. E. Shannon, estableció que si la razón de entropía R es igual o menor que la capacidad del canal C , existe una técnica de codificación que permite la transmisión por el canal con una frecuencia de errores arbitrariamente pequeña, o $R \leq C$. La capacidad del canal se define como la máxima razón de información confiable a través del canal.

II.10 SISTEMAS DE ANTENAS Y TORRES

Las antenas y las torres son elementos importantes en el diseño de los sistemas de radio desde el punto de vista funcional y económico. Capacidades de banda ancha con alta ganancia, altas pérdidas de retorno, buena directividad en el caso de los enlaces de larga distancia y omnidireccional casi hexagonal en el caso de sistemas de telefonía celular, y polarización doble son requisitos típicos de las antenas. Sin embargo, las características de las antenas tienen gran impacto en los requisitos de las torres. La ganancia de la antena por ejemplo está relacionada directamente con las dimensiones físicas de la antena lo que afecta la carga, la estabilidad y el costo de la torre. Así algunos compromisos entre el costo y el rendimiento son necesarios.

La selección de la torre por su parte está definida por una serie de factores interrelacionados los cuales incluyen el costo, el terreno, el sistema de radio seleccionado y el número de las antenas que serán acomodadas. La altura media de las torres de los sistemas de larga distancia es de 61 metros (200 pies) y en el caso de enlaces a corta distancia es de 30 metros (98.4 pies), en la figura II.5, se presenta una torre utilizada para antenas de microondas.

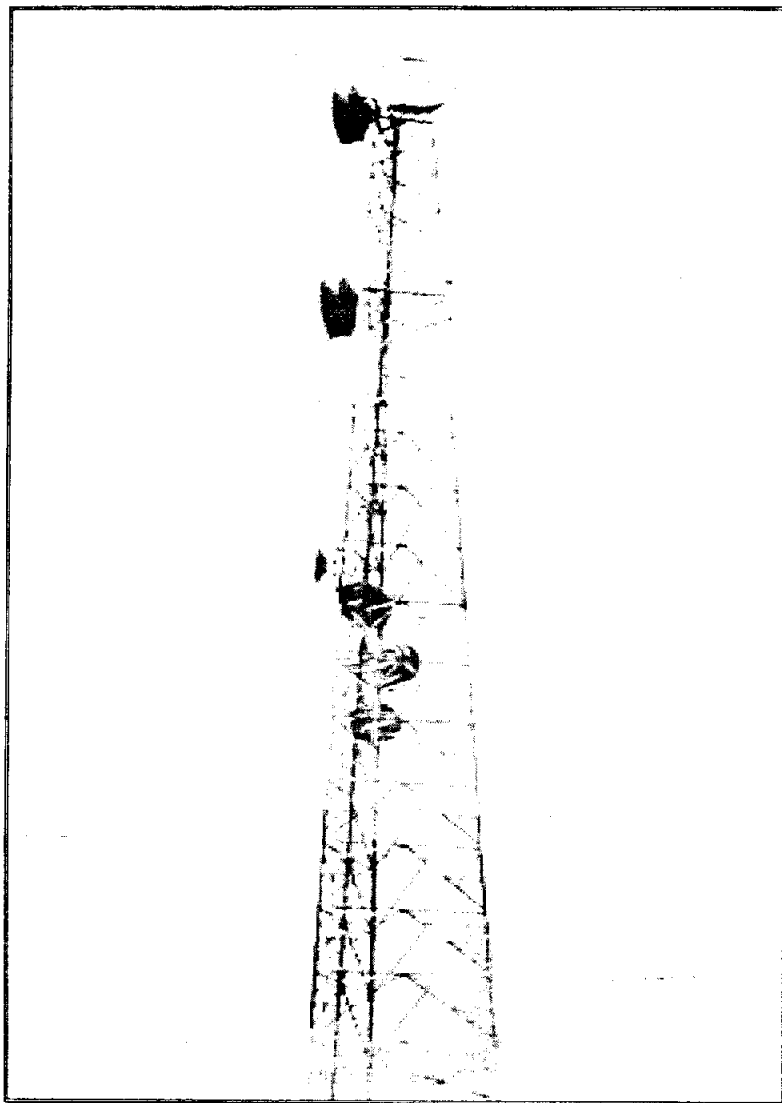


Figura 11.5 Torre utilizada para la instalación de antenas de Microondas

En cuanto a la polarización podemos decir que para obtener una alta discriminación entre los canales adyacentes y facilitar el diseño de la red de microondas, la separación y combinación entre canales transmitidos es posible utilizando diferentes polarizaciones.

La polarización (en referencia al plano de tierra) se refiere a la orientación del campo eléctrico de la onda radiada, las polarizaciones lineales horizontal (fig. II.6) y vertical (fig. II.7) son comúnmente utilizadas en los sistemas de radio móvil.

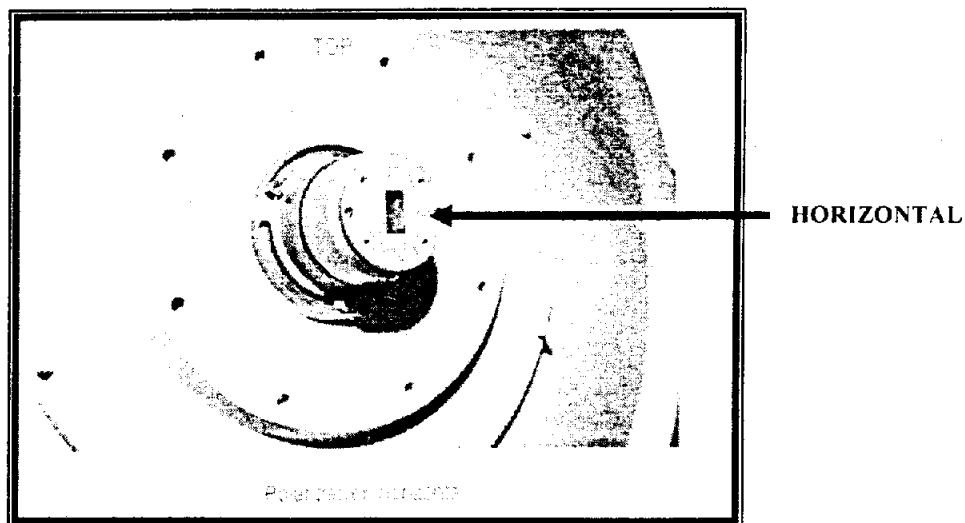


Figura II.6 Posición de la antena en polarización horizontal

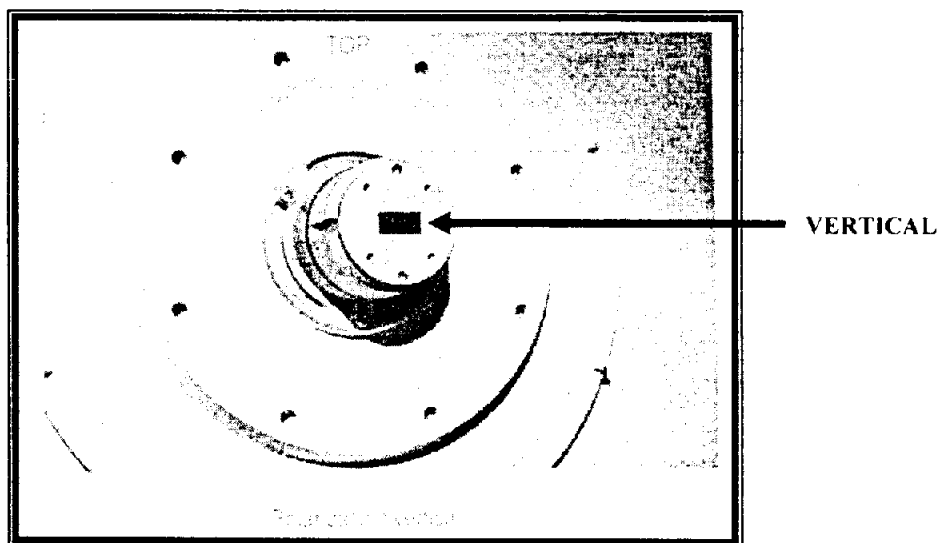


Figura II.7 Posición de la antena en polarización vertical

Finalmente en la figura II.8 se muestran los componentes de un equipo de microondas en su parte externa, el cual es instalado en una torre, o en un mástil sobre una estructura (por ejemplo un edificio) lo suficientemente alta para obtener la línea de vista.

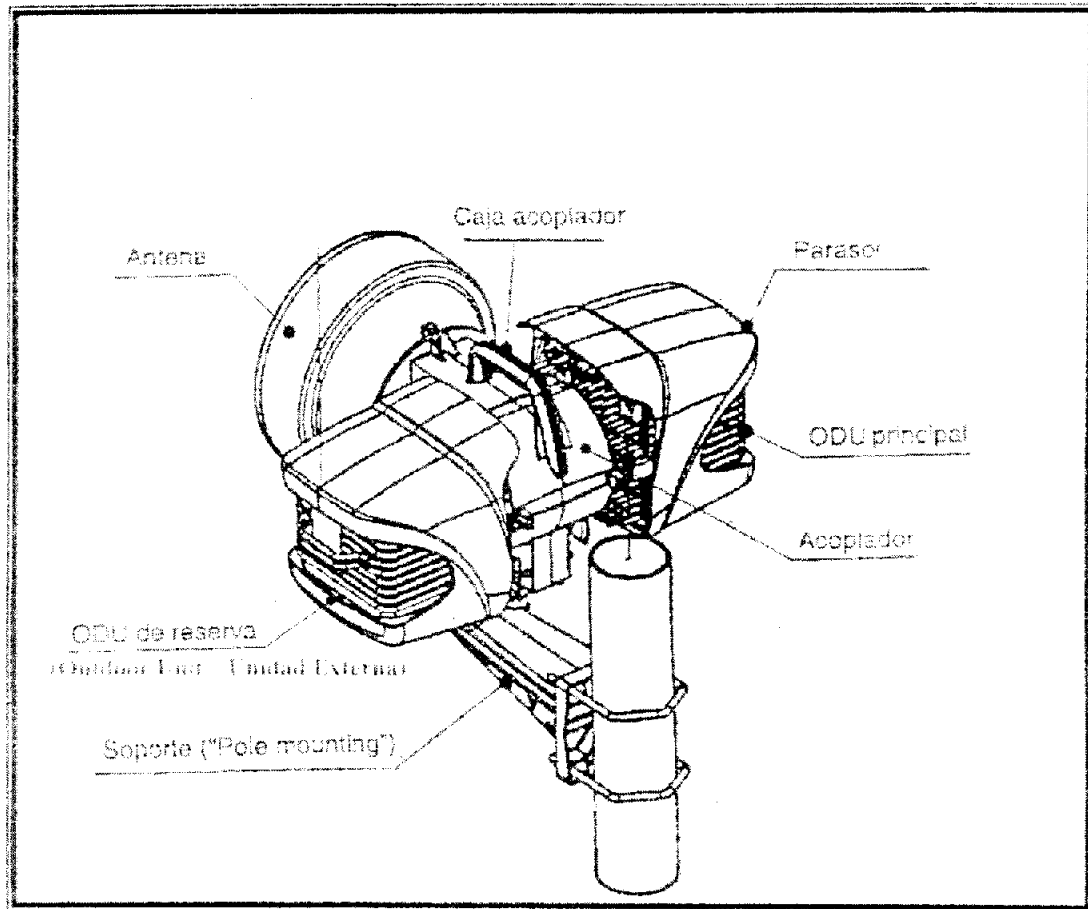


Figura II.8 Componentes principales del equipo externo de microondas

II.11 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE MICROONDAS

En el espectro de radiofrecuencia, para transportar energía con buen rendimiento se necesitan cables coaxiales o líneas de transmisión especiales de dos hilos e impedancia constante.

Cuando la frecuencia es superior a 3 GHz (longitud de onda de 10 centímetros), un tubo hueco, con un diámetro ligeramente superior a media longitud de onda (5 cm), puede ser utilizado como un aceptable espacio cerrado por el interior del cual se puede propagar la energía de dicha frecuencia y superiores. Este proceso es similar, en ciertos aspectos, a la propagación de las ondas de radio por el espacio a partir de una antena.

A estos tubos huecos se les llaman guía ondas (o guías de onda) y pueden ser redondos o rectangulares.

En las guías de onda redondas la polarización puede desplazarse (polarización circular, aquí el campo eléctrico gira en un patrón circular), por lo que la mayoría de estas toman la forma rectangular, con una altura de aproximadamente un medio de la anchura de la guía de onda para el modo de oscilación de corriente y tensión usualmente empleados (existen en los guía ondas varios modos posibles de oscilación). La anchura del guía ondas debe ser ligeramente mayor que la mitad de la longitud de onda a transmitir. Una banda de funcionamiento común es la conocida con el nombre de banda X (o banda de los 3 cm), cuyos límites superior e inferior son los 12.4 y 8.2 GHz respectivamente. El guía ondas para la banda X tiene aproximadamente una anchura de 3 centímetros y una altura de 1.5 cm. Otras bandas de frecuencias de microondas también han sido denominadas con letras (ver tabla II.1).

En la tabla II.1 se relacionan algunas de las designaciones más admitidas (no existe una designación normalizada de estas bandas). Mientras que las frecuencias superiores a la de funcionamiento de un guía ondas pueden propagarse por éste, las inferiores sufren una gran atenuación, por consiguiente, los guía ondas actúan como filtros de paso alto. En general presentan una impedancia característica de 50 Ω a la banda para la que han sido diseñados.

Los guía ondas se construyen de latón, cobre o aluminio, puesto que las corrientes en las paredes de los mismos oscilan únicamente en su superficie interna (efecto peculiar), las secciones

de baja pérdida deberán ser plateadas interiormente. Como las corrientes circulan sobre las paredes de los guía ondas y las tensiones se desarrollan entre los lados superior e inferior, no es posible medirlas con los aparatos de medida habituales.

En vez de ello, se toman muestras de los campos eléctricos y magnéticos desarrollados por las corrientes, introduciendo una sonda de prueba (antena) en el guía ondas. Las indicaciones obtenidas se pueden convertir en los valores buscados.

Banda	Rango de frecuencias (GHz)	Dimensiones de la guía de onda (cm)
L	1.12 – 1.70	16.510 X 8.255
S	2.60 – 3.95	7.620 X 3.810
G	3.95 – 5.85	4.750 X 2.210
C	4.90 – 7.05	4.039 X 2.019
J	5.85 – 8.20	3.480 X 1.575
H	7.05 – 10.0	2.845 X 1.262
X	8.20 – 12.4	2.286 X 1.016
M	10.0 – 15.0	1.905 X 0.953
P	12.4 – 18.0	1.575 X 0.787
N	15.0 – 22.0	1.295 X 0.648
K	18.0 – 26.5	1.067 X 0.432
R	26.5 – 40.0	0.711 X 0.356

Tabla II. 1

Al tratar radiofrecuencias siempre se piensa en la corriente recorriendo la superficie del alambre y en que la energía se radia cuando la impedancia de la antena se adapta a la del espacio. En el caso de las microondas, las corrientes y tensiones quedan relegadas a un papel secundario y se considera que las ondas electrostáticas y magnéticas radiadas, siempre las unas formando ángulo recto con las otras, son las que transportan la energía desde la fuente a la carga y las que se adaptan a la impedancia de la carga.

Los guía ondas se hacen de secciones de diversa longitud. Pueden ser rectos, como en la figura II.9, curvados en alguna dirección deseada (Figura II.10), torcidos un ángulo dado, o incluso hechos flexibles. A cada extremo de una sección del guía ondas existe una brida metálica plana, con un mecanismo muy preciso, que permite que una sección se acople a otra empernando juntas las bridas como se indica en la figura.

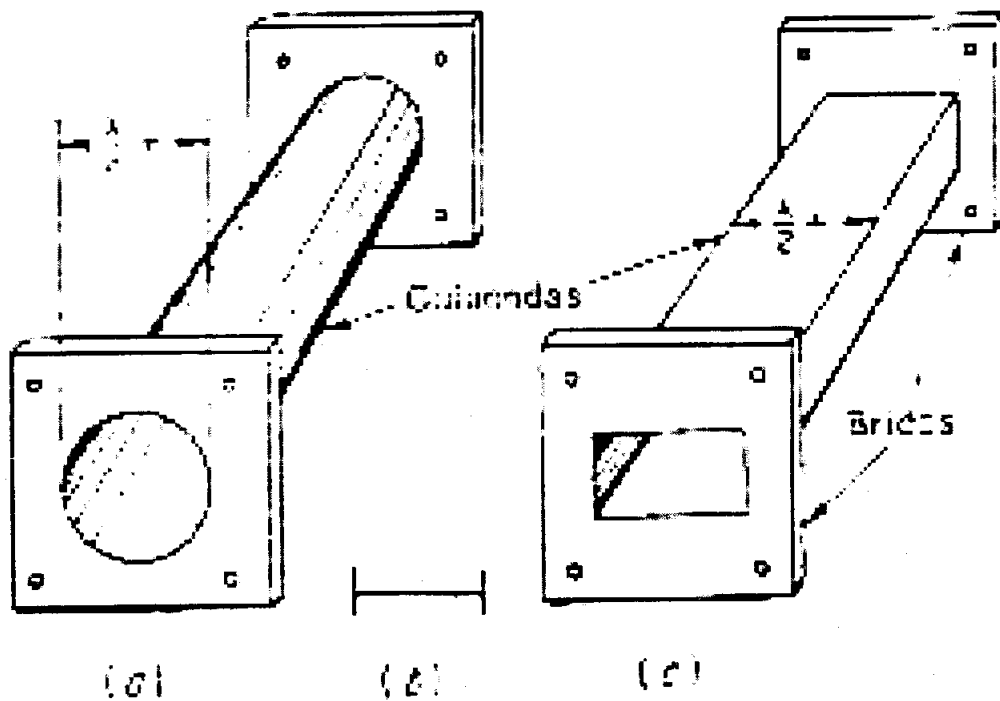


Figura II.9 a) guía ondas circulares, b) Símbolo de guía ondas, c) Sección de guía ondas rectangulares

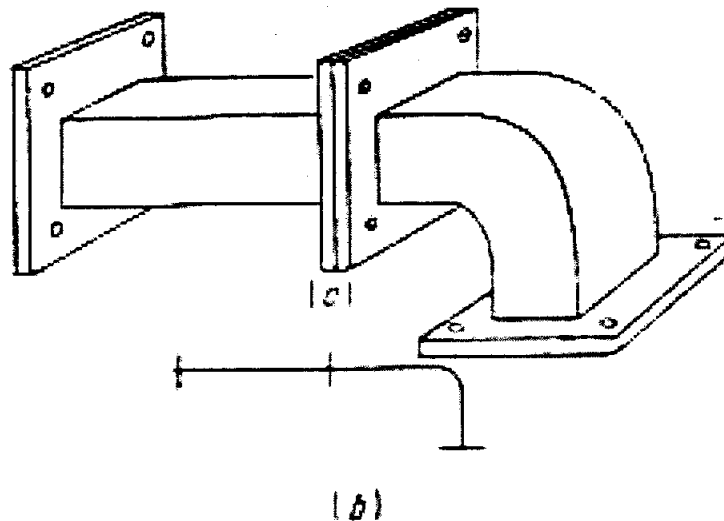


Figura II.10 a) Sección de recta acoplada a un codo de 90° b) La misma sección mostrada en forma esquemática

Las bridas planas se pueden poner a tope entre sí, pero para tener la menor cantidad de pérdidas y reflexiones en la unión una de ellas es una brida choque. En una brida choque una parte está mecanizada de tal modo que presenta una cavidad de media longitud de onda (Figura II.11).

De la teoría de antenas, en un adaptador de impedancias o una línea de transmisión, un punto situado a media longitud de onda de un punto de baja impedancia es otro punto de baja impedancia. El extremo ciego, que es la cavidad de media longitud de onda en la brida metálica, refleja una impedancia de 0Ω al espacio entre las secciones del guía ondas. Ello representa una continuidad perfecta entre dichas secciones y en consecuencia no hay reflexión de energía en la unión.

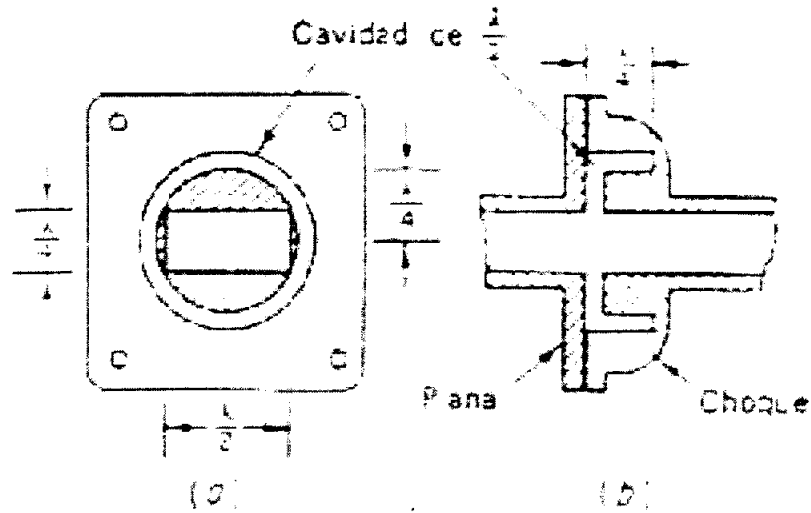


Figura II.11 Junta de choque. a) Vista de frente de la brida. b) Sección transversal de la unión de las bridas plana y de choque

Para líneas de transmisión de microondas pueden utilizarse cables coaxiales. Los cables de dieléctrico sólido tienen pérdidas elevadas a las frecuencias de microondas y los dispositivos de acoplamiento tienden a presentar discontinuidad y reflexiones de energía en el cable. Estas reflexiones producen ondas estacionarias en línea, con lo que no existe una completa transferencia de potencia de la fuente a la carga, así como puntos de alta y baja tensión a lo largo del cable, lo que tiene importancia en las aplicaciones de alta potencia. Sin embargo, cuando el camino que han de recorrer las ondas es sólo de algunos decímetros de longitud, los cables coaxiales se emplean a menudo hasta frecuencias de la sub-banda X.

Una microbanda es una línea de transmisión de microondas que consiste en una base metálica plana sobre la que se extiende un aislador, o material dieléctrico. Una tira delgada metálica se pone sobre el dieléctrico. La anchura, el espesor y la constante dieléctrica de la tira determinan la impedancia de este tipo de línea de transmisión (Figura II.12). Esta es una línea de transmisión de circuito impreso bastante manejable.

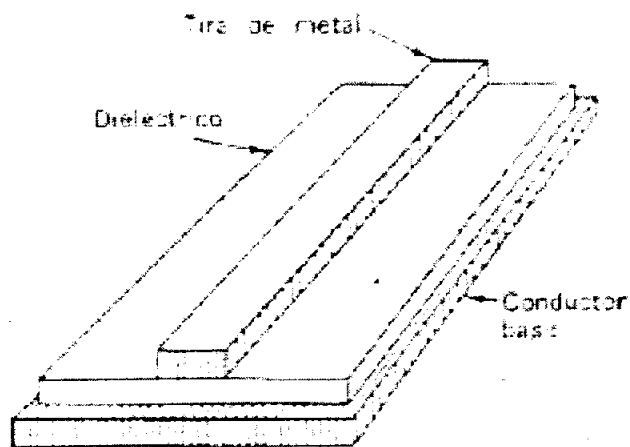


Figura II.12 Línea de transmisión microbanda

II.12 ALGUNOS DISPOSITIVOS GUÍAONDAS

Como con otras líneas de transmisión, terminando un guíaondas con una resistencia de carga igual a la impedancia característica de la guía, no produce energía reflejada y se transfiere a la carga la máxima potencia, si la adaptación de impedancia no es correcta, la reflexión puede aparecer como capacitiva o inductiva. Un saliente proyectado en sentido vertical (Figura II.13 a, b) tiene un efecto capacitivo, y se utiliza para conservar un efecto de reactancia inductiva. Si este saliente es mayor de un cuarto de longitud de onda, su efecto es inductivo, los salientes proyectados en sentido lateral (Figura II.13 c), tienen también un efecto inductivo.

La posición óptima de un tornillo de sintonía capacitivo, por ejemplo, se puede determinar sustituyendo la sección del guíaondas por un sintonizador de tornillo deslizante, el cual tiene una ranura a lo largo de su longitud. Por esta ranura puede deslizarse una sonda cuya penetración en el guíaondas es también ajustable.

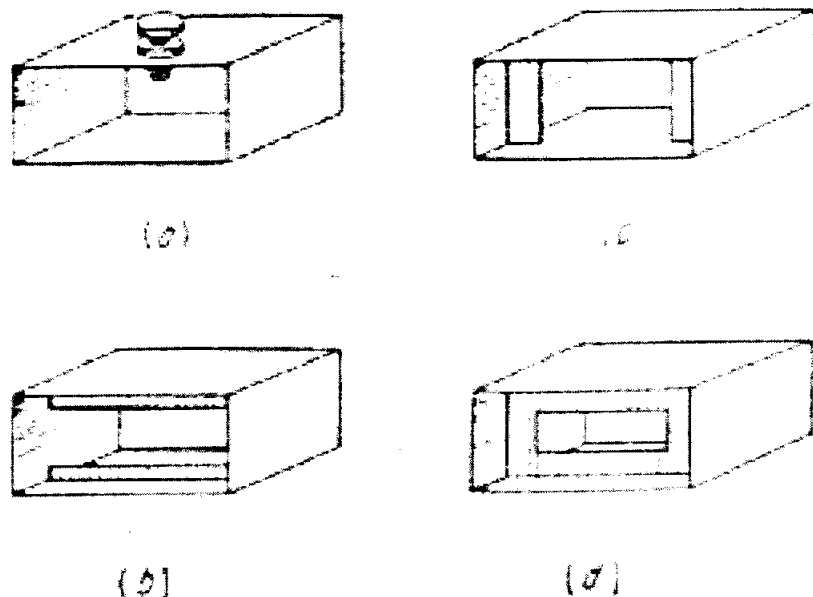


Figura II.13 a) Sonda capacitiva ajustable. b) Iris capacitivo. c) Iris inductivo. d) Ventana resonante o de desacoplamiento.

Con este dispositivo y buscando la menor relación de onda estacionaria se puede determinar la distancia óptima del tornillo a la carga, y la mejor profundidad de la sonda.

Una carga artificial que se utiliza en guíaondas consiste en una pirámide larga de material carbonizado o de hierro, con una arista aguda para evitar que se produzcan reflexiones (Figura II.14 a). La pirámide absorbe la energía que incide sobre ella, no permitiendo que se refleje ninguna. Otra forma de carga resistiva de baja potencia es una lámina de dimensiones que crecen de modo gradual recubierta de material resistente (Figura II.14 b).

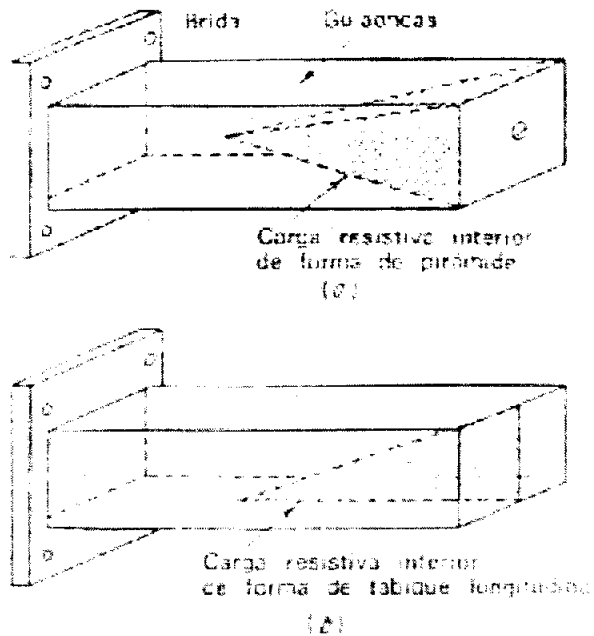


Figura II.14 Cargas de baja potencia para guíaondas. a) Tipo de pirámide. b) Tipo de tabique longitudinal resistivo

Las cargas artificiales para potencias más elevadas se enfrían con agua, aceite o aire. Cuando se desea perder una fracción de la potencia que se transporta por el guíaondas, se pueden utilizar atenuadores de aleta o de tabique longitudinal (Figura II.15).

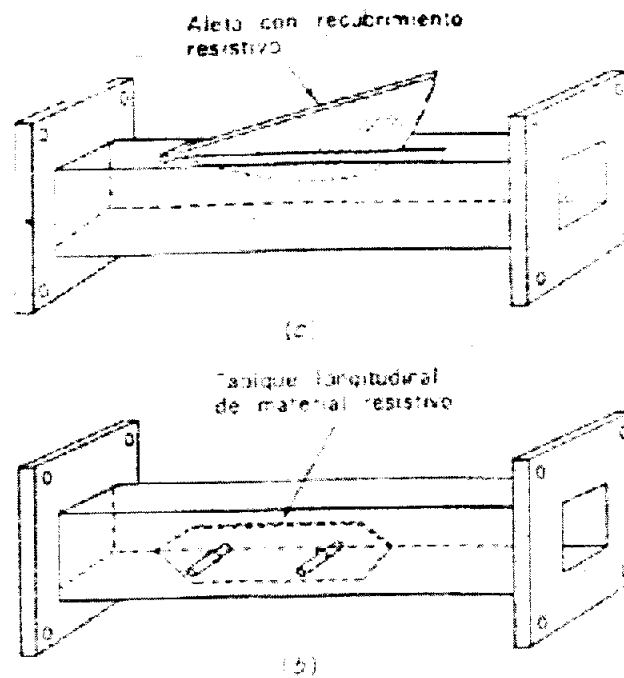


Figura II.15 Atenuadores de guíaondas. a) Tipo de aleta; la máxima atenuación se consigue con la aleta bajada. b) Tipo de tabique longitudinal; la máxima atenuación se obtiene con el tabique casi en el centro del guíaondas

Cuando se hacen mediciones de microondas, como puede ser, ver la frecuencia en un analizador de espectro de un transmisor el cual a su salida tiene conectada un guíaondas, a menudo se necesita introducir cierta atenuación (reducción de la densidad de potencia de la onda), ya que la mayor parte de los aparatos que se utilizan operan sólo con miliwatts de manera que sólo se mide una muestra de la señal a baja potencia para no dañar el aparato de medición, debido a que en muchas aplicaciones prácticas se opera con varios watts de potencia media, la cual es suficiente para quemar el equipo de pruebas.

Estos atenuadores reducen la señal desde 0 dB (sin reducción) a más de 30 dB (una milésima de la potencia).

Soldando juntos dos trozos de guíaondas y abriendo entre ellos uno o más agujeros se obtiene un acoplador direccional (Figura II.16).

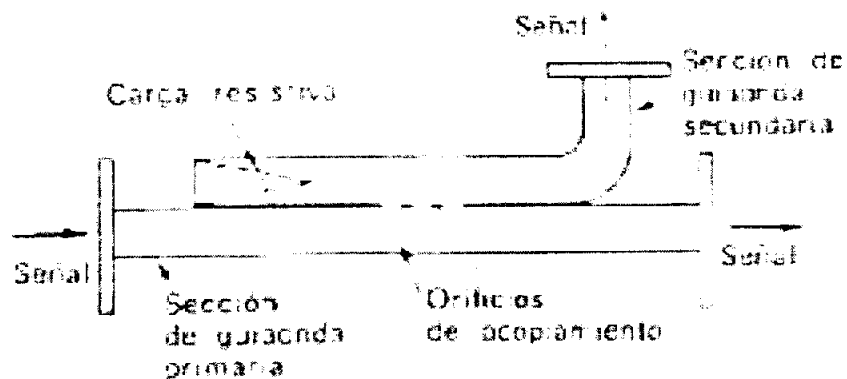


Figura II.16 Acoplador direccional de guíaondas

Cuanto mayores sean los agujeros, o mayor sea el número de ellos, mayor será la potencia transferida a la sección de guíaondas secundaria. Si dos agujeros se encuentran separados un cuarto de longitud de onda, la propagación es de tal forma que la mayoría de la energía transferida a la sección secundaria, o acoplada será en la dirección directa. Una carga artificial en el extremo en la dirección inversa absorbe cualquier transmisión en esta dirección, haciendo que el acoplador lo sea en la dirección directa, estos dispositivos están especificados en decibelios. Un acoplador de 3 dB transmite a la sección secundaria un medio de la potencia, un acoplador de 10 dB transmite un décimo de la potencia. Uno de 20 dB la centésima parte de la potencia. Una entrada de 1 kW a un acoplador de 30 dB acopla a la sección secundaria una milésima parte de la potencia, o sea 1 W, mientras que a través de la sección primaria pasan 999 W.

Dos acopladores direccionales colocados uno inversamente al otro, pueden tomar muestras de la energía que se desplaza hacia la carga y la reflejada por ésta. A partir de estos valores se pueden hallar el coeficiente de reflexión y la relación de onda estacionaria.

En la figura II.17 se muestra una representación simbólica de un reflectómetro de este tipo.

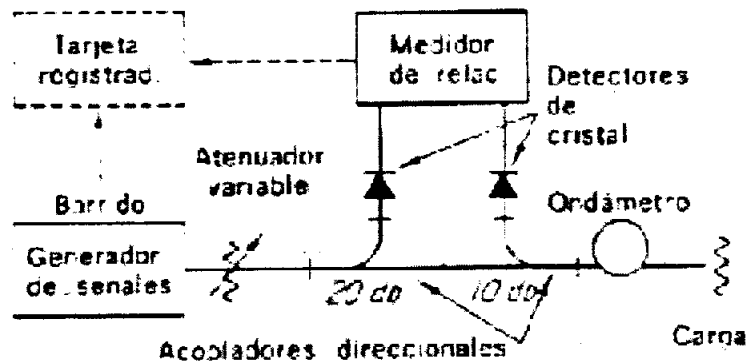


Figura II.17 Reflectómetro. Las unidades y conexiones representadas por líneas de trazos se utilizan si se va a registrar una banda de frecuencias con un generador de barrido

II.13 ACOPLAMIENTO DE GUÍAONDAS

Además de los agujeros entre secciones de guíaondas, utilizados en los acopladores direccionales, existen otros dos procedimientos de uso corriente para acoplar energía desde, o a, un guíaondas. Uno de ellos es análogo al acoplamiento de eslabón (Figura II.18 a). La energía de una línea coaxial termina en un lazo de una sola vuelta conectado a las paredes del guíaondas. Los campos magnéticos debidos a la corriente en este lazo inducen tensiones en el espacio del guíaondas y corrientes en las paredes, permitiendo que la energía se radie a lo largo del guíaondas. Un método alternativo es el que se representa en la Figura II.18 b, en el que la terminación de la línea coaxial es en esencia, una antena vertical de un cuarto de longitud que se proyecta en el espacio del guíaondas. La energía radiada por esta sonda se transmite a lo largo del guíaondas. En ambos casos se consigue un refuerzo de la energía transferida si el dispositivo acoplador se encuentra a un número impar de cuartos de longitud de onda del extremo cerrado del guíaondas. El extremo cerrado actúa como un reflector parásito. En los guíaondas que contienen dispositivos acopladores, el extremo próximo será a menudo ajustable o sintonizable, para asegurar la máxima reflexión desde dicho extremo.

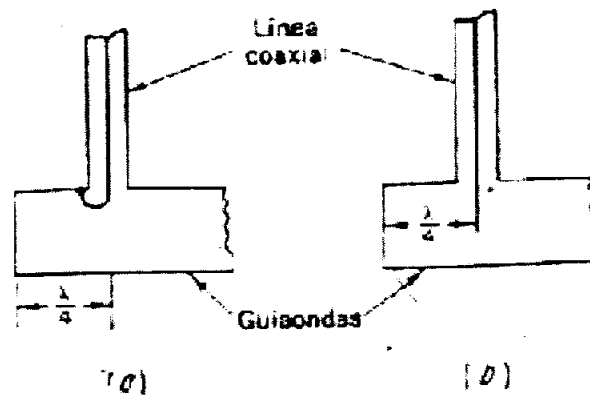


Figura II.18 Acoplamiento de una línea coaxial a un guíaonda. a) Método utilizando en espira o gancho. b) Método utilizando una sonda - antena

II.14 DISPOSITIVOS DETECTORES

Para apreciar la amplitud de la energía de c-a de frecuencia super alta (SHF) en los guíaondas, se utiliza un diodo de cristal en un guíaonda detector (así se le llama a la extensión de guíaonda que tiene un orificio o ranura en donde se coloca el diodo de cristal para tomar muestras de la señal) montado a través del guíaonda principal (Figura II.19 a), se recoge una muestra de la energía de c-a se rectifica, de modo que puede actuar sobre aparatos de medición, indicar la modulación, etc.

Los bolómetros son unos dispositivos que cambian su resistencia cuando se calientan. Los que tienen un coeficiente de temperatura positivo se llaman barreters o resistencias autorreguladoras, o en realidad son unos simples hilos de resistencia muy sensible montados en guíaondas (Figura II.19 b). Otro tipo de bolómetro es el termistor, que es una pequeña cuenta de semiconductor entre dos hilos conductores (Figura II.19 c). Estos tienen coeficiente de temperatura negativo. La energía de c-a, que pasa a lo largo del guíaonda calentará el elemento bolómetro. Si el bolómetro se utiliza como un cuarto brazo de un puente que está equilibrado cuando el bolómetro está frío, la cantidad de desequilibrio introducida indicará el valor relativo de la energía de c-a en el guíaonda.

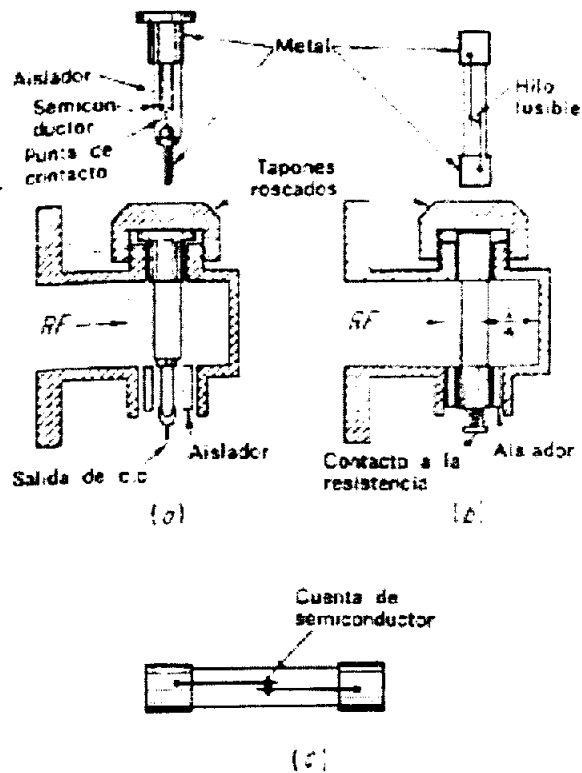


Figura II.19 a) Cristal de microondas y su colocación en un montaje detector. b) Barreter y su montaje. c) Termistor.

El barreter se utiliza para niveles de energía elevados, el termistor al ser más sensible, se emplea para medidas de niveles de energía más bajos. Los bolómetros reaccionan lentamente y se limitan a indicar únicamente frecuencias moduladoras muy bajas. Los detectores de cristal se utilizan cuando se desean presentar en un osciloscopio pulsos o envolventes de modulación.

II.15 KLISTRONES

Para amplificar la c-a de microondas se utilizan cuatro tipos importantes de tubos de vacío. Estos son los klistrones, los magnetrones, los tubos de onda progresiva y los osciladores de onda progresiva.

Existen dos tipos básicos de klistrones, los réflex (osciladores) y los de cavidades múltiples (amplificadores). Los klistrones réflex de baja potencia producen un bombardeo de electrones a partir de un cátodo caliente que es enviado a una cavidad cilíndrica con rejillas en sus partes superior e inferior (Figura II.20).

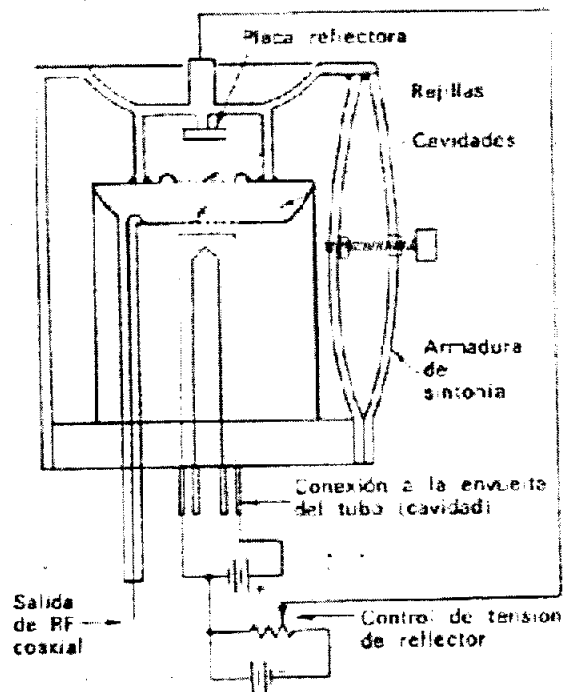


Figura II.20 Klistrón reflex. La longitud de sonda de RF que se introduce en el guíaondas determina el acoplamiento. Atornillando las armaduras para reunir las rejillas de la cavidad aumentando la frecuencia

Si la cavidad se encuentra oscilando, en un instante dado, la rejilla superior será positiva y la inferior negativa. En estas condiciones los electrones que se encuentran recorriendo la cavidad se agrupan hacia la placa reflectora de la parte superior. Puesto que

el reflector es negativo, los electrones ya agrupados se devuelven a la cavidad en una fase tal que aumentan la intensidad de la oscilación de la cavidad. Si el reflector no tiene la tensión adecuada, los electrones agrupados retornarán fuera de fase y no se producirán oscilaciones. Las oscilaciones de la cavidad pueden producirse con distintas tensiones de reflector, algunos de estos modos de oscilación son más intensos que otros.

La frecuencia de oscilación se puede variar algunos centenares de megahertzios (en la banda X) si se separan físicamente las rejillas deformando la cavidad en su parte central. Con ello se reduce la capacidad del centro de la cavidad y se aumenta la frecuencia. La frecuencia puede también variarse electrónicamente algunos megahertzios cambiando ligeramente la tensión del reflector a partir del valor original lo que produce una frecuencia de salida mayor o menor dependiendo de la variación de voltaje.

La modulación de la tensión del reflector en 1 ó 2 volts, es un procedimiento simple y rápido de producir en estos klistrones una modulación de frecuencia de banda ancha.

Los klistrones réflex originales producen solamente algunos milivatios de potencia de salida y son de muy poco rendimiento. Los tubos más modernos, como el de la figura II.21, pueden producir una potencia más considerable. Sin embargo, cuando se necesitan altas potencias se utilizan klistrones de tres o cuatro cavidades. Estos alcanzan un rendimiento del 20 al 50 por ciento.

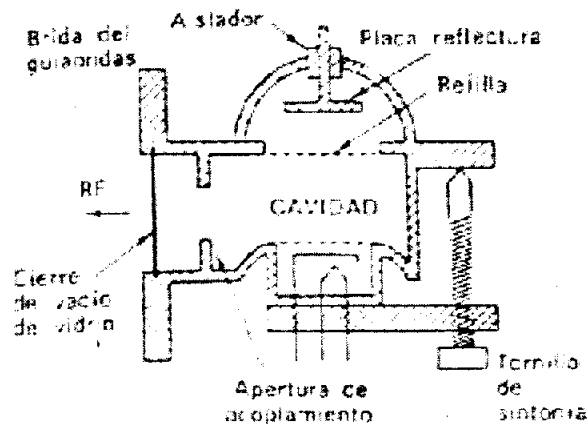


Figura II.21 Klistrones réflex con un montaje de guíaondas

En la figura II.22 se muestra un Klistrón de potencia de tres cavidades sin rejilla. Los electrones son emitidos por el cátodo y atraídos por el colector y el ánodo modulador. Sin embargo, una bobina de enfoque magnético alrededor del tubo fuerza a los electrones hacia el colector, a través de las cavidades que están conectadas entre sí exteriormente. Al pasar por la primera cavidad el chorro de electrones, empiezan éstos a ser agrupados por efecto de las oscilaciones de c-a de la señal de entrada existentes en dicha cavidad. Los electrones agrupados se desplazan a través del primer espacio de agrupamiento, en donde continúan mejorando este agrupamiento, hasta la segunda cavidad, la cual es resonante a la misma frecuencia y produce un agrupamiento aún mayor. Los electrones ya bien agrupados, pasan la tercera cavidad, o de salida, entregando a su circuito tanque la mayor parte de su energía. Los electrones continúan hasta incidir en el ánodo colector, el cual está refrigerado por agua o por aire.

Modificando las dimensiones de las cavidades exteriores se puede variar entre límites amplios la frecuencia de funcionamiento de estos tubos. Los klistrones réflex se emplean como osciladores mezcladores en superheterodinos de microondas o en generadores de señales.

Los klistrones amplificadores de potencia pueden producir de 10 a 50 kW de potencia a frecuencias super altas. Encuentran uso en transmisores de TV, radar (produciendo potencias de pico de megawatts) y comunicaciones troposféricas dispersas transhorizonte.

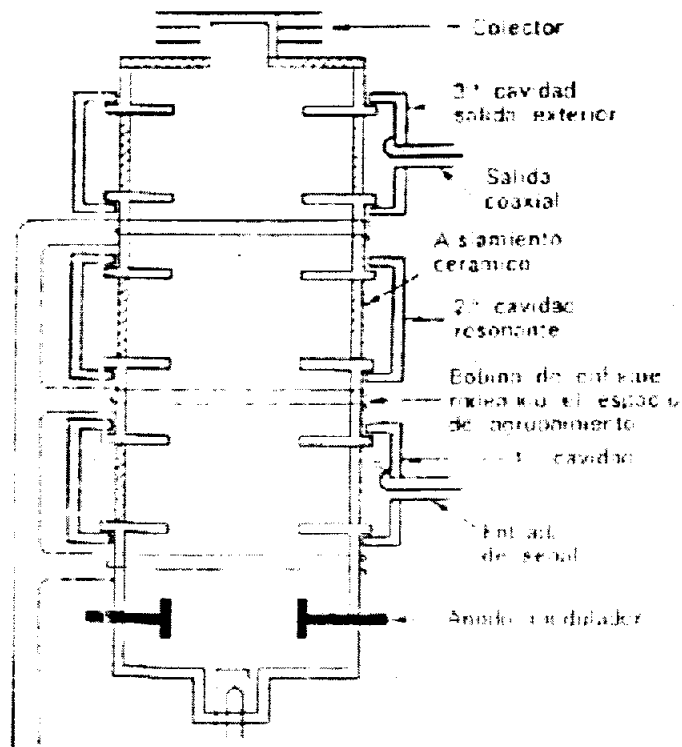
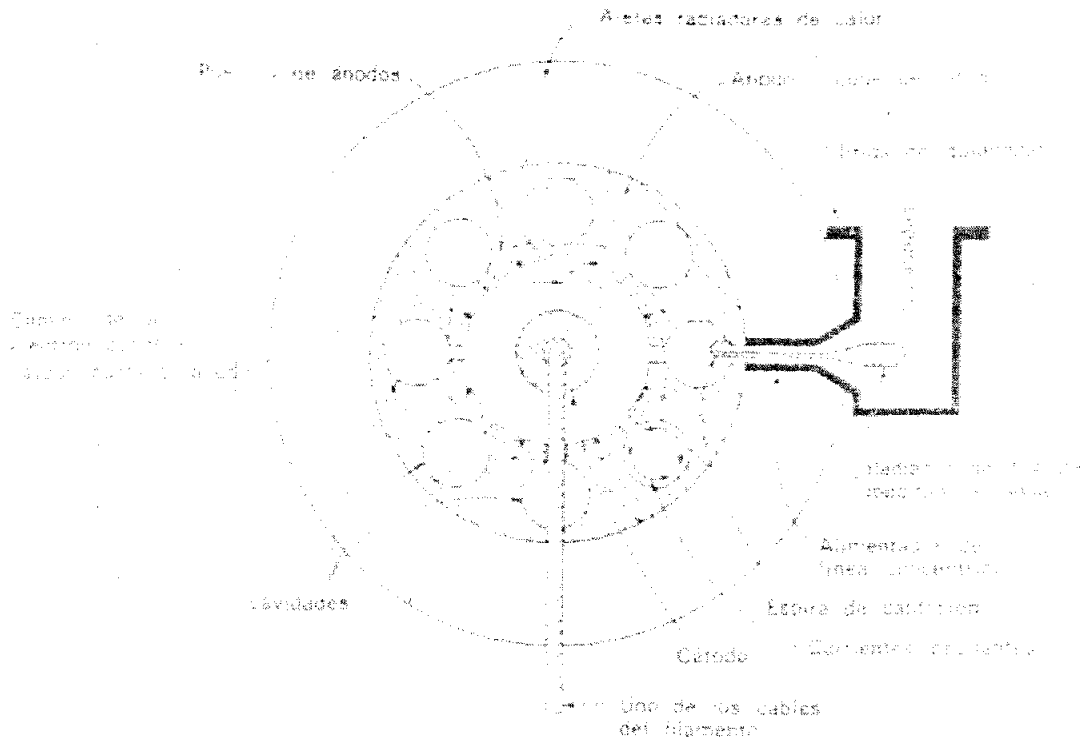


Figura II.22 Klistrón amplificador de potencia. Los tubos de este tipo llegan a alcanzar alturas de más de 3 metros.

II.16 MAGNETRONES

El magnetrón fue desarrollado para producir impulsos de microondas de alta potencia con destino a la antena. Un magnetrón puede imaginarse como un bloque de latón cilíndrico de unos 6 cm de diámetro y unos 4 cm de espesor con un agujero grande en el centro y ocho más pequeños entre el centro y el borde exterior



(Figura II.23).

Figura II.23 Esquema básico de un magnetrón multicanal

Unas ranuras ponen en comunicación el agujero grande con los pequeños. Ambos extremos están cerrados con placas terminales.

Los agujeros pequeños forman cavidades, cuando el magnetrón está en funcionamiento, los electrones recorren un camino hacia delante y hacia atrás a lo largo de las paredes de las cavidades, como se indica con flechas en una de ellas.

En el centro del agujero central se encuentra un cátodo cilíndrico con un alambre de calefacción interna. Un cable está conectado al extremo más próximo del filamento de calefacción; otro cable está conectado al extremo más alejado.

Un pequeño gancho en una de las cavidades actúa como una espira de captación para este tubo particular, extrayendo energía de microondas de esta cavidad (y con ello de todas las demás) cuando oscila. Esta energía alimenta a una línea de transmisión concéntrica corta, la cual termina en un radiador de un cuarto de longitud de onda que penetra en el extremo de un guíaondas.

El bloque del magnetrón actúa como ánodo o placa y está conectado a tierra. Cuando llega un impulso al tubo, el cátodo se hace de 10 a 20 kV negativo. Esto hace a la placa relativamente positiva, y los electrones procedentes del cátodo caliente empiezan a dirigirse a ella. Sin embargo, un fuerte imán permanente de forma de herradura situado exteriormente, con su polo norte en un extremo del cátodo y su polo sur en el otro extremo, produce un campo magnético intenso en la dirección del agujero central. Según la regla de la mano derecha para motores, los electrones se desvían formando un ángulo recto con las líneas de fuerza que atraviesan.

Ello da como resultado el que, tal como se muestra, los electrones recorran un camino elíptico según progresan hacia el área del ánodo.

El potencial positivo del ánodo acelera los electrones hacia él, esto equivale a decir que los electrones recogen energía de la diferencia de potencial. Cuando los electrones dan vueltas al pasar por las ranuras en el área del ánodo, inducen tensiones entre las caras de ellas, que ponen a las corrientes en oscilación a lo largo de las superficies de las paredes de las cavidades.

De este modo la energía de los electrones del cátodo se transfiere a las corrientes oscilantes de las cavidades, todas las cavidades tienen el mismo tamaño y oscilan a la misma frecuencia.

Sin embargo, las cavidades adyacentes tienen a cada momento corrientes en direcciones opuestas.

Se ha encontrado que conectando, mediante puentes, las cargas alternas del ánodo como se muestra en la figura II.17, en líneas de trazos, se aumenta el rendimiento a un 50%, aproximadamente, mientras que en un magnetrón sin estas conexiones, vienen a ser de un 35% solamente.

Un magnetrón puede tener una potencia media de salida de únicamente 20 watts, pero cuando se utiliza en circuitos de impulsos puede producir impulsos de una potencia extremadamente alta. Por ejemplo, si un magnetrón de 20 watts se pulsa 1,000 veces por segundo y cada impulso tiene una duración de sólo 1 μ s, el tiempo total de funcionamiento es únicamente de 1/1,000 s. Cada impulso puede, por tanto, tener una potencia de pico de 20,000 watts. Si se pulsa sólo 500 veces por segundo con impulsos de 1 μ s, cada impulso puede tener 40,000 W, sin exceder el valor de los 20 watts de disipación de potencia media del tubo. La frecuencia de resonancia de una cavidad se puede aumentar reduciendo el volumen de la misma mediante la introducción en ella de émbolos o varillas.

Algunos magnetrones se hacen de frecuencia variable introduciendo émbolos simultáneamente en todas las cavidades. Otros magnetrones se sintonizan electrónicamente variando su tensión de ánodo, por ejemplo, un magnetrón de baja potencia puede variar su frecuencia desde 400 a 1,200 MHz cambiando su tensión de ánodo desde 700 a 1,900 V.

II.17 TUBOS DE ONDAS PROGRESIVAS Y OSCILADORES DE ONDA REGRESIVA

El tubo de ondas progresivas, o amplificador de ondas progresivas, es un tubo de microondas que se puede sintonizar electrónicamente sobre una banda de frecuencias relativamente ancha. Consiste en un cañón con enfoque electrónico que envía un haz de electrones a lo largo del eje de una bobina espiral helicoidal, hasta llegar al ánodo en el extremo más alejado (Figura II.24).

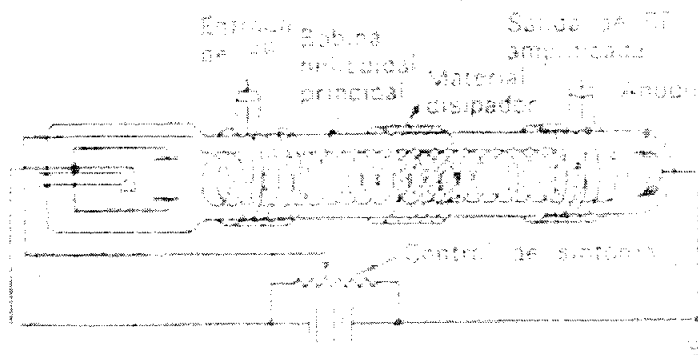


Figura II.24 Tubo de ondas progresivas

Tanto la bobina helicoidal como el ánodo y el cañón electrónico se encuentran en una envuelta de vidrio a la que se le ha hecho el vacío. El ánodo y la bobina helicoidal se hacen muy positivas con respecto al cátodo para impulsar a los electrones a lo largo del centro de la bobina helicoidal. Exteriormente a la envuelta de vidrio en la que se ha hecho el vacío, se deslizan otras dos bobinas helicoidales adicionales, las cuales constituyen los dispositivos de acoplamiento de entrada y salida con una impedancia de 50Ω .

Cuando una señal de microondas se induce, por medio del acoplamiento de entrada, en el extremo de la izquierda de la bobina helicoidal principal, viaja a lo largo de la superficie de este alambre a una velocidad que es esencialmente la de la luz. Sin embargo, puesto que la bobina es helicoidal, la velocidad real de propagación a lo largo del tubo es considerablemente menor que la de la luz.

Si se alimentan electrones a lo largo del eje de la bobina helicoidal principal, a una velocidad ligeramente superior a aquella con que la onda de señal avanza por la bobina, los electrones y la onda tienen entre sí acciones recíprocas, de tal modo, que los electrones en el interior de la bobina se van agrupando según van avanzando a todo lo largo de la misma.

Esto da como resultado el que algunos de los electrones reducen su velocidad y entregan gran parte de su energía a la onda inducida en la bobina helicoidal principal. Cuando las ondas activadas de la bobina pasan por el dispositivo de acoplamiento de salida, inducen energía en él. La ganancia de los tubos de ondas progresivas va de 30 a 60 dB. Las potencias de salida pueden ser desde miliwatts hasta 10 watts, o incluso superiores.

No existen cavidades en los tubos de onda progresiva, la única sintonía requerida es mantener el potencial de la bobina helicoidal en un valor óptimo de sincronismo. Para evitar que el haz de electrones sea atraído a la bobina helicoidal positiva, a lo largo del centro de ésta se desarrolla un fuerte campo axial (campo en la periferia) permanente electromagnético por medio de imanes exteriores (no representados). Este campo magnético enfoca electrones y los mantiene en el centro del área de la bobina helicoidal principal.

Para evitar que la energía amplificada entorne por la bobina desde el dispositivo de salida al de entrada, lo que produciría oscilaciones, se coloca un atenuador disipador alrededor de la envuelta de cristal que rodea la bobina helicoidal principal. Sin este atenuador, y con sólo un dispositivo de acoplamiento, el tubo de ondas progresivas será esencialmente lo mismo que un tubo oscilador de ondas regresivas. Un oscilador de ondas regresivas, puede operar con un rendimiento relativamente alto y es sintonizable variando la tensión de la bobina helicoidal. Por ejemplo, un tubo se puede sintonizar en una octava y media (desde 1 a 3 GHz), variando la tensión de la bobina helicoidal desde 300 a 2,000 V. Una variación de tensión de este orden da como resultado una amplitud de salida desigual sobre el margen de funcionamiento. Es necesario utilizar un circuito limitador o nivelador para mantener una salida de amplitud igual para todas las frecuencias.

El oscilador de onda regresiva representado en la figura II.25 utiliza una bobina helicoidal bifilar (de dos hilos), y tiene una salida equilibrada.

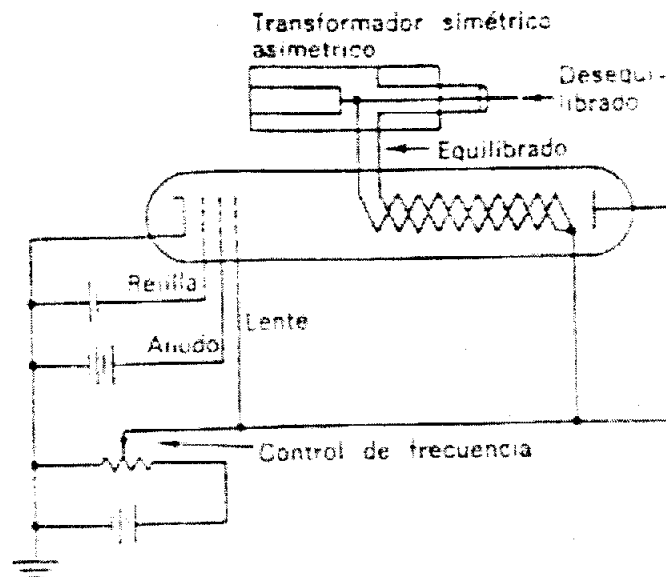
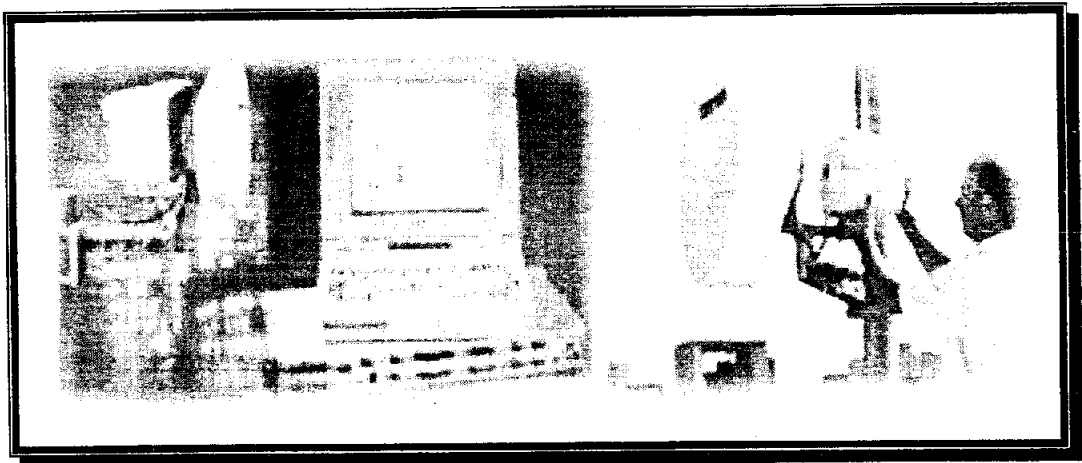


Figura II.25 Oscilador de ondas regresivas de bobina helicoidal bifilar con transformador simétrico - asimétrico para convertir la salida de equilibrada en desequilibrada

Para acoplarlo a una línea no equilibrada, como es un cable coaxial, y para convertirlo, si se desea, a alguna otra impedancia, se debe emplear un transformador simétrico - asimétrico. Este transformador puede formar parte del equipo que viene incluido en el tubo oscilador de ondas regresivas.

CAPITULO III

DISEÑO DE INGENIERÍA.



III.1 ESTUDIO DE LÍNEA DE VISTA

Es conveniente saber, antes de empezar con la explicación de lo que es un estudio de línea de vista, explicar que es línea de vista.

Se le llama línea de vista (hablando de enlaces de microondas) precisamente al efecto de tener un vista clara entre dos puntos a enlazar, es decir estando en un punto A poder observar el otro punto B como se muestra en la figura III.1A.

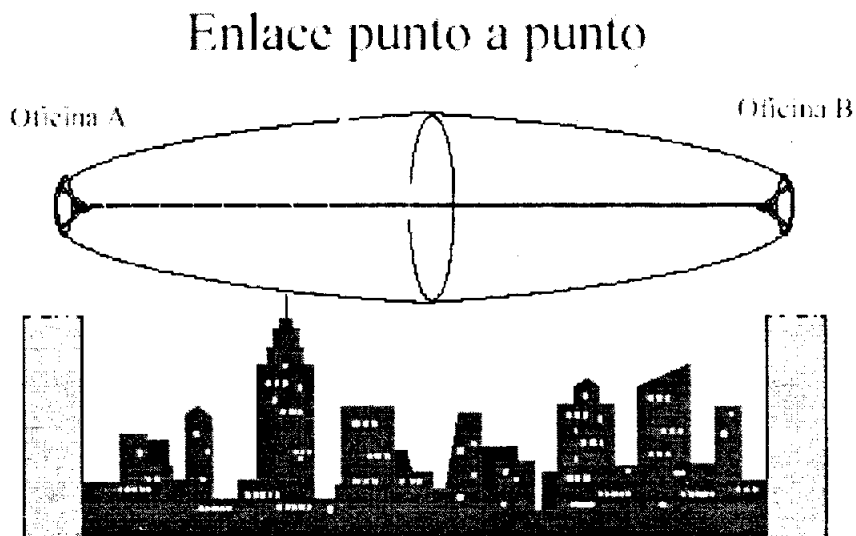


Figura III.1A Línea de vista entre dos puntos

El propósito general de un estudio de línea de vista es determinar la banda en frecuencia a utilizar, el equipo que se requeriría emplear, las alturas a las cuales se deberán colocar las antenas y la sugerencia de implementaciones a la infraestructura existente para que se garantice una comunicación de una calidad y disponibilidad adecuadas a la aplicación final. Para lograr lo anterior se deberá determinar la topografía del terreno entre los puntos a enlazar, identificar los obstáculos existentes y las condiciones de propagación para la frecuencia a utilizar.

El estudio de línea de vista se distribuye en dos campos, el estudio de la infraestructura disponible en los sitios a conectar (Site Survey), así como las características y problemas de la trayectoria del enlace (Path Survey).

En el caso de enlaces urbanos es necesario hacer mayor énfasis en la resolución de las curvas de nivel (estas curvas son propias del equipo y relacionan un nivel de potencia con otro parámetro más fácil de medir el cual generalmente es un voltaje de corriente directa) y de las edificaciones existentes y sus características a la fecha, por lo que se hace indispensable una evaluación directa de las alturas de los obstáculos en la trayectoria. De acuerdo a la información topográfica, los obstáculos y la banda en frecuencia propuesta son realizadas simulaciones en la computadora para la obtención de las alturas y dimensiones óptimas de las antenas.

El estudio de los sitios arrojará recomendaciones enfocadas a la aplicación, mejora ó implementación de estructuras de soporte, tipos de superficie, recorridos de cableado, montaje de equipos, etc.

METODOLOGÍA A UTILIZAR

Análisis Preliminar. La metodología empleada considera, en su primer etapa, un análisis preliminar en el que se consideran los puntos a enlazar, su ubicación geográfica y las necesidades de disponibilidad (también llamada confiabilidad del sistema y se representa en por ciento, siendo la más común 99.999% en condiciones adversas del medio ambiente) planteadas por el cliente, de tal forma que con la ayuda de cálculos hechos por computadora se obtenga la mejor combinación de equipos a fin de cubrir las expectativas.

Para ello se recurre a la toma de coordenadas geodésicas auxiliados por un aparato de medición llamado DGPS (Diferential Global Posicion System – Sistema Diferencial de Posición Global).

El cálculo previo del trayecto es un análisis usado para preparar un diseño preliminar del enlace, dichos cálculos son genéricos y no deberán usarse como consideraciones finales de ingeniería de enlace.

Este estudio es usado para preparar un presupuesto de un sistema definido y detallado. Los requerimientos técnicos y económicos son evaluados a partir de la información contenida en este cálculo y serán la base para una cotización detallada de los equipos.

Perfil del Enlace. Una segunda etapa consiste básicamente de la determinación del perfil del enlace, tomando en cuenta para ello la ayuda de soluciones cartográficas. Teniendo acceso a los mapas se localizan los dos puntos a enlazar y se toman datos correspondientes a las alturas absolutas sobre el nivel del mar con su correspondiente distancia hasta el punto tomado como inicio del enlace. Dichas alturas son mostradas en las cartas como curvas de nivel que tienen separaciones dependientes de la escala empleada. Las escalas más comunes para el análisis topográfico son 1:50000 y 1: 10000, permitiendo estas últimas una mayor precisión del relieve del terreno. Entonces se toman la mayor cantidad de puntos dependiente de las curvas de nivel presentes entre los dos puntos. Con la unión de estos puntos se obtiene un despliegue en dos dimensiones del terreno comprendido entre los dos puntos de interés definiendo así el perfil topográfico o del terreno.

Una vez obtenido el perfil topográfico es necesario anexar a este la altura y tipo de las estructuras existentes que obstaculizan la trayectoria para lo que se recurre a una inspección y medición directas e inclusive ante puntos críticos se realiza una verificación de su ubicación geográfica.

Cálculo de Altura de Antenas. Los datos obtenidos en el perfil son capturados en el software Path Loss (programa de ingeniería que realiza los cálculos y consideraciones de un enlace de microondas) y considerando datos como criterios de libramiento, curvatura de la tierra, región de precipitación, parámetros del equipo propuesto, etc., son determinadas las pérdidas en la trayectoria con lo que se definen las alturas finales de las antenas en ambos sitios a fin de minimizar dichas pérdidas. El análisis así realizado podría mostrar inclusive la necesidad del empleo de otras modalidades como la diversidad en frecuencia, en espacio, etc.

Análisis del Sitio. El análisis del sitio incluirá la ubicación aproximada del sitio en mapas o croquis de la región a fin de determinar las vías de acceso a los sitios así como la consideración del tipo de transporte más adecuado para el traslado.

El equipo propuesto requerirá de una infraestructura para su montaje y puesta en marcha para lo que se hace necesaria una supervisión del sitio asignado o propuesto para la instalación del equipo.

En dicha supervisión se considera el tipo de alimentación de que se dispone, la trayectoria que describiría el cableado de banda base o la línea de transmisión según dependa, el tipo de torre existente, el tipo de construcción y las posibles necesidades para la adecuada instalación del equipo, tanto de interior como de exterior de acuerdo a las características del equipo a emplear.

Ante la inexistencia de una infraestructura se harían las observaciones y sugerencias pertinentes al tipo de equipo propuesto, así como en un primer plano se proporcionarían datos a las compañías que tomarían a su cargo el análisis de la obra civil.

Informe. Los resultados obtenidos en el análisis preliminar muestran una idea general de lo factible del enlace, estos de inicio indicarían la conveniencia de continuar con el análisis del enlace.

El informe final contendrá toda la información obtenida en la supervisión de los sitios así como el análisis de ingeniería para la o las propuestas resultantes.

En adición al análisis final del enlace, el reporte final de inspección/ingeniería incluye lo siguiente:

- Planos trazados de cada sitio inspeccionado.
- Información específica del sitio si la hay, como accesos particulares, instalaciones aledañas. Esto será anotado en la descripción del sitio del reporte.
- Descripción y localización del montaje de la antena, por ejemplo: montaje en torre, a pared y/o mástil. Alturas de antenas recomendadas, así como tipos y longitudes de cables de banda base y/o líneas de transmisión.
- Cualquier problema obvio o potencial en las instalaciones existentes será documentado y fotografiado.
- Alturas reales de torres basadas en trayectos inspeccionados.
- Verificación de coordenadas geodésicas, elevación y cualquier obstrucción en el trayecto particular.

-
- Puntos críticos en el enlace, documentados y fotografiados.
 - Cálculos de enlace que proveerán los datos para evaluar la trayectoria propuesta.
 - Dibujo vertical de cualquier torre existente, cualquier antena existente, su altura, tipo azimuth aproximado.
 - Superestructura para determinar enrutamiento de cable de banda base o línea de transmisión y la determinación de su longitud.
 - Puntos de conexión a tierra, tipos de conectores, etc.
 - Localización de la fuente de alimentación y tipo de alimentación que provee, módulos de desconexión de energía eléctrica y módulos que se destinarían al equipo de microondas.
 - Diagramas de caseta, contenedor o sala con localización de equipos y de accesos de cableado/línea de transmisión.
 - Dibujos de caminos de acceso.
 - Esquema de bastidor denotando posiciones de equipo y asignación de fusibles.

Resumen de Actividades. La realización de estudios de línea de vista (Site Survey y Path Survey) contempla las siguientes actividades:

- a) Ubicación de los sitios en mapa (Guía roji o mapa de la región)
 - Rutas de Acceso
 - Tipo de Transporte requerido
- b) Traslado a los sitios
- c) Levantamiento de los sitios
 - Toma de Coordenadas
 - Línea de Vista
 - Infraestructura
 - Edificación
 - Torre (de existir)
 - Características de la sala
 - Necesidades de cableado
 - Trayectoria del cableado
 - Canalización (de existir)
 - Rack (de existir, o posible lugar para el montaje del equipo)
 - Energía disponible (de existir)
- d) Ubicación en Carta Topográfica
 - Trazado del Perfil topográfico

-
- e) Determinación de posibles obstáculos en la Trayectoria
 - Supervisión de la Trayectoria

 - f) Elaboración del Reporte
 - Vaciado de Datos tomados en el Levantamiento
 - Propuestas de Equipo a emplear
 - Banda de Operación
 - Dimensiones de Antenas
 - Alturas en Torre (de existir)
 - Altura de torre
 - Rack
 - Rectificador
 - Canalización, etc.

RASTREO EN FRECUENCIA

De así requerirlo el cliente podrá solicitar un rastreo en frecuencia, esto a fin de que como parte del estudio de línea de vista se pueda proponer la utilización de algún canal específico de operación de los equipos dentro de las bandas 2 GHz, 7 GHz, 15 GHz, 18 GHz, 23 GHz y 38 GHz

El procedimiento consistiría en la determinación de las señales presentes dentro de la banda a utilizar, en el punto propuesto para la instalación del equipo en cada extremo del enlace.

La evaluación se desarrollaría considerando básicamente el ángulo de azimuth en el que apuntaría la antena, creando gráficos del espectro dentro de un ancho de banda aplicable, para ambas polarizaciones. Como información adicional dicho rastreo se extiende hasta 360°, con lo que así se determinaría la presencia en el punto de señales posiblemente interferentes.

Tras la evaluación de los gráficos obtenidos y teniendo en cuenta el ancho de banda a ocupar pueden entonces definirse las frecuencias adecuadas para la correcta operación del enlace.

III.2 MEDICIONES DE MICROONDAS

Los aparatos de medición que utilizan los técnicos que trabajan con microondas son:

Generadores de señales. Estos utilizan klistrones o tubos de ondas progresivas con salidas de impulsos, onda continua o modulada por onda cuadrada o sinusoidal de 1,000 Hz. Estos generadores pueden ser variables a mano o ajustados para barrer una banda de frecuencias seleccionada.

Medidores de potencia calorimétricos. Estos son unos puentes refrigerados por aceite cuyos brazos son bolómetros, proporcionando lecturas directas en vatios o en decibelios. Sus posibilidades de potencia van desde 10 mW a 10 W.

Medidores de potencia. Estos medidores indican la salida de un termistor situado en un montaje acoplado a un guíaondas y dan una lectura directa en vatios o en decibelios. Si la potencia en el sistema es mayor que la que puede leerse directamente, se ponen atenuadores de guíaondas (o coaxiales) delante del montaje del termistor.

Indicadores de onda estacionaria. En ellos se lee directamente la relación de onda estacionaria mediante el desplazamiento de un carrillo con una sonda y un detector a lo largo de un guíaondas ranurado.

Medidor de relación. Este dispositivo mide la relación entre los dos acopladores direccionales de un montaje reflectómetro, indicando directamente la relación de onda estacionaria, independientemente de la frecuencia que está siendo barrida por el generador de señales.

Medidores de frecuencia. Estos medidores pueden ser o del tipo de ondámetro calibrado o del tipo de osciladores heterodinos batidos con una señal desconocida y leída en un contador de frecuencias.

Algunas de las mediciones que se hacen son:

Potencia absoluta en un sistema, utilizando terminaciones de bolómetros en un medidor de potencia.

Niveles de potencia relativa en sistemas, al sintonizar el sistema o variar la carga, se toman las medidas en un medidor de potencia.

Atenuación producida por un dispositivo añadido en un sistema guíaondas. Se hace una medida en la carga sin el sistema y a continuación otra vez con el dispositivo acoplado al sistema. La diferencia entre lecturas es la atenuación producida por el dispositivo.

Medidas de la relación de onda estacionaria. Esta relación da una indicación de la reflexión producida por una carga desacoplada. Se puede utilizar o una sonda con detector en una sección ranurada o en un reflectómetro.

Frecuencia de señales en un sistema. Se utiliza para determinar la frecuencia de un transmisor si esta no es conocida, para ver la separación entre subbandas de frecuencia de una misma banda, para analizar mediante un barrido de frecuencias si no existen frecuencias cercanas a un sistema que le estén introduciendo interferencia etc.

Impedancia. Puesto que una carga adaptada produce una relación de onda estacionaria de 1:1, el análisis de la relación de onda estacionaria en un guíaondas permite la determinación de la impedancia de una carga si se conoce la impedancia característica del guíaondas.

III.3 RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE GUÍAONDAS

Cuando se instalan guíaondas de una manera permanente, como en un radar, es importante que no se coloquen de forma que haya largos recorridos horizontales en los que se puede acumular polvo y gotitas procedentes de la condensación de humedad sobre las paredes interiores de las secciones. Todo ello atenuaría la energía transmitida a lo largo de la línea.

Puesto que no es corriente que se presente condensación en el exterior del guíaondas, se suele abrir un pequeño orificio en el codo de una sección de guíaondas situada en el punto más bajo con objeto de tener una ventana de escape para el agua. Las bridas choque se deben montar siempre con sus cavidades de media onda hacia arriba, con objeto de que no se llenen de condensación.

Los guíaondas deben manejarse con cuidado. La más ligera abolladura en una pared de una sección produce una discontinuidad que se traduce en un aumento de la relación de onda estacionaria y una pérdida de la potencia transferida por el sistema.

Para evitar la radiación de señales no deseadas y las interferencias con receptores próximos, los guíaondas deben unirse firmemente a las paredes y se les debe poner una toma de tierra lo más frecuentemente posible.

III.4 MÉTODO BÁSICO PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ENLACES DE MICROONDAS

Cuando utilizamos las microondas para crear un medio de transmisión, es necesario considerar un enlace completo formado de muchos tramos, para cuya construcción es necesario el conocimiento de otras técnicas.

Al hacer un enlace de microondas debemos fijar, principalmente, para que fines se va a crear, que calidad es necesaria, cuál es el grado de confiabilidad requerida y escoger el enlace más adecuado, para que la construcción y mantenimiento resulten lo más económico posible. Si mostramos en una tabla los pasos de diseño y las obras de construcción de los enlaces obtendremos una tabla similar a la III.4.

Generalmente, el diseño del sistema y el diseño de propagación se refieren al diseño del enlace. La parte relacionada con la propagación de microondas queda comprendida en el diseño de propagación y el resto queda incluido en el diseño del sistema; sin embargo, no podemos considerar las dos partes separadas ya que guardan una estrecha relación entre sí.

III.5 ELEMENTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE ENLACES DE MICROONDAS

DISEÑO DEL SISTEMA

Es difícil pensar en el diseño del sistema separado del diseño de propagación; sin embargo se considerará independiente:

- a) Dimensión de transmisión.- La comunicación de microondas es utilizada en muy diversos ramos, de ahí que sean muy diferentes la calidad y el grado de confiabilidad requeridos en cada uno de ellos. La finalidad de la comunicación es transmitir con fidelidad la señal original, en las diferentes formas utilizadas para cada objetivo (televisión, telefonía, etc.).

1	OBJETIVO PARA LA CREACIÓN DEL ENLACE	
	A	Objetivo de utilización
	B	Número de Canales
	C	Calidad
	D	Grado de Confiabilidad
2	DISEÑO DEL ENLACE	
	A	Diseño del sistema
		a). Dimensión de Transmisión
		b). Tipo de retransmisión
		c). Tipo de Comunicación
		d). Tipo de modulación
	B	e). Equipos utilizados
		Diseño de Propagación
		a). Ruta de enlace
		b). Localización de estación
		c). Tipo de Antena y polarización utilizada
		d). Característica de propagación en las trayectorias
	e). Método para reducir desvanecimientos	
	f). Interferencia de ondas	
3	DISEÑO DE OBRA	
		Edificio para la estación
		Tipo de torre
		Distribución de los equipos
		Plano para la instalación eléctrica
		Método de construcción
4	PRUEBA	
	A	Equipo
	B	Estación total
	C	Región
	D	Enlace total

Tabla III.1 Orden de construcción del enlace de microondas

Para obtener el objetivo de la comunicación, en forma económica, es necesario pensar en el grado mínimo necesario de los caracteres requeridos en el enlace y aumentarle el valor de la dimensión del margen adecuado realizado así, el diseño del enlace es más práctico. Para determinar la calidad del medio de transmisión de los diferentes ramos, encontraremos diversos métodos; sin embargo, dentro de la determinación de calidad, lo que está íntimamente relacionado con el diseño de propagación es la relación S/N que tiene el mayor grado de importancia entre todos los componentes.

El grado de confiabilidad de un enlace se expresa en porcentaje de tiempo, que resulta de la relación entre el tiempo de uso y calidad estimados, y representa el tiempo asegurado de la calidad. El valor de porcentaje variará según los usos a que se destinen.

Entre las causas que determinan el grado de confiabilidad de los enlaces inalámbricos encontramos las fallas del equipo transmisor y receptor, el descenso de la relación S/N y rotura del enlace por la aparición de desvanecimientos.

Por esto es necesario que se fije el grado de confiabilidad deseado en el mes que, en el transcurso del año, registre el mayor grado de desvanecimientos por ejemplo, si expresamos en dimensiones el grado de confiabilidad, 99% del primer mes del año debe ser igual a 45 dB o mayor de S/N.

Sin embargo, aún cuando este asegurado el grado de confiabilidad de S/N requerido en el mes, cuando es frecuente la aparición de roturas que originan descensos en el nivel de "threshold" del receptor, y la existencia de estas roturas representan un problema en el enlace utilizado, no basta con fijar el grado de confiabilidad de S/N de un lapso largo de tiempo, si no fijar además la secuencia y frecuencia de las roturas para obtener la calidad y el grado de confiabilidad requeridos.

La calidad, el grado de confiabilidad, la distancia total y el número de canales de un enlace representan los requerimientos necesarios para construir un enlace que llene las condiciones eléctricas de un medio de transmisión, fijadas por las dimensiones de la transmisión.

En general, la calidad de un medio de transmisión está determinada por el ancho de la banda de transmisión, las características de frecuencia de transmisión, la linealidad, el volumen de ruido, las propiedades de

transmisión de los pulsos y el grado del nivel de estabilidad. Entre estos, el ruido es una de las causas más problemáticas en los enlaces de microondas. A continuación aparecen clasificados por su forma, carácter y causas que lo originan, en la tabla III.2.

RUIDO INTERIOR	
A	Ruido térmico
B	Ruido por cruzamiento de líneas
C	Ruido de intermodulación
	A). Distorsión de no-linealidad (Modulador, Demodulador)
	B). Distorsión de retardo (Equipo, propagación de dispersión)
	C). Distorsión de eco (Guía de onda, Reflexión de la Onda)
RUIDO EXTERIOR	
A	Ruido de encendido (Chispa de coche, soldadura)
B	Ruido Cósmico
C	Ruido de estática (Chispa de trueno)
.....D	Ruido de Interferencia
	Interferencia con la misma frecuencia
	Interferencia con la frecuencia de imagen
	Interferencia con la frecuencia cercana
	Interferencia con la frecuencia superflua

Tabla III.2 Clasificación general del ruido

En la banda de los microondas, el ruido de encendido, el ruido cósmico y el ruido de estática no representan ningún problema, y los ruidos por cruzamiento de líneas son previsibles en el método de diseño; por lo que en la práctica sólo el ruido térmico, el ruido de intermodulación y el ruido por interferencia presentan graves problemas.

Para demostrar claramente la relación entre las dimensiones de transmisión y la estructura del enlace, la CCIR y la CCITT (UIT) recomiendan un valor de ruido permitido en un circuito de referencia de 2500 Km.; estos valores son internacionalmente utilizados.

En general, cuando se aplican los valores anteriores a un enlace de larga distancia se distribuye el valor del ruido térmico, del ruido de distorsión y del ruido por interferencia permitidos entre las diferentes partes del enlace, procurando diseñar cada una de estas partes de manera que no sobrepase los límites marcados, obteniéndose así, en el enlace total, un porcentaje menor de ruidos.

- b) Tipo de comunicación y tipo de retransmisión.- En los tipos de comunicación que utiliza el microondas, se encuentran muchas combinaciones según las señales que se transmiten y el tipo de modulación utilizado para la transmisión.

En los tipos de relevo utilizado para renovar la pérdida de energía de propagación de las ondas, existen los tipos que se muestran en la tabla III.3. La determinación del tipo de comunicación y el tipo de relevo guardan una íntima relación con el diseño de propagación.

- c) Equipos utilizados.- La distribución del ruido entre los enlaces de microondas, está formada por dos elementos principales: volumen de ruido correspondiente al equipo y el volumen de ruido correspondiente a la trayectoria de propagación; estos están íntimamente relacionados, por lo cual es necesariamente diseñarlos conjuntamente.

Relevo de detección	}	Relevo activo
Relevo de vídeo		
Relevo heterodino		
Relevo directo		
Relevo por reflector	}	Relevo pasivo

Tabla III.3 Tipos de relevo

I.- Diseño de propagación.-

En la realización de enlaces de microondas, el diseño de propagación es tan importante como el diseño del sistema.

Principales incisos en el diseño de propagación:

- Determinación de la ruta de transmisión.
- Selección de la localización de las estaciones planeadas.
- Averiguación de las características de propagación general de cada tramo de transmisión y características de propagación del enlace total.
- Averiguación de la interferencia de microondas.
- Averiguación de los desvanecimientos.

La selección adecuada de la ruta y de las localizaciones de las estaciones no sólo influye en la calidad del enlace, sino también en el costo de las obras y del mantenimiento.

Las características de propagación de cada tramo y del enlace total, y el grado de interferencia de las ondas, determinan directamente la calidad del enlace. Además, la estimación y contra - método de la aparición de los desvanecimientos son los elementos principales en la determinación del grado de confiabilidad del enlace.

En el diseño de propagación se deben satisfacer las condiciones necesarias del diseño del enlace en el momento, pero también es necesario hacer un proyecto futuro con las condiciones que se puedan prever. Se pueden dividir en dos tipos de trabajo el diseño de propagación:

- El primero es la averiguación del carácter eléctrico. Este es un trabajo necesario para la construcción de enlaces que satisfagan cierto grado de confiabilidad y de calidad requeridos.
- El segundo tipo de trabajo es el de la investigación de las condiciones económicas, tanto de las obras de construcción como de mantenimiento del enlace.

Desde otro punto de vista se puede dividir el trabajo real de diseño de propagación en:

- Averiguación de las características de propagación sobre cartas de nivel (trabajo de escritorio).
- Averiguación de las condiciones sobre el terreno real, para saber si es factible la construcción y el mantenimiento, así como averiguar los problemas que se puedan originar por las características de propagación.

III.6 SOFTWARE PATHLOSS

El pathloss es un programa diseñado especialmente para hacer los cálculos necesarios que se necesitan para determinar la viabilidad de implementar un enlace de microondas entre dos puntos y de ser así también nos mostraría que tan confiable sería el sistema en condiciones reales de operación.

Es importante mencionar que en la actualidad la mayoría de las empresas que contrata este tipo de servicio para solicitar un estudio de línea de vista exige que los cálculos del enlace sean hechos mediante este programa en particular de ahí la importancia de mencionar a continuación la organización (de manera general) de este programa.

➤ Organización del Programa

El programa se organiza en 10 módulos los cuales son:

- Resumen
- Datos del terreno
- Altura de antenas
- Tablas de cálculo
- Difracción
- Reflexiones
- Multitrayectorias
- Imprimir perfil
- Network
- Cobertura

A continuación se describen brevemente cada uno de los diez módulos antes mencionados:

I. – Módulo de Resumen

Es la pantalla automática que despliega el programa al iniciarlo. En él se da una entrada central de los datos que serán ejecutados por la aplicación dando datos específicos de sitios que serán utilizados para la ejecución del programa. El módulo Resumen es la interfaz a la base de datos del sitio. Los cálculos de interferencia que usa la base de datos del sitio se hacen en este módulo (fig. III.1 b).

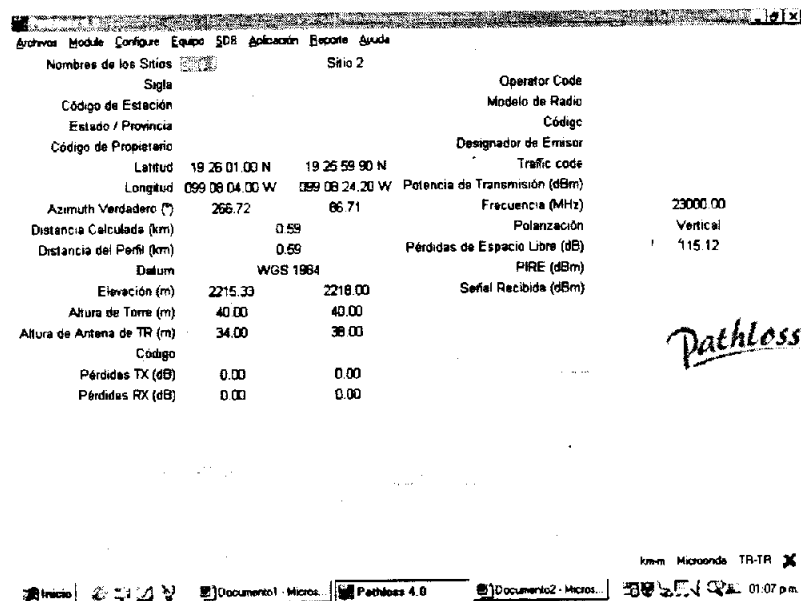


Figura III.1 b) Pantalla del Módulo Resumen

II.- Módulo para introducir los Datos del Terreno

El módulo de Datos del Terreno se usa para crear/editar un perfil de trayectoria que usa como entrada un manual de datos, mapas digitalizados o una base de datos del terreno (fig. III.1 c).

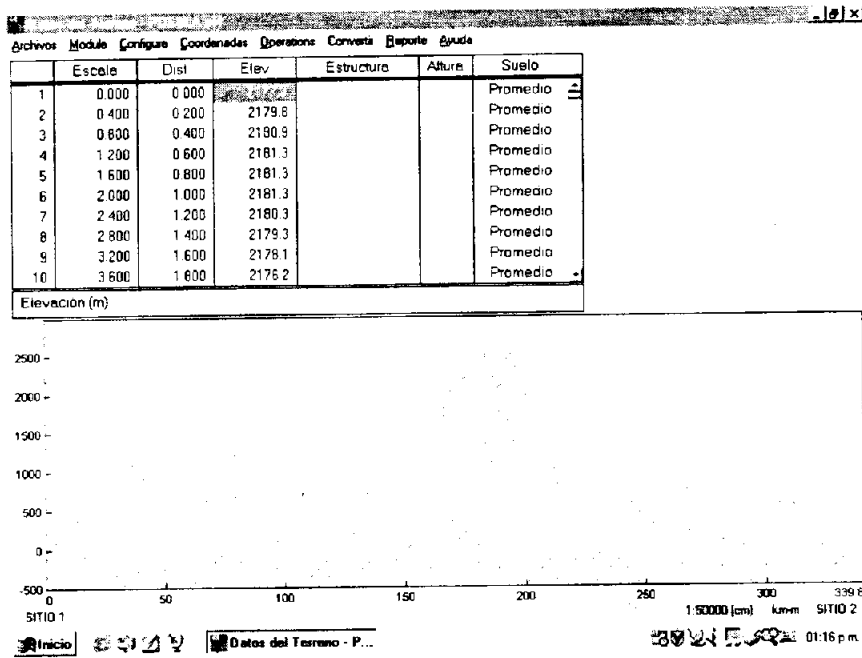


Fig. III.1 c) Pantalla del Módulo Datos del Terreno

III.- Módulo de Alturas de Antenas

Dos formatos de hoja de trabajo se proveen. El módulo de Alturas de Antena, calcula las alturas de antena que satisfacen un conjunto de criterios de autorización (fig. III.1 d).

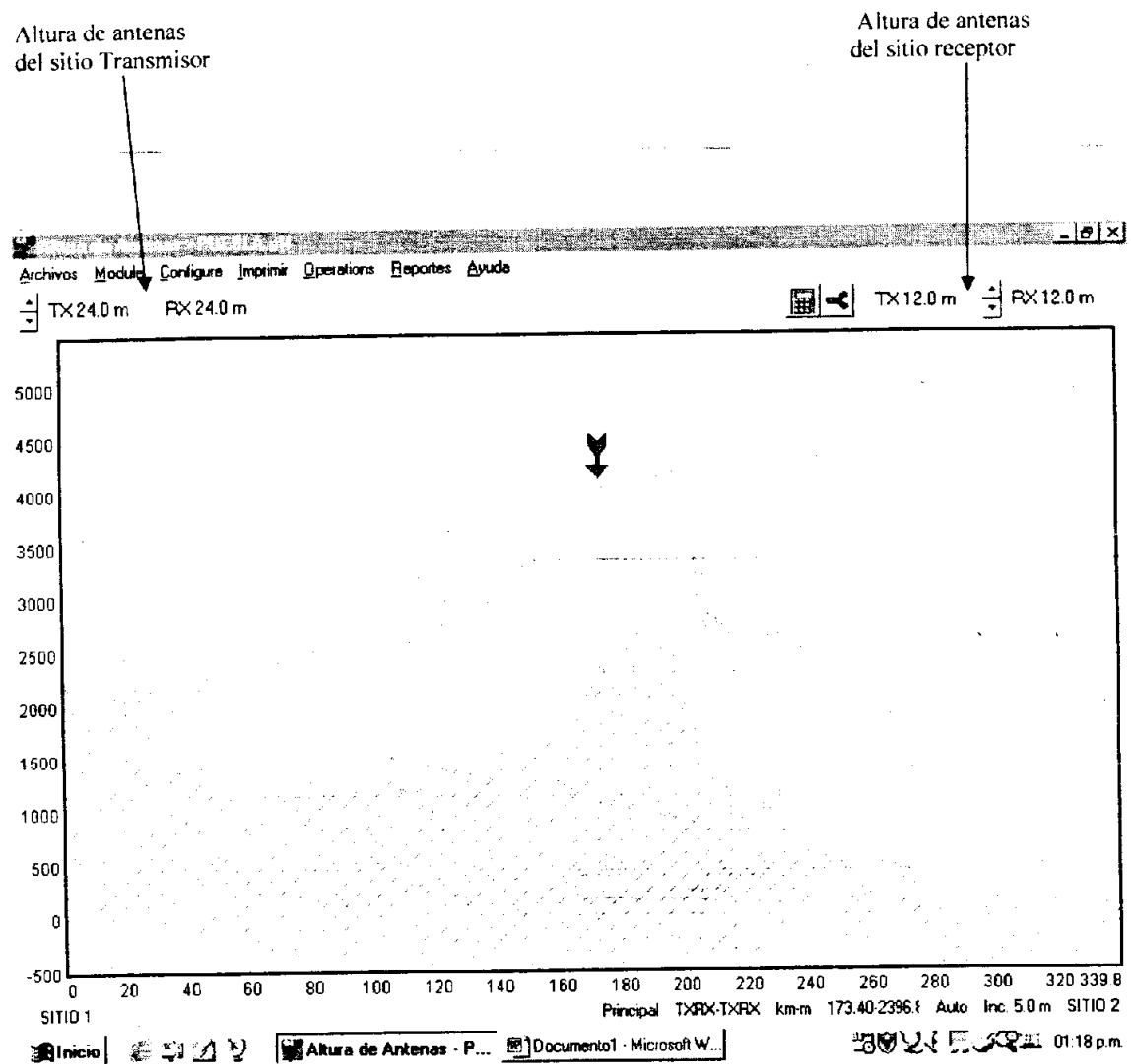


Figura III.1 d) Pantalla del Módulo Altura de Antenas

IV.- Módulo para las tablas de cálculo

Dos formatos de hoja de trabajo se proveen para la microonda y aplicaciones de VHF-UHF. Para tener acceso a esta aplicación se selecciona módulo y se da un click en la opción tablas de cálculo. La hoja de trabajo que aquí se provee permite la entrada detallada de datos que conforman los parámetros de trayectoria y equipo requeridos para cálculos de transmisión. Multipath (multitrayecto), lluvia y confiabilidad de propagación así como la atenuación, se calculan en la hoja de trabajo de la opción para microondas (fig. III.1 e).

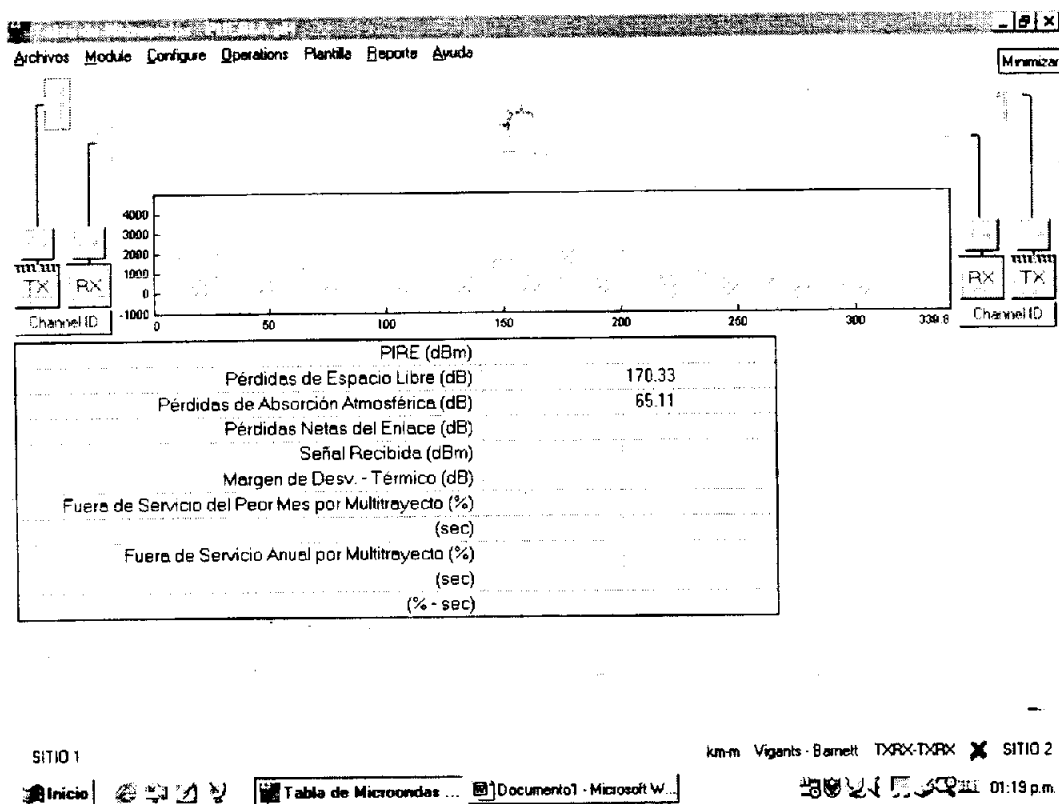


Figura III.1 e) Pantalla del Módulo hoja de cálculo para Microondas

V.- Módulo de la Difracción

El módulo de Difracción se usa para calcular la difracción y pérdida del enlace esparcido, la pérdida sobre trayectorias de interferencia y transmisión. La pérdida de difracción como una función de alturas de antena, el factor de radio de tierra y frecuencia puede también ser calculados aquí (fig. III.1 f).

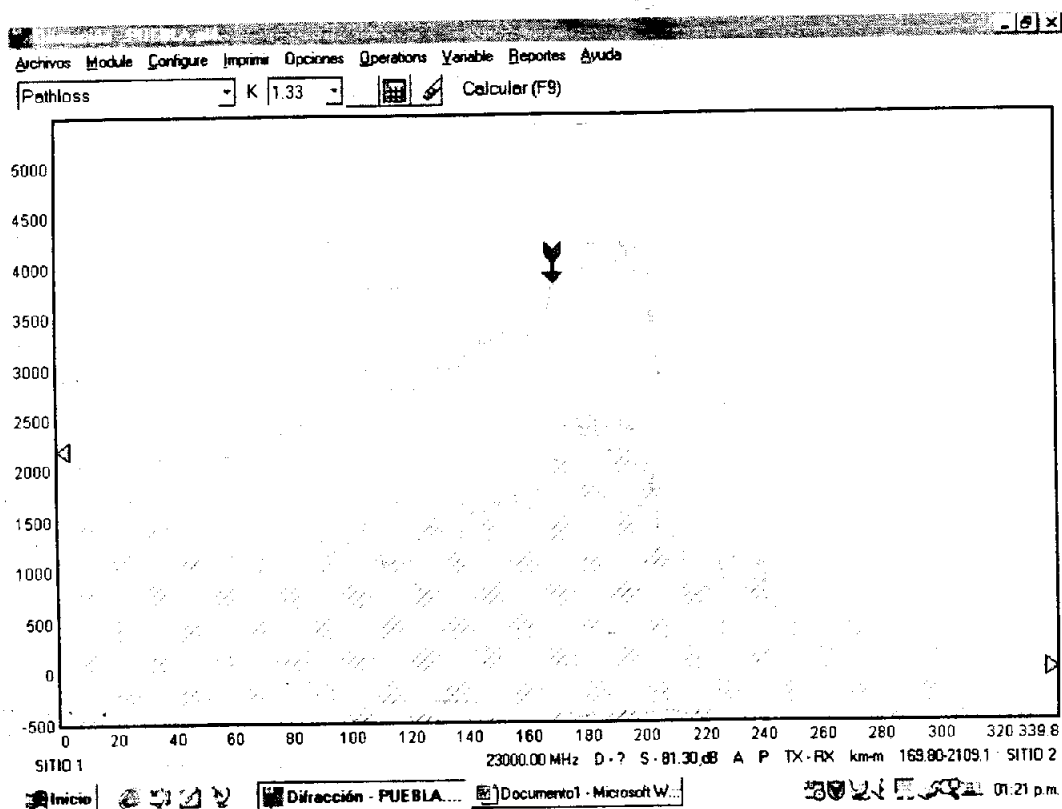


Figura III.1 f) Pantalla del Módulo Difracción

VI.- Módulo de Reflexión

El módulo de Reflexión analiza los efectos de un elemento que refleja la señal existente en la trayectoria del enlace. El análisis es con base en un patrón ya definido (fig.III.1 g).

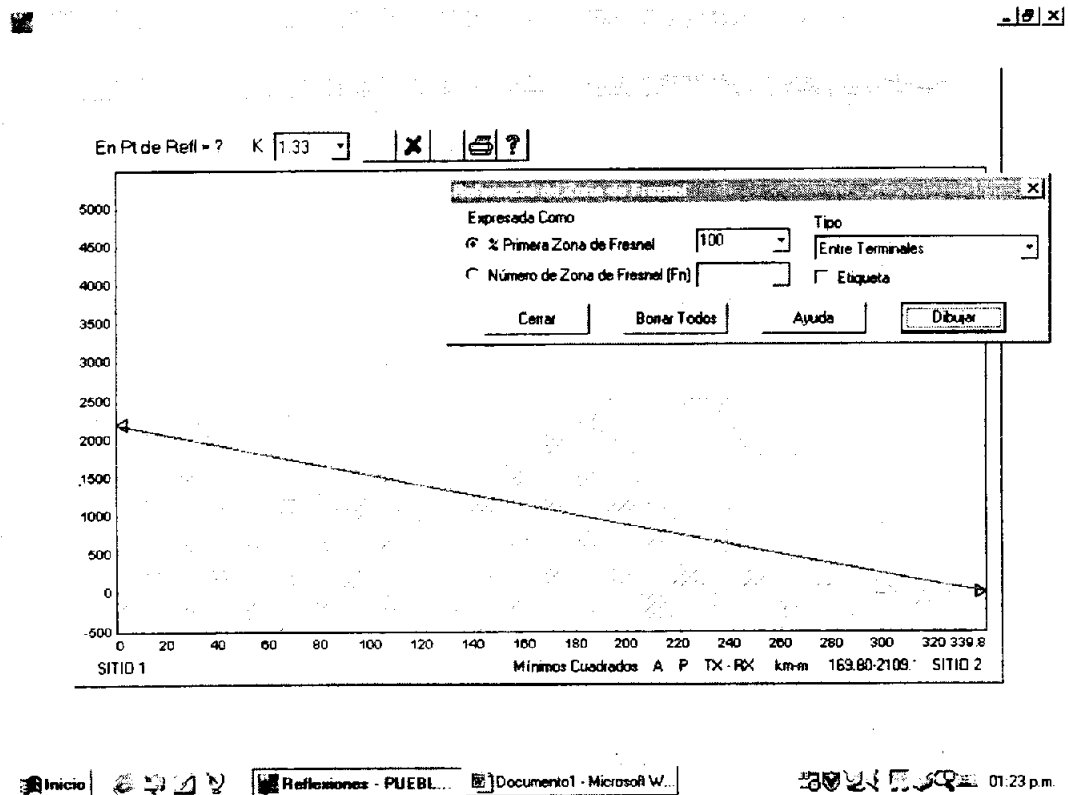


Figura III.1 g) Pantalla del Módulo de Reflexión

VII.- Módulo de Multitrayectorias

En el módulo de Multitrayectorias se traza un rayo mediante técnicas precargadas en el software del programa (que simula la propagación de la señal a través del medio), que determinaran las características reflexivas de una trayectoria usando una constante o variable de gradiente de reflexión (fig.III.1 h).

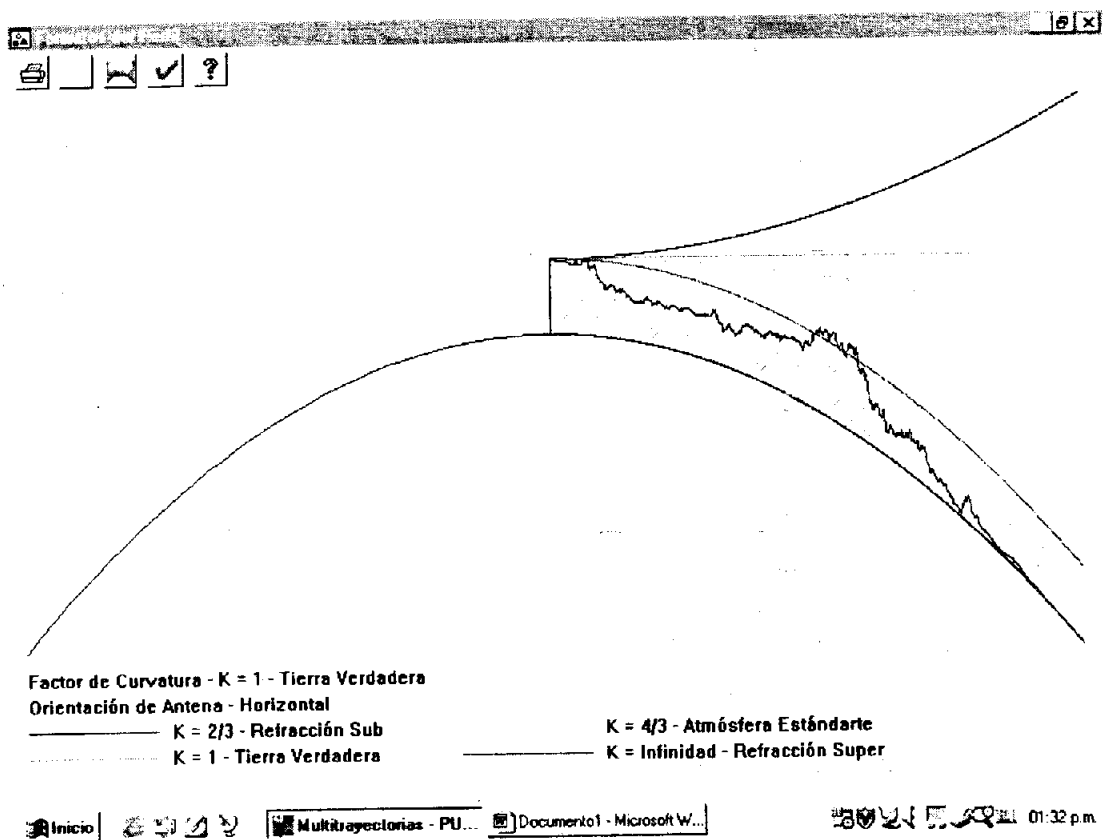


Figura III.1 h) Pantalla del Módulo de Multitrayectorias

VIII.- Módulo para Imprimir Perfil

Imprimir el Perfil, usa una variedad de formatos los cuales están predefinidos en este módulo y aquí es donde se da la vista y datos generales de cada sitio respecto al enlace (fig.III.1 i).

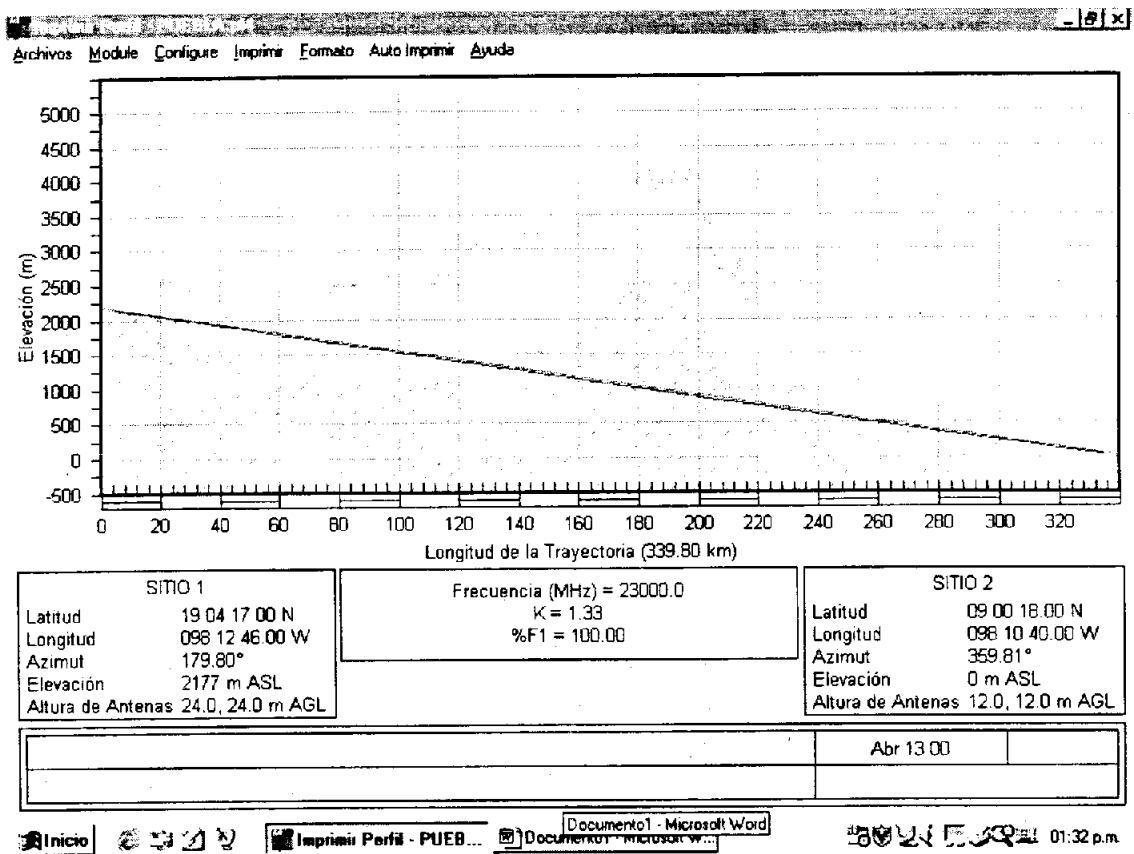


Figura III.1 i) Pantalla de la Impresión de Perfil

IX.- Módulo de Red

El módulo de Red provee una representación gráfica de una red de sitios. Cada nexo en la red contiene una referencia a su Perfil de enlace. Cualquiera de los módulos de diseño pueden tener acceso para la trayectoria selecta desde el módulo de Red. Los cálculos de interferencia interna de cada sistema se hacen en el módulo de red (fig. III.1 j).

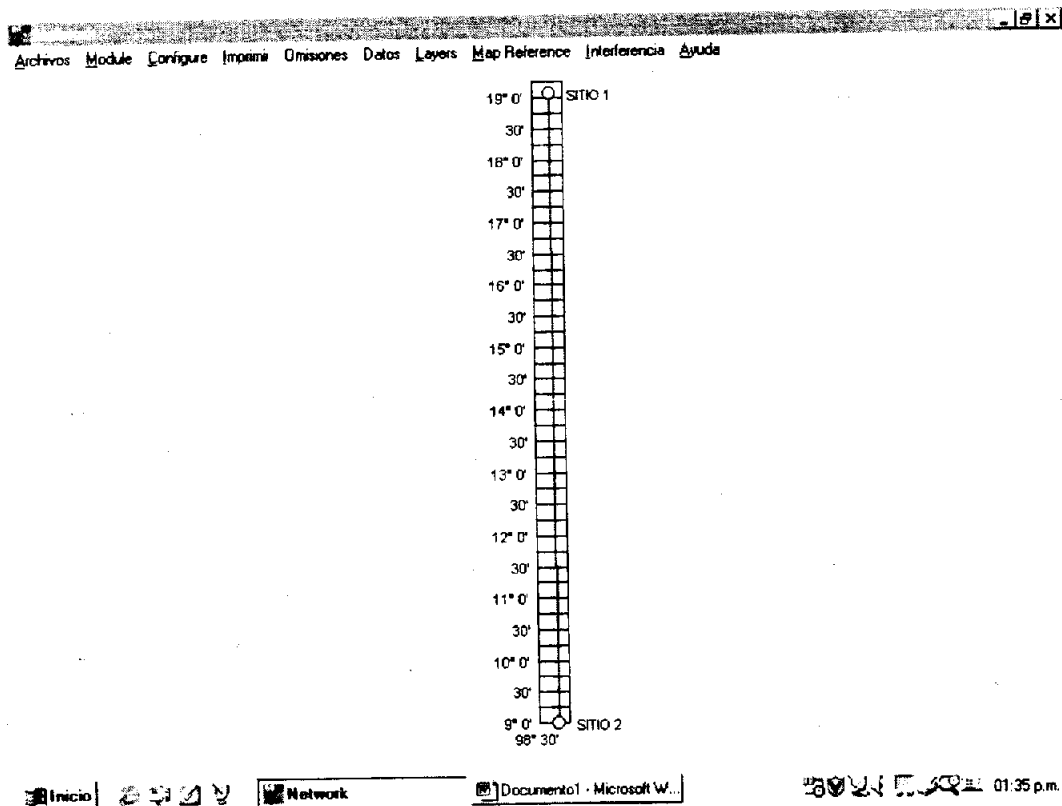


Figura III.1 j) Pantalla del Módulo Red

X.- Módulo de Cobertura.

La Señal de Cobertura y la cobertura de línea de vista se calculan en este módulo. Estos pueden importarse del modulo de Red para multi-análisis de sitio (fig. III.1 k).

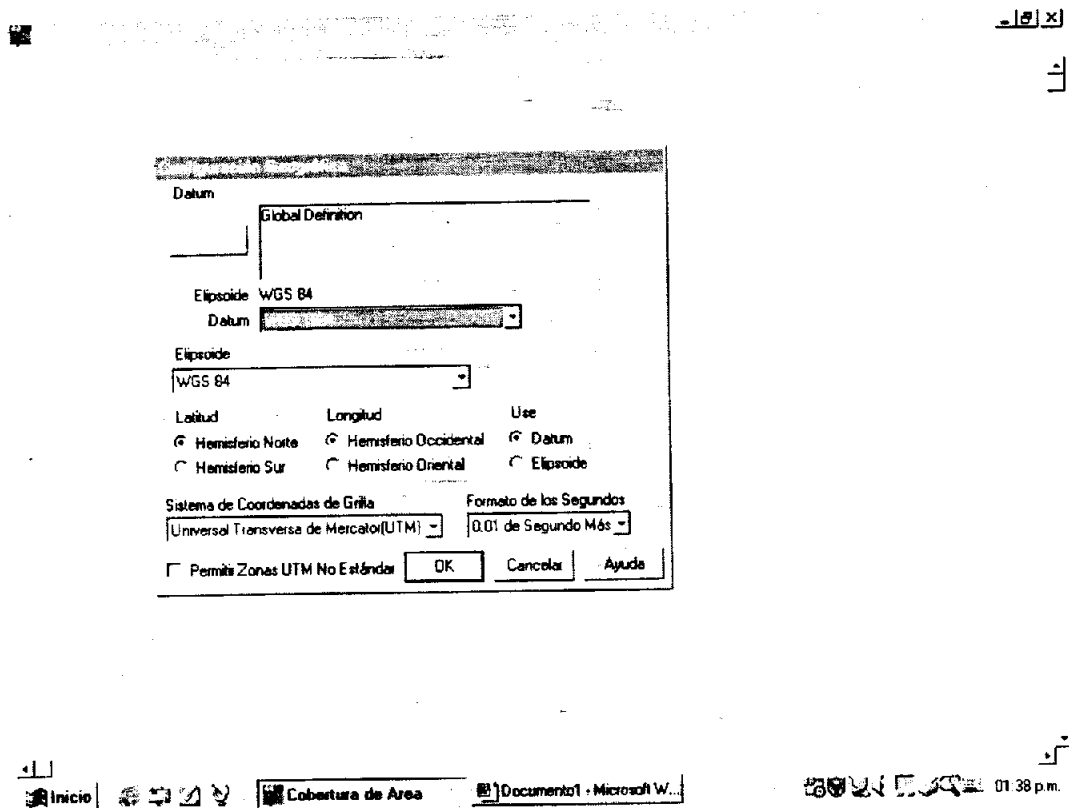


Figura III.1 k) Pantalla de Configuración de Cobertura

➤ **Datos generales de configuración del Software (Pathloss)**

- El perfil de terreno.

Debe de existir para tener acceso a los datos de las Alturas de Antenas, Difracción, Reflexión y Multitrayectorias.

- La Configuración de Antena - Microonda.

Todos los cálculos y el análisis en el programa son con base en una configuración de antena. La terminología siguiente describe el uso de antenas en aplicaciones de microonda (el cual es nuestro caso).

TR la antena se usa para transmitir y recibir.

RX la antena se usa solo para recibir.

DR la antena se usa solo para recibir, en una configuración de Diversidad.

TH la antena se usa para transmitir y recibir en una configuración de diversidad híbrida.

Estos tipos de antena se combinan en las configuraciones de antena como se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 1. Configuración de Antenas para Aplicaciones de Microonda

TR-TR	Una sola antena es usada en cada sitio para transmitir y recibir.
TRDR-TRDR	Dos antenas se usan en cada sitio en un espacio de configuración de diversidad. La antena TR se usa para transmitir y recibir. La antena DR es la antena dedicada para recibir la diversidad.
TXRX-TXRX	Dos antenas son usadas en cada sitio una para transmitir (TX) y otra para recibir (RX)
TXRXDR - TXRXDR	Tres antenas son usadas, una en cada sitio, una para transmitir (TX), una para recibir (RX) y otra recibe la diversidad (DR).
TR-TRTHTRTH-TR	Esta es una configuración de diversidad híbrida que usa diversidad de frecuencias en ambas direcciones y el espacio para la diversidad en un de fin de la trayectoria en el sitio final de cada antena TR y TH transmite y recibe un par de las frecuencias. Las dos configuraciones determinan el sitio que esta equipado con el espacio para la diversidad.

Tabla 2.

Tabla de Configuraciones de Antena para Aplicaciones de Microonda

TX-RXRX-TX	Transmite en uno de los sitios y recibe el otro. Las dos configuraciones identifican a los que transmiten y reciben en los sitios.
TX-RXDRRXDR-TX	Transmite en uno de los sitios y recibe la diversidad en el otro. Las dos configuraciones identifican los sitios que transmiten y reciben en cada sitio.

Seleccionar Configuración

La Configuración de antenas proveniente del menú del software (Pathloss), puede cambiarse si las que aparecen no van de acuerdo con lo que se va a trabajar, excluyendo de esta manera las que vienen cargadas en el software. Si alguna de las configuraciones de antenas que se muestra sobre la barra de condición, es la que se requiere, tan sólo para seleccionarla, dar click con el botón izquierdo del ratón y automáticamente trabajara con esa configuración.

- Datos Geográficos

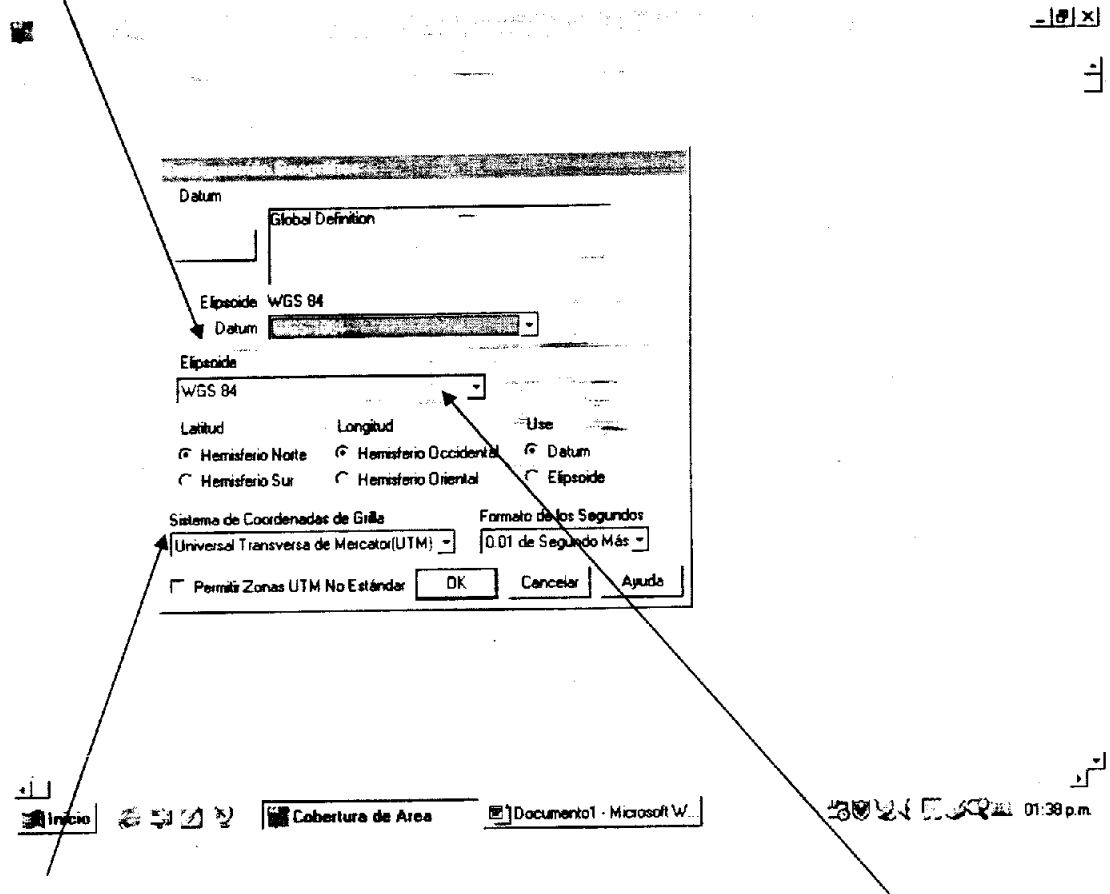
Seleccionar Configurar para tener acceso a los Datos Geográficos del Pathloss del menú que se mostrara en el cuadro de dialogo (fig.III.1 1).

Use Dato o Elipsoide

Un elipsoide es definido por su eje mayor y el eje menor. Estas se usan para calcular distancia y azimuths (orientaciones) desde las coordenadas geográficas y para convertir coordenadas geográficas a coordenadas de rejilla tal como UTM. Un dato define el plano horizontal de medida. Cada dato es con base en un elipsoide, y contiene los factores medidos de corrección para permitir coordenadas geográficas definidas en un dato que puede ser transformado en otro.

En la mayoría de los casos, la opción " Usar dato" deberá seleccionarse. Esto permitirá la transformación semejante entre datos (por ej. de NAD-27 a NAD-84). Esto es importante cuando se usan bases de datos de terreno con un dato horizontal diferente al de los mapas topográficos. Un ejemplo típico es una base de datos de terreno que usa el dato WGS-84 especificada en el programa, si las coordenadas de sitio y los datos se referenciaron conforme a la base de datos NAD-27 y el usuario ha especificado el NAD-27 de dato, entonces las coordenadas de sitio se transformarán automáticamente a WGS-84 para generar el perfil.

Selección de Dato



Selección de grilla

Selección de dato

Figura III.1 I) Pantalla de configuración de datos geográficos

El "Uso de Elipsoide"

Esta opción es requerida para manejar mapas especiales de ciertas regiones. Un ejemplo de esto es Suiza, que generalmente usa el Dato Europeo de 1950. Este dato usa el elipsoide Internacional (1924). El sistema Suizo es semejante pero usa el elipsoide Bessel 1841. En este caso, la opción "Uso de Elipsoide" deberá usarse para no tener una variación en nuestros datos.

La Selección de Dato

Primero se selecciona el dato y entonces se selecciona la región específica para el dato. El requerimiento para la selección de región es necesario porque no hay ecuación general para transformar coordenadas desde un dato a otro. La transformación usa datos para determinar las nuevas coordenadas. La avería de regiones dentro de un dato es un compromiso entre la exactitud de transformación y el número de regiones. Al realizar esto se debe notar que una selección de dato automáticamente define el elipsoide.

La Selección Elipsoide

Si la opción "Usar el Elipsoide" se ha verificado, entonces seleccionar el elipsoide específico desde la lista predeterminada por el programa (Pathloss).

El Sistema Semejante de Rejilla

Un sistema semejante de rejilla representa el método más simple de tomar coordenadas desde un mapa topográfico y garantiza un alto grado de confiabilidad. Los siguientes sistemas semejantes de rejilla son en los que actualmente se está apoyando:

- UTM
- Gauss conformal (Sudáfrica)
- La rejilla de Nueva Zelanda
- La Rejilla Suiza

Referencias de las zonas de Fresnel.

Las referencias de las zonas de Fresnel son una parte esencial de cualquier análisis de perfil de terreno. En el perfil se muestran, y se tiene acceso desde la barra de menú o con la tecla F2 (fig.III.1 m).

La referencia de la zona de Fresnel puede ser expresada como un porcentaje de la primera zona de Fresnel referenciada o como un número de Fresnel (p. ej. $F2 = 1.414 F1$).

Algunas referencias de zonas de Fresnel son tomadas sobre la línea vista de trayectorias, las referencias de las zonas de Fresnel se sacan siempre de un punto a otro. Sobre trayectorias obstruidas, una representación más significativa se logra sacando la zona de Fresnel entre los horizontes.

Si un plano reflectivo ha sido definido, las zonas de Fresnel pueden ser dibujadas para el punto de reflexión. Esto provee una representación visual del área a lo largo del perfil requerido que apoye una posible reflexión.

No hay límite para el número de zonas de Fresnel de referencia. Cada pantalla de diseño mantiene su lista propia de zonas de Fresnel de referencias y estos se guardan con los datos del archivo.

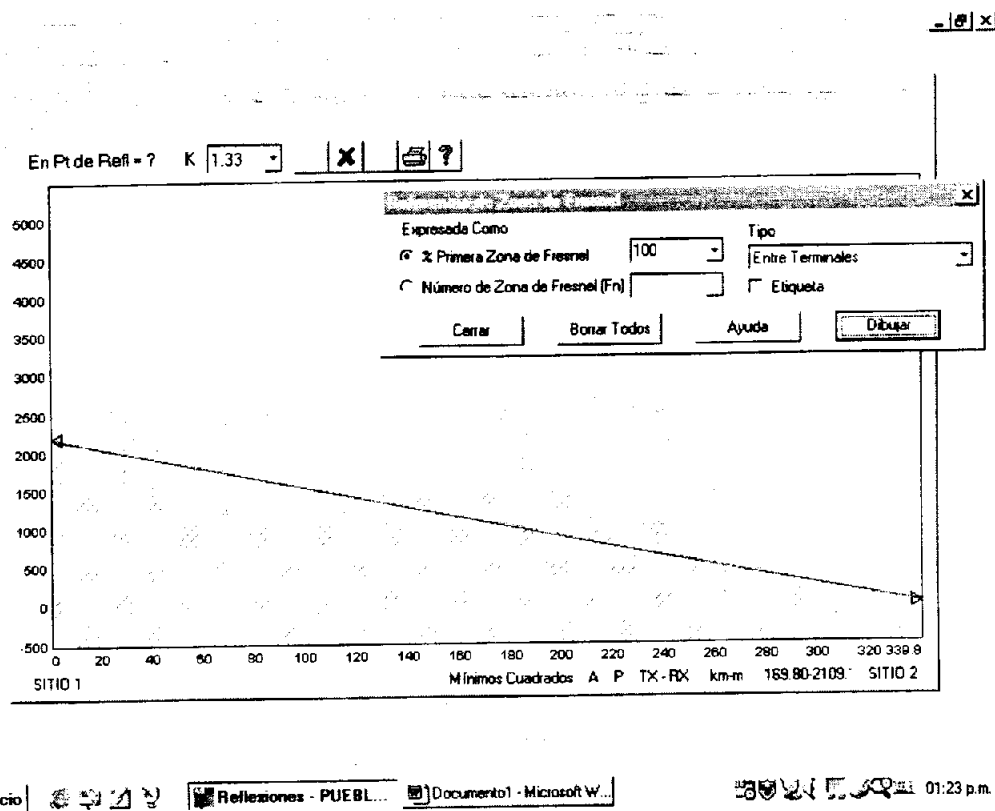


Figura III.1 m) Pantalla de configuración de las zonas de Fresnel

Averiguación respecto a los desvanecimientos:

Los desvanecimientos tipo Reyleigh producen grandes variaciones en la potencia de entrada del receptor empeorando la relación S/N, provocando roturas del enlace, y roturas en el silenciador (squelch) del receptor.

Para determinar la aceptabilidad del enlace, se deben calcular tanto el número como la duración de los desvanecimientos en cada tramo o en el enlace total.

III.7 TRABAJO DE ESCRITORIO PARA EL DISEÑO DE UN ENLACE DE MICROONDAS CON EL APOYO DEL SOFTWARE PATHLOSS (versión 3.0 o 4.0)

I.- Selección de la ruta de enlace:

Dentro del trabajo de escritorio es muy importante la determinación de los puntos por donde pasará la ruta de enlace, ya que guarda íntima relación no sólo con el diseño de propagación, sino con el diseño del sistema y otros elementos, por lo que la determinación de estos puntos debe tomarse en cuenta. En primer término, se hace una selección general de algunos anteproyectos de rutas sobre carta de niveles de mas o menos $\frac{1}{2} \times 10^{-5}$.

Una vez seleccionados los anteproyectos de rutas, se hacen los perfiles de las trayectorias de propagación de cada región de cada una de las rutas, en carta de nivel de mas o menos $1/5 \times 10^{-4}$, averiguando en estos la relación de las trayectorias de los obstáculos. En caso necesario, se utilizan cartas a mayor escala o fotografías aéreas, etc.

II.- Averiguación del carácter de propagación de cada tramo del enlace:

Una vez seleccionados cada uno de los tramos del enlace, se realizan las averiguaciones de las características de propagación de las ondas de microondas.

A continuación se muestra el método que se sigue en la práctica, en las cartas siguientes:

CARTA NUMERO 1

CONCEPTOS		ESTACIÓN
Antena		Clasificación
		Ganancia
Guía de onda		Clasificación
		Longitud
		Pérdida
Pérdida del filtro de derivación		
Potencia de salida del transmisor		
Potencia de entrada del receptor		
Ruido térmico		dB
		P watt

CONCEPTOS	ESTACIÓN	
Altitud de la estación sobre el nivel del mar		
Altura de la antena sobre la superficie terrestre		
Coeficiente de reflexión real	Angulo vertical formado entre las ondas directas y las reflejadas	
	Pérdida de las ondas reflejadas a causa de la directividad de la antena	
	Pérdida de difracción de las ondas reflejadas en el obstáculo	
	Superficie de reflexión	Distancia
		Clasificación
		Pérdida
	Altitud	
Total	Pérdida	
	Coeficiente	
Diferencia de la trayectoria entre las ondas directas y las reflejadas		
Distancia entre las dos estaciones (distancia del tramo)		
Pérdida de propagación en el espacio libre del tramo		
Libramiento en el obstáculo		
Otro		

III.- Determinación de la dirección de la trayectoria de propagación:

Una vez determinada la ruta que se ha de seguir, es conveniente fijar la longitud y latitud (coordenadas) de la posición planeada de las estaciones, por cartas de nivel (fig. III.2), para facilitar el cálculo de la dirección de la trayectoria de propagación y la longitud de la trayectoria.

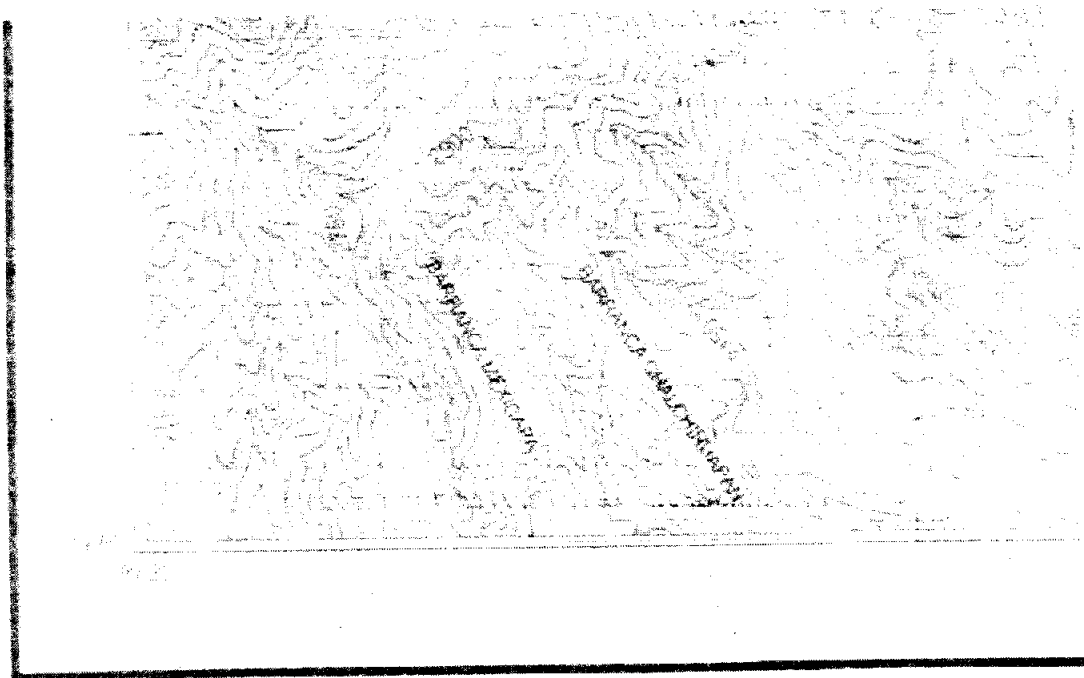


Fig. III.2 Latitud y Longitud en una carta topográfica ó de nivel

Para iniciar con el proceso de diseño actualmente se utiliza un software de apoyo de nombre **PATHLOSS**, con el cual primeramente una vez tomadas las coordenadas del lugar mediante las cartas topográficas, podremos ver la trayectoria del enlace y observar si esta obstruido o si esta libre de obstáculos, esto es posible ya que dicho programa está ligado a una base de datos geográfica del lugar con el cual sé esta trabajando.

Mediante este software se simplifican muchos cálculos matemáticos que anteriormente se tenían que realizar para determinar lo siguiente:

- Altura de torres.
- Altura de antenas.
- Orientación de un punto a otro (Azimuth).
- Distancia existente entre dos puntos.
- Pérdidas, etc.

Actualmente mediante este software se realiza gran parte del trabajo de escritorio el cual se requiere para realizar un enlace vía microondas, el usuario solo tiene que realizar el trabajo de campo necesario y proporcionarle los datos al software y este nos dará todos los datos que requerimos acerca del enlace.

III.8 INVESTIGACIÓN DEL TERRENO REAL

I.- Bases de la investigación del terreno real

Una vez realizado el trabajo de escritorio del diseño de propagación y determinada la fijación de la ruta de la trayectoria del enlace, es necesario acudir al terreno real para investigar las condiciones reales de la ruta del enlace, así como las coordenadas, estas coordenadas las determinaremos por medio de un instrumento llamado GPS (Global Position System - Sistema de Posicionamiento Global), Fig. III.3.

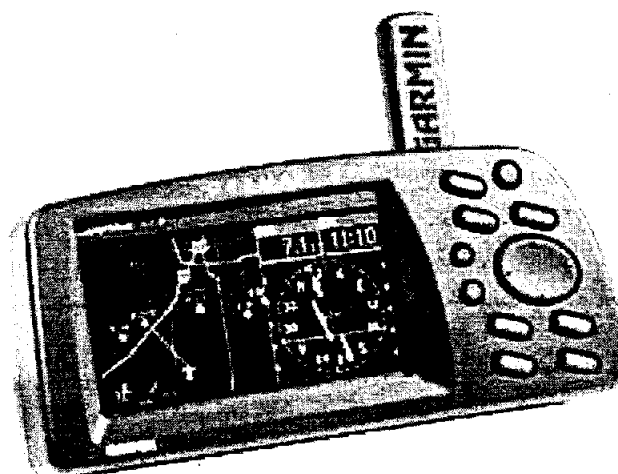


Figura III.3 Instrumento de medición de posición GPS

Dentro de esta investigación encontramos dos puntos básicos:

- a) Averiguación de los puntos problemáticos de carácter propagatorio que se pueden presentar en el trabajo de escritorio del diseño de propagación.
- b) Averiguación del terreno real del lugar donde se planea situar la estación.

II.- Averiguación de los puntos relacionados con el carácter preparatorio.

- Medición con aparatos topográficos, de la altura del lugar planeado para la estación, del obstáculo, etc.

La altitud de la posición planeada de la estación y la altura de los obstáculos son el dato básico más importante para muchos tipos de cálculos de las trayectorias de propagación.

Cuando en los cálculos de escritorio se estima que puede haber puntos problemáticos en lo que se refiere al punto de reflexión, al libramiento o a otros, los cálculos de la trayectoria de propagación se vuelven a realizar con los datos obtenidos mediante la medición real del lugar donde se planea poner las estaciones y donde se encuentran los obstáculos.

Para determinar la altura de un punto cuya altitud se desconoce, se recurre a la medición topográfica de su altura desde el punto más cercano cuya altitud sea conocida para nosotros, se saca la diferencia que se suma a la altitud del punto conocido.

El cálculo de la diferencia de altura entre dos puntos se realiza por métodos como la medición de tránsito, en que se utilizan medidores ópticos o bien por medio de alímetros de alta exactitud.

III.9 INVESTIGACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL LUGAR PLANEADO PARA LA ESTACIÓN

1. - Terreno.

a) Domicilio

b) *Propietario del terreno*

c) Altitud sobre el nivel del mar

d) Latitud y longitud.- Generalmente se determinan sobre cartas de nivel; sin embargo, en ocasiones, se utilizan los métodos astronómicos para su fijación.

e) Forma del terreno.- Es deseable que el terreno sea suficientemente plano y amplio para construir el edificio, la torre, etc.; sin embargo, no siempre es posible y es necesario como en los montes, realizar arreglos en el terreno. En estos casos se hacen estudios para estimar si es posible obtener un terreno de las dimensiones necesarias, cuántos metros es necesario rebajar el monte.

f) Naturaleza del terreno.- El terreno debe tener los componentes necesarios para soportar las construcciones.

g) Gases ofensivos.- En regiones volcánicas se originan gases sulfurosos, que dañan los equipos de transmisión de microondas.

h) Flora y fauna dañinas.- Si cerca de la estación existen animales o plantas dañinas al hombre, que dificulten su construcción y su mantenimiento, es necesario incluir medidas de prevención.

i) Condiciones de los alrededores.- Los grandes árboles y edificios que existen en los alrededores de la estación pueden ser obstáculos directos en la trayectoria, o bien los edificios cercanos a la trayectoria pueden reflejar las ondas y provocar interferencia; por esto es necesario realizar una averiguación de la propagación y de la dirección de los edificios, árboles, etc.

2. - Edificio de la estación y torre.

La forma, la altura, el tipo, la posición, el área del edificio y de la torre se determinan con relación a las condiciones del terreno. Para esto, también es necesario tomar en cuenta los proyectos y necesidades futuras.

Al construir las estaciones y torres se debe pensar en la influencia que se puede ejercer a terceras personas.

3. - Caminos y carreteras.

La existencia de caminos y carreteras es un factor importante para construir y mantener la estación. En caso de ser necesaria la construcción de estos se debe averiguar la distancia necesaria, la naturaleza del terreno, declives, la existencia de árboles, etc., de los lugares por donde se planea hacer el camino.

4. - Meteorología.

La meteorología del lugar de la estación y sus cercanías tiene mucha relación con su construcción y su mantenimiento.

- a) Velocidad del viento.- La fortaleza y tipo del edificio y de la torre se determinan por la velocidad que alcanza el viento.
- b) Dirección del viento.- La dirección del viento determina la dirección del escape del generador de energía y de los orificios para los ventiladores.
- c) Temperatura.- En relación con la temperatura se determinan las instalaciones de refrigeración o calefacción necesarias para la protección de los equipos.
- d) Lluvia.- La cantidad de lluvia es factor determinante en el diseño de los caminos. En el diseño del enlace de las frecuencias de 7-8 GHZ o mayor, hay que tomar en cuenta las pérdidas a causa de la absorción de lluvia.
- e) Humedad.- La humedad, al igual que la temperatura, determina las condiciones de las instalaciones de protección de los equipos.

5. - Energía eléctrica.

La energía eléctrica es indispensable para la construcción y el mantenimiento de la estación, por lo que se debe determinar si se consumirá luz pública o se creará un generador particular. En caso de consumir energía eléctrica pública, es necesario estimar la distancia y averiguar la frecuencia y el voltaje.

6. - Otros.

Transporte de materiales para la construcción, método de depósito de los materiales, conocimientos sobre la existencia de problemas especiales de mantenimiento.

III.10 PUESTA EN SERVICIO

ORDEN DE PUESTA EN SERVICIO DE UN ENLACE

Las operaciones de puesta en servicio descrito a continuación conciernen a un enlace constituidos por una estación A y una estación B. Incluye las siguientes etapas:

1. Instalación de la estación A con pre-orientación de la antena hacia la estación B.
2. Puesta en servicio de la estación A.
3. Instalación de la estación B, con pre-orientación de la antena hacia la estación A.
4. Puesta en servicio de la estación B con orientación de la antena y conexión de los afluentes y de los canales de servicio previstos.
5. Retorno a la estación A para realización de las siguientes operaciones:
 - Orientación final de la antena.
 - Realización del conjunto de los controles de puesta en servicio.
 - Verificación del enlace.
 - Conexión de los afluentes y de los canales de servicio.

III.11 INSTALACION DEL EQUIPO

Orientar la antena de manera aproximada hacia la dirección de la estación distante, utilizando la marca TOP de este así como la brújula y el par de gemelos.

Montaje de la antena y el equipo de radio

- a) Instalación de la antena sobre el pole mounting (fig. III.4a).
- b) Instalación del acoplador (fig. III.4b) para el equipo de radio sobre el pole mounting sobre el mástil (fig. III.4c, III.4d).
- c) Instalación de los equipos de radio (fig. III.4e).
- d) Ajustes finales del equipo sobre el mástil de soporte (fig. III.4f).

ANTENA VISTA DEL LADO DE LA NARIZ

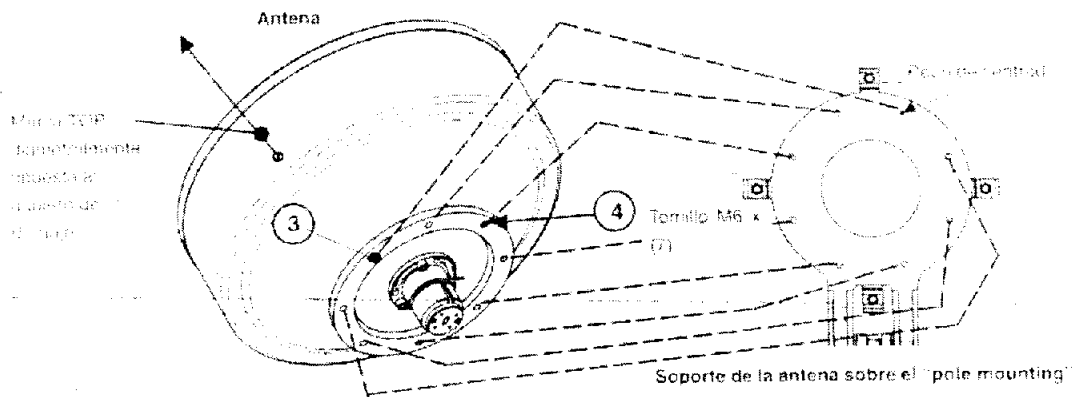
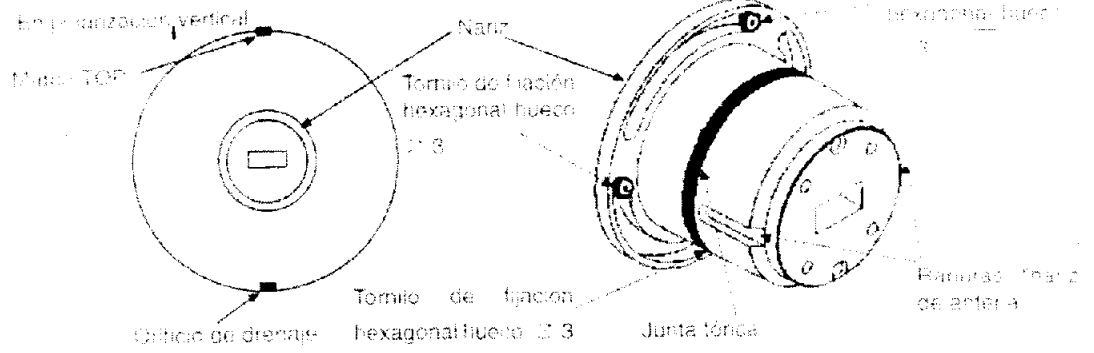


Figura III.4 a) Instalación de la antena sobre el pole mounting

Agujeros de fijación sobre la corona
de soporte de radio o
"pole mounting"

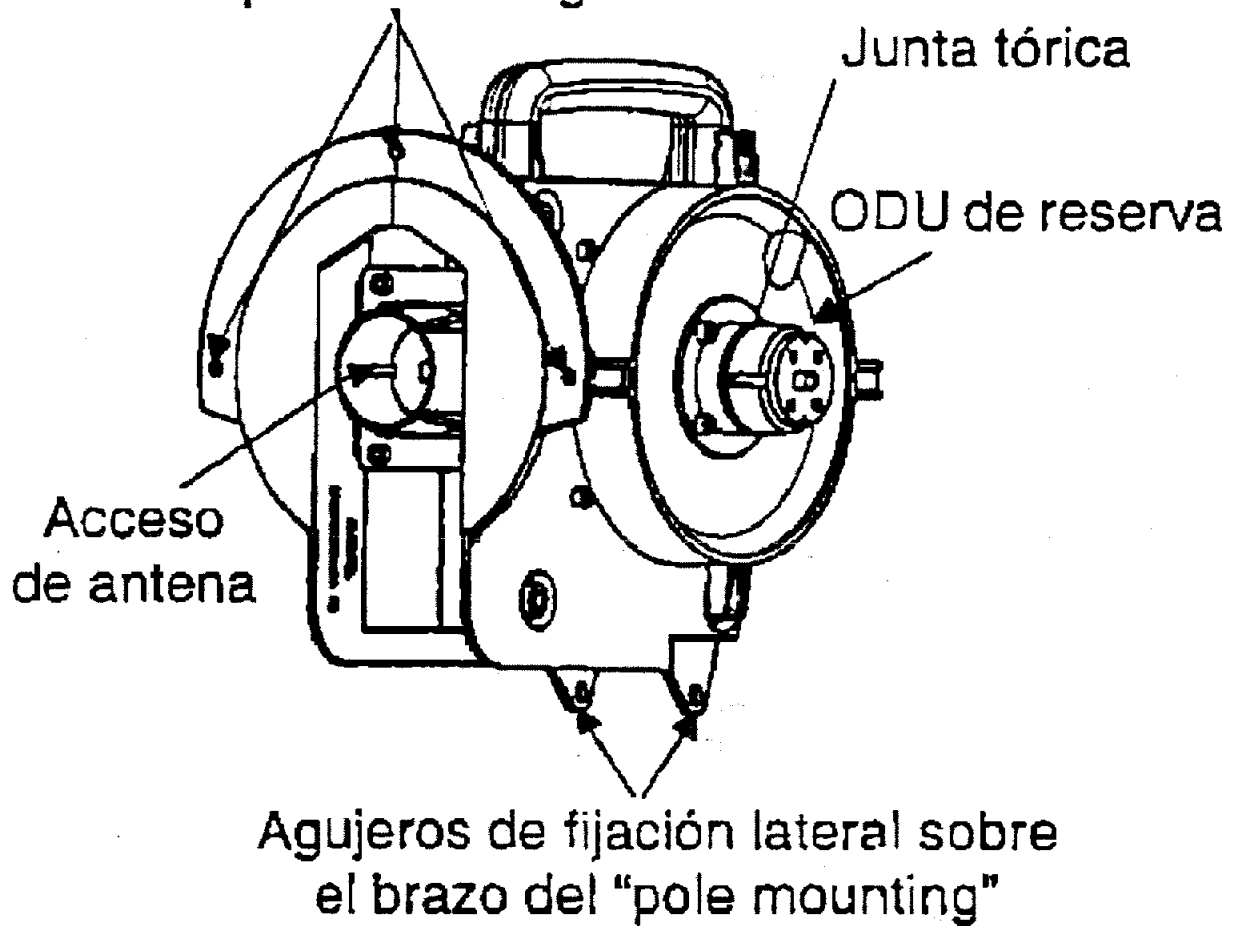


Figura III.4 b) Equipo acoplador para el radio y la antena

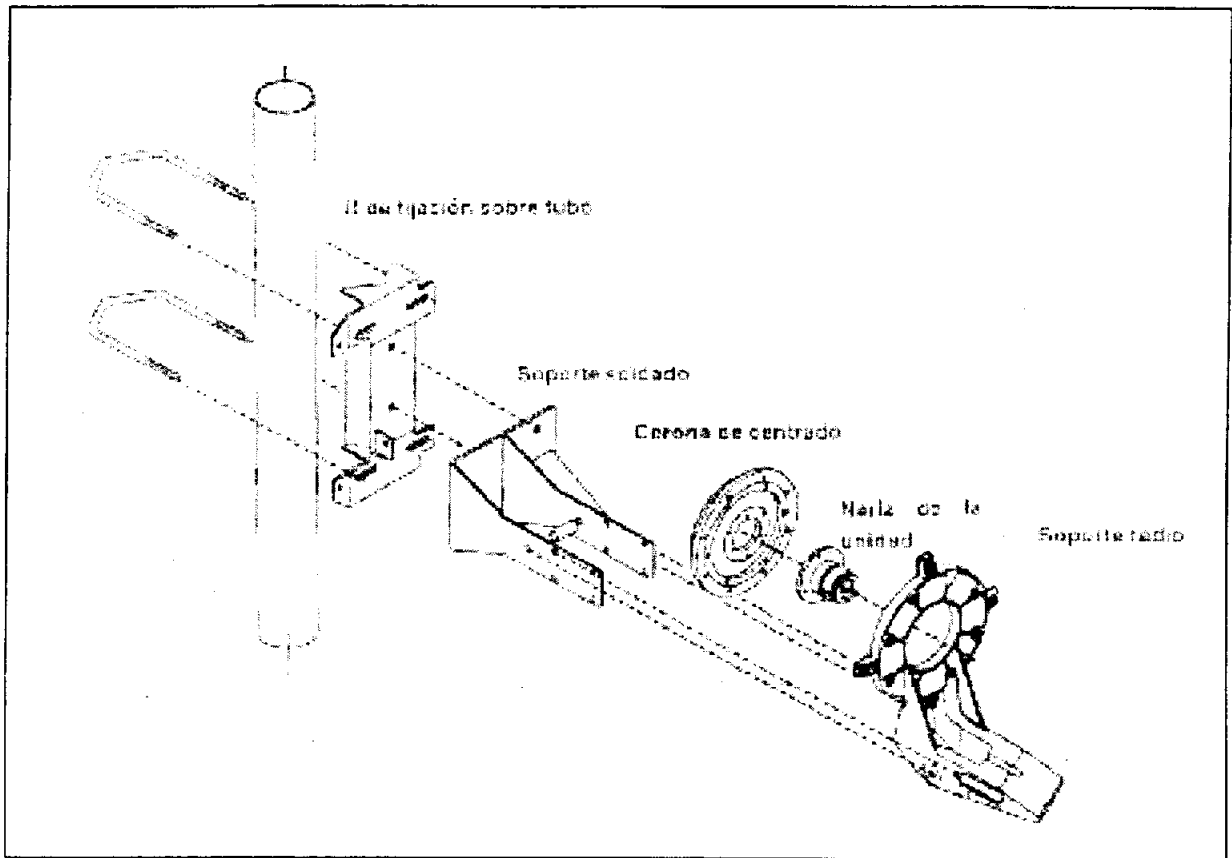


Figura III.4 c) Ensamblaje del pole mounting

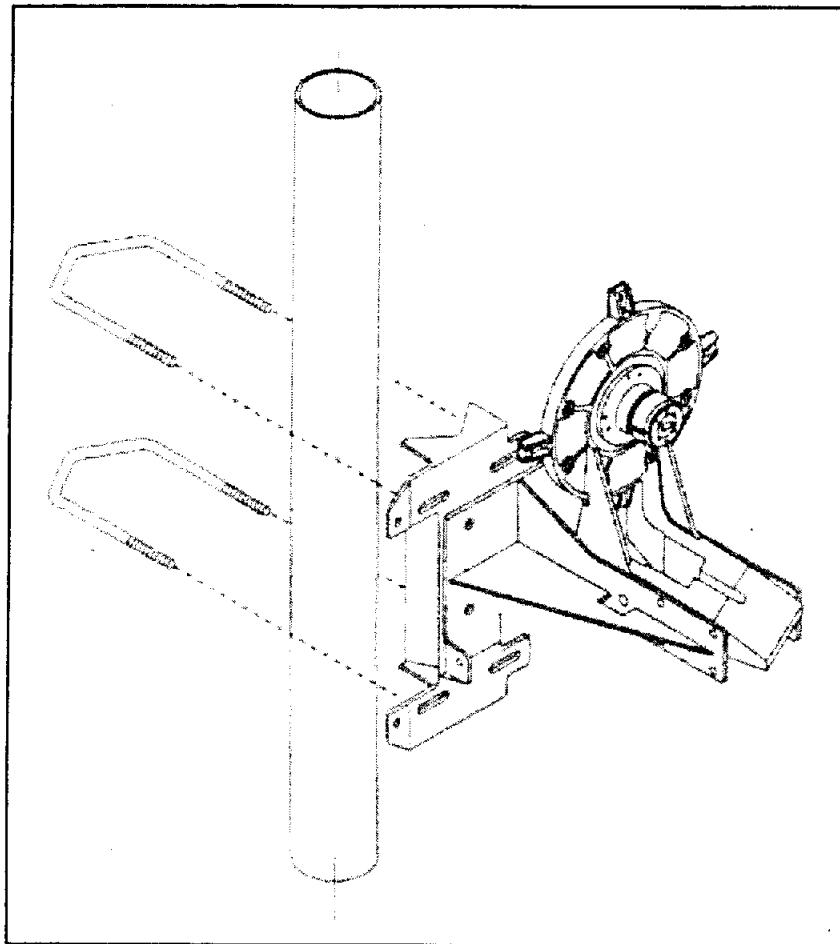


Figura III.4 d) Fijación del pole mounting sobre el mástil

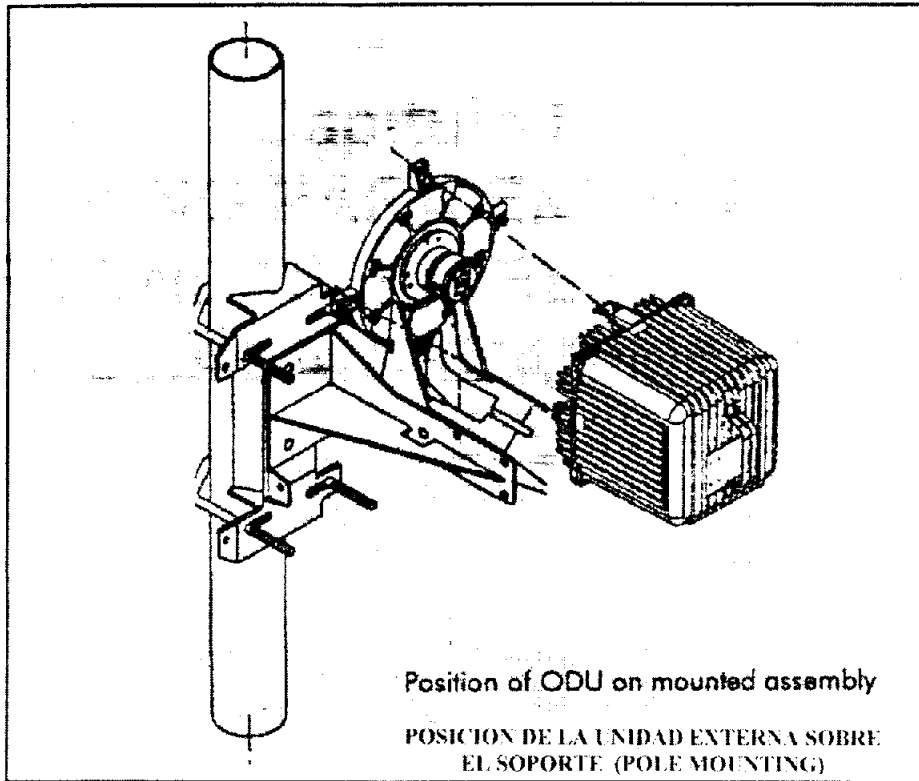


Figura III.4 e) - Instalación del equipo de radio sobre el pole mounting (soporte)

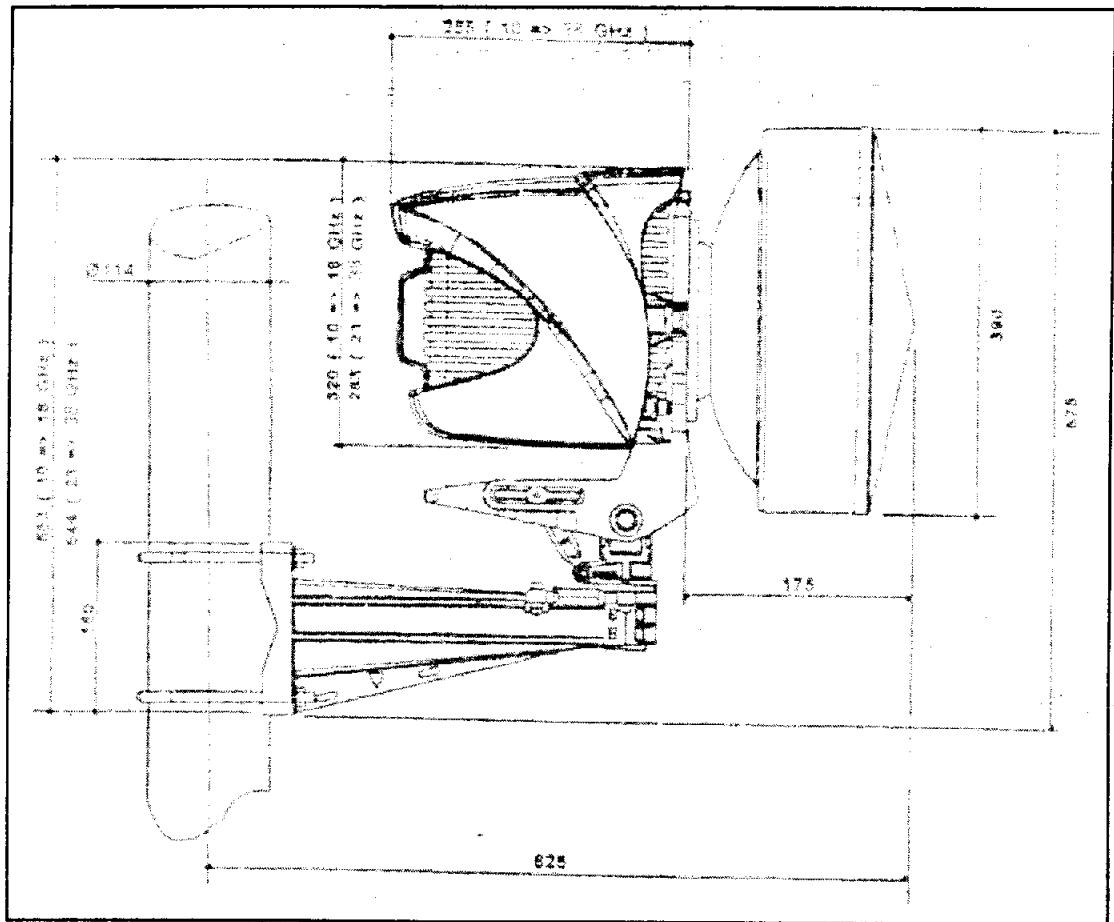


Figura III.4 f) Ajustes finales del equipo sobre el mástil de soporte

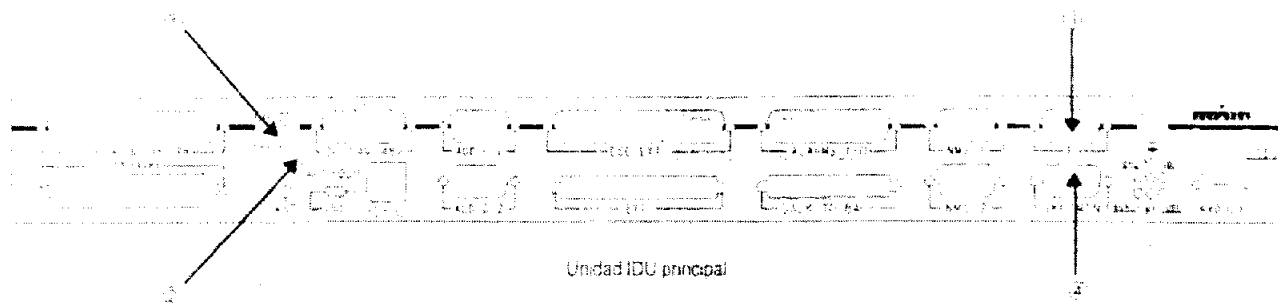
III.12 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

La verificación del equipo en cuanto a su funcionalidad, lleva consigo los siguientes pasos:

- Verificar la presencia del voltaje de alimentación correcto (24 o 48v), con la polaridad correcta, en la toma de alimentación.
- Verificar que una clave de software de autorización de configuración este presente en el conector SKU/MTN (fig.III.5).
- Poner en tensión las unidades IDU (Unidades Interiores Principal y de Extensión) por medio del inversor del panel de conexiones: El diodo electroluminiscente debe encenderse (fig.III.5).
- Verificar que la potencia recibida sea superior a -90 dBm. Esta verificación se debe efectuar en el canal normal y eventualmente en el canal de socorro.

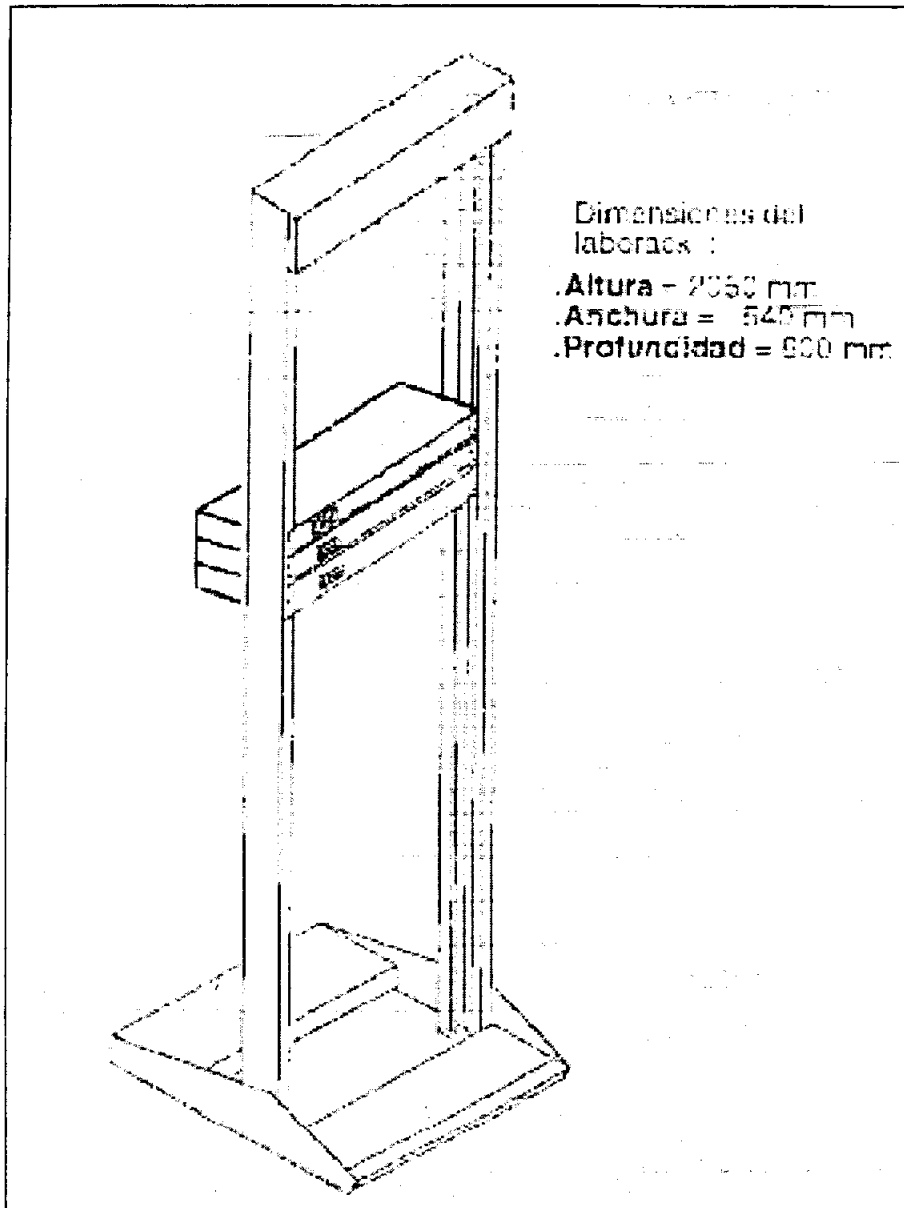
Si la potencia recibida es inferior a este valor, existe probablemente un problema de orientación de la antena o de emisión en la estación A.

- Si un operador esta presente en otra estación de la red y si un teléfono esta presente en la estación B, probar el canal de servicio telefónico.
- Ejecutar la aplicación del software en la configuración de parámetros de transmisión de radio (el software varía según la marca del equipo).
- Una vez ejecutado el software de configuración, verificar la no-existencia de indicación de alarmas y si es esto correcto, el enlace fue instalado en forma correcta.



- ① Switch de Encendido/Apagado
- ② Diodo indicador de Encendido
- ③ Puerto de Conexión para PC
- ④ Entrada de conexión a la llave de Configuración

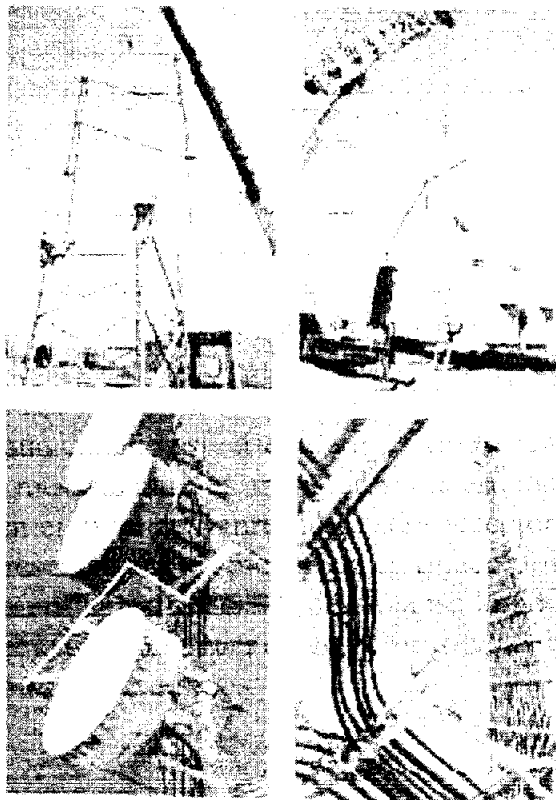
Figura III.5 Algunos de los componentes de la unidad interna principal (IDU)



**Figura III.6 Vista del rack donde se instala el
equipo interno**

Capitulo IV

DISEÑO PARA ENLACE DE MICROONDAS ENTRE REPETIDOR CULIACAN-HUANIMARO



4.1 Procedimiento de elaboración de un proyecto

El objetivo de este procedimiento es establecer el orden en que deben ejecutarse las tareas necesarias para la implementación de un sistema típico de microondas. De esta manera, el sistema será efectivo, confiable y apropiado para cumplir con los requisitos de calidad según las normas de TELMEX.

A continuación se resumen brevemente las tareas y el orden en que deben ejecutarse, posteriormente se describen a detalle cada una de ellas.

Paso	Acción
1	Recopilar los insumos provenientes de otras áreas
2	Seleccionar de la ruta
3	Realizar el cálculo del salto de radio
4	Realizar el cálculo del desempeño del sistema
5	Realizar el dimensionamiento del equipo de radio
6	Realizar la orden de trabajo para la instalación del equipo y las antenas
7	Estructurar la información del proyecto

Paso	Acción
8	Verificar disponibilidad de alimentación de energía eléctrica comercial o fuentes alternativas de energía (plantas generadoras a base de algún combustible o plantas de energía solar).
9	Antes de tomar la decisión final para la instalación de antenas y torres en los sitios seleccionados, se debe consultar con las autoridades para aclarar si hay proyectos de construcción de nuevos edificios a lo largo de la ruta y restricciones vigentes sobre la altura de las torres.

Recopilación de insumos provenientes de otras áreas

Los insumos provenientes de otras áreas se refieren al equipo a instalar, asignación de frecuencias, necesidades de obra civil, apertura de ducto, escalerilla externa, etc., necesarios para verificar la viabilidad del proyecto.

Equipo

Actualmente para la implementación de radio enlaces digitales se instalan radio con una capacidad igual o mayor a 120 canales telefónicos, para capacidades mayores se instalan los de 480 y 1,920.

La selección de la capacidad del radio enlace depende de la intensidad del tráfico que demande la zona a enlazar, de acuerdo a los criterios prioritarios de ingeniería.

La Subdirección de Operación L.D. a través de la Gerencia de Planeación se encarga de seleccionar el tipo de equipo y proveedor.

Asignación de La y la frecuencias

Subdirección de Operación asigna los canales de frecuencia y polarización a utilizar en cada una de las estaciones. Esto de acuerdo a las polarización concesiones y acuerdos entre TELMEX y la S.C.T.

Obras civiles

Las obras civiles se refieren a la construcción dentro de la cual se instalará el equipo (central, caseta, agencia o repetidor), clima, deshidratador, a los accesos a la construcción, caminos, desmontes, concreto, rejas, etc. |

Torre

Tipo de torre, espacio en la torre para la instalación, capacidad de la torre para el soporte de las antenas, escalerilla externa desde la torre hasta el contenedor. También se considera obra civil.

Fuerza

Es el tipo de energía disponible para la alimentación del equipo de radio, el cual puede ser utilizando la red comercial de la Comisión Federal de Electricidad, planta de emergencia con rectificadores y baterías.

4.2 Selección de la ruta

Lo primero que hay que realizar para establecer un enlace de microondas punto a punto es visitar los sitios donde se instalarán las antenas y determinar si la ruta de transmisión tiene línea de vista. También se debe verificar que los sitios propuestos sean seguros y adecuados con respecto a la integridad de la estructura de la antena, resguardo del equipo de radio y disponibilidad de fuerza y clima. Lo mismo se aplica para los repetidores utilizados para rodear obstáculos o para rutas mayores a 50 Km.

Supervisión de los sitios

Las antenas de los equipos de radio digital de alta capacidad son instalados normalmente sobre estructuras metálicas (torres), colocados en los puntos altos de edificios, montañas y en algunos casos sobre terrenos llanos. Por lo tanto es necesario elegir un sitio que cumpla determinadas condiciones de seguridad y además, si ya existe la infraestructura, se deberá verificar realizando una supervisión de los sitios de instalación.

Consideraciones durante la supervisión

Cuando se realice la visita a los sitios propuestos para la instalación del radio enlace, se debe tener especial cuidado de hacer las siguientes consideraciones:

Paso	Acción
1	Verificar que los sitios de instalación sean de fácil acceso.
2	Verificar construcciones de edificios o anuncios publicitarios panorámicos que puedan obstruir las rutas.
3	Verificar crecimiento de árboles que puedan obstruir la ruta.
4	Verificar cercanía con aeropuertos comerciales, privados o militares que puedan obstruir la ruta con su tráfico.
5	Verificar cercanía de ríos o canales de agua donde circulen barcos y puedan obstruir la ruta.
6	Verificar el suficiente soporte, espacio y estabilidad de la estructura de la torre para el montaje firme de la antena.

En caso de ser necesario se puede solicitar la instalación de otra torre.

7	Verificar trayectorias y distancias de los cables desde el equipo de radio hasta el mux (cables de alimentación, cables de la banda base y guía de onda).
---	---

Consideraciones durante la supervisión,

Formatos de supervisión

En al fig. 4.1 se muestra un formato utilizado en TELMEX, cuando se realiza la supervisión de los sitios de instalación de las estaciones.

Se obtiene un inventario de la obra civil, estructura de la torre y el sistema de alimentación. Para la instalación de radios de alta capacidad los campos de obra civil que se deben de llenar en el formato son los correspondientes a:

- Central o repetidor
- Tipo TDM (TELMEX) o S.C.T
- Dirección y ubicación en el caso del repetidor
- Ubicación de la sala de L.D. Fila L.D.
- Teléfonos de la mesa de pruebas
- Ducto
- Clima
- Deshidratador

Confirmación de la línea de vista

Una vez elegidos los sitios de instalación, una de las tareas más importantes a realizar inmediatamente es determinar si existe línea de vista entre las estaciones.

Para distancias cortas se puede observar a simple vista, colocándose en uno de los sitios propuestos y verificar que la ruta hacia la otra estación se encuentre libre de obstáculos. Sin embargo, en distancias largas puede requerirse el uso de binoculares. Si la estación opuesta es difícil de ubicar, se hace uso de espejos, luz estroboscópica, banderas, globo aerostático o brújula si se cuenta con las coordenadas del sitio.

Construcción de un perfil topográfico de la ruta

Para muchas aplicaciones no es necesario un riguroso análisis de la ruta, sin embargo, en situaciones donde el espacio libre o zona de Fresnel es una incógnita, es aconsejable dibujar un perfil de la ruta.

Un perfil de la ruta se construye fácilmente consultando el mapa topográfico del área considerada. Estos mapas son publicados por el INEGI, en dichos mapas se muestran las curvas de nivel y las distancias entre las poblaciones. La escala recomendada es de 1:25,000.

Se puede determinar el perfil de la elevación de la tierra y dibujar una línea recta entre las coordenadas de los dos sitios. Se debe hacer la gráfica de perfil a escala.

Construcción de un perfil topográfico de la ruta

Una vez que el perfil topográfico es obtenido, se deben incluir obstáculos tales como edificios, árboles, etc. y dibujar la envolvente de la zona Fresnel. Después de esto el perfil topográfico resultante puede mostrar problemas de visibilidad que no fueron observados durante la inspección de línea de vista.

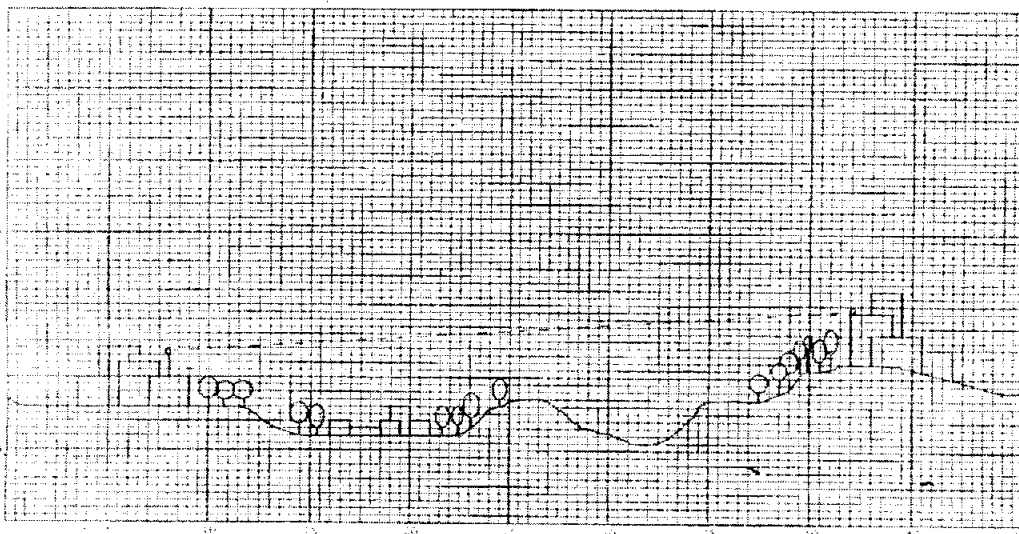


Fig. 4.3 Ejemplo de perfil topográfico

Verificación del perfil topográfico

En TELMEX se cuenta con los perfiles topográficos de las rutas de microondas, por lo que sólo es necesario actualizarlos, incluyendo obstáculos nuevos (edificios, anuncios panorámicos, crecimiento de árboles, etc.). La verificación de los perfiles la pueden realizar las filiales como Teleconstructora o Procisa.

Factibilidad del enlace

Los cálculos de enlace permiten determinar el desempeño del sistema como una función de la longitud de la ruta deseada, equipo requerido y características específicas del área considerada (tipos de terreno, clima especialmente la lluvia). El análisis de la ruta toma en cuenta estos parámetros para obtener el desempeño real del enlace.

De acuerdo a las normas de TELMEX se deben cumplir condiciones de disponibilidad de los enlaces. El análisis de la ruta es requerido también para determinar la factibilidad del proyecto, es decir, cumplir las condiciones de disponibilidad del enlace.

Zona de Fresnel

Una vez que ya se cuenta con el perfil topográfico y se han incluido todos los obstáculos físicos, es necesario dibujar sobre el perfil topográfico una zona libre llamada zona de Fresnel.

La zona de Fresnel consiste de una serie de superficies elípticas concéntricas, al rededor de la línea de vista de la ruta entre las dos antenas. La primera de esas superficies es conocida como primera zona de Fresnel y es el volumen de espacio donde la energía del enlace está concentrada.

Una regla para los radios de microondas es que la primera zona de Fresnel debe de estar libre de obstáculos o superficies reflejantes que puedan causar interferencia en la señal ocasionada una gran pérdida de señal en el receptor .

Las zonas de Fresnel son calculadas como una función de las frecuencias de transmisión, longitud de la ruta y la ubicación del punto a lo largo de la ruta. El radio de la primera zona de Fresnel (r_F) se calcula utilizando la ecuación:

$$r_F = 17.3 \frac{\sqrt{d_1 \times d_2}}{FD}$$

Donde

Variable	Descripción
r_F	Radio de la primera zona de Fresnel en metros.
d_1	Distancia desde el transmisor al punto de reflexión en cm.
d_2	Distancia desde el punto de reflexión al receptor.
D	Longitud de la ruta de señal directa en Km.
R	Frecuencia de transmisión en GHz.

Zona de Fresnel

En la figura siguiente se ha dibujado la primera zona de r_F y el efecto Fresnel, de curvatura de la tierra r_E para el punto situado en el kilómetro 24.5, según las coordenadas.

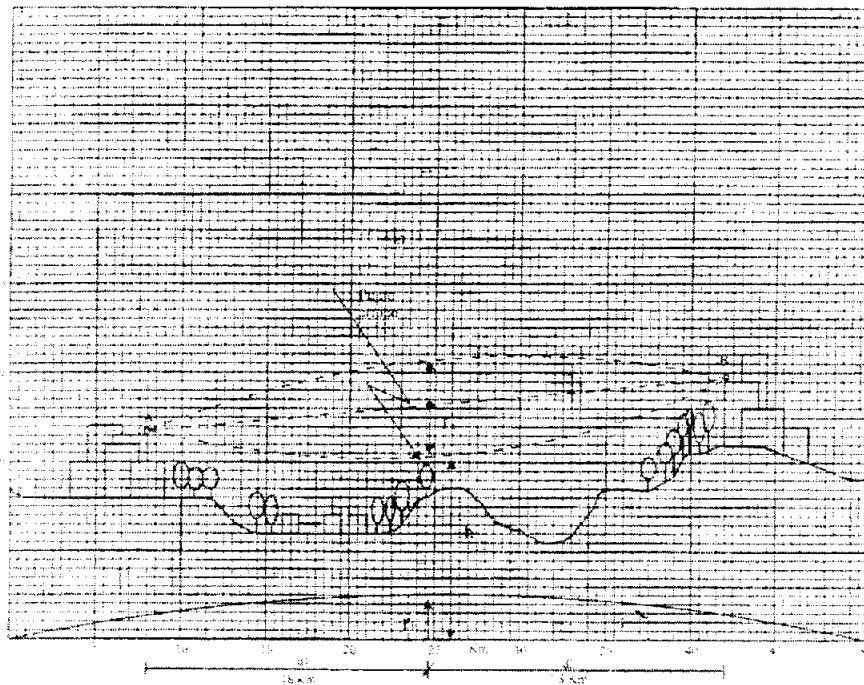


Fig. 4.4 Perfil topográfico y ubicación de los radios r_F y r_E

En el perfil topográfico de la figura anterior se ha incluido el radio de curvatura de la tierra para el punto considerado como crítico a 18 Km de la estación A

El fenómeno de refracción en la atmósfera curva el rayo radioeléctrico, debido, a la discontinuidad de la presión barométrica en función a la altitud. Para tomar en cuenta este fenómeno y para simplificar la representación gráfica, el rayo verdadero se representa recto y el radio de la tierra se afecta por un factor $K = 4/3 = 1.33$ se puede calcular con la expresión:

$$r_E = \frac{d_1 d_2}{17}$$

Donde:

- r_E (radio de la tierra) se expresa en metros.
- d_1 y d_2 se expresa en Km.

Ejemplo 1

Considerando el perfil topográfico de la fig. 4.4 calcular el radio de curvatura r_E y el radio de la primera zona Fresnel. Verificar si el espacio de la primera zona de Fresnel se encuentra libre. Considerar una frecuencia de 6.7 GHz.

De la figura se obtiene los siguientes datos:

$d_1 = 18 \text{ Km}$
 $d_2 = 17.5 \text{ Km}$

Entonces $D = d_1 + d_2 = 35.5 \text{ Km}$

$$\therefore r_E = \frac{18 \times 17.5}{17}$$

$$r_E = 18.52$$

Para $F = 6.7$ GHz.

$$r_F = 17.3 \sqrt{d_1 d_2 / FD} = 17.3 \sqrt{315 / 237.85} = 17.3 \times 1.15$$

$$r_F = 19.89 \text{ m.}$$

En la gráfica se ha dibujado la altura h del punto crítico, sin considerar la curvatura de la tierra (radio r_E), sin embargo la altura real sería 66 metros del punto crítico más $r_E = 66 + 18.52 = 84.52$ metros.

El radio de la primera zona Fresnel se extiende 19.89 metros hacia abajo en el punto crítico, lo que da un alcance de 67.11 metros.

Observamos que la altura real son 84.52 metros y la zona de Fresnel es de 67.11 metros, lo que indica que existe un traslape de 17.41 metros, lo que no garantiza una buena propagación ya que la primera zona de Fresnel no se encuentra libre.

Conclusión: el espacio de la primera zona de Fresnel no se encuentra libre.

La solución para este caso es incrementar la altura de las antenas 18 metros para librar la curvatura de la tierra. Si la altura de las antenas requerida es impráctica, puede ser necesario mover ligeramente uno o ambos sitios para esquivar los obstáculos críticos y obtener torres de altura adecuada.

Ejercicio

Considerando el perfil topográfico de la fig. 4.5 calcular los radios de curvatura r_E y el radio de la primera zona de Fresnel a los 2, 4.5 y 10.5 Km de Cerro Cantor, con estos datos dibujar la primera zona de Fresnel y las altitudes reales en los puntos considerados.

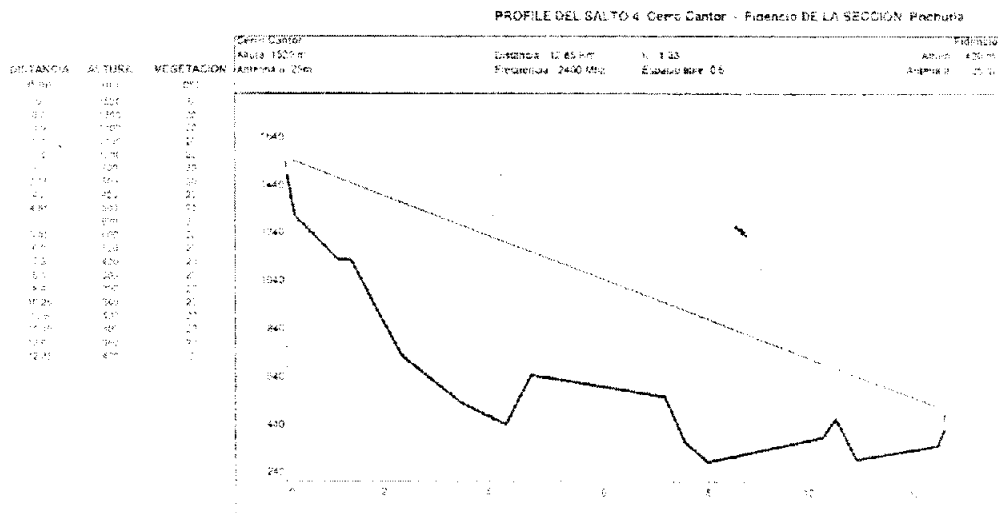


Fig. 4.5 Perfil topográfico Cerro Cantor_Fidencio

Campo	Acción
1	Anote el nombre de la ruta.
2	Anote los nombres de las dos estaciones del salto.
3	Anote la longitud de la ruta entre las estaciones A y B.
4	<p>Calcule la atenuación de las señales en el espacio libre (dB) con la siguiente expresión:</p> $L_{fs} = 92.5 + 20 \log_{10}(D \cdot F)$ <p>Donde: L_{fs} = Atenuación del espacio libre en dB. D = Longitud de la ruta en Km. F = Frecuencia en GHz.</p>

Campo	Acción
5	Anote la longitud de las líneas (guías de onda) medido desde el alimentador de RF a la antena.
6	Anote el tipo de línea (guía de onda).
7	Anote la pérdida de la línea por unidad, consultando en las hojas de especificaciones del fabricante. El valor se debe indicar en función a la longitud del cable coaxial o guía de onda y depende del tipo especificado.
8	Calcule la atenuación de las líneas (atenuación de una estación más la atenuación de la otra).
9	Anote la atenuación en filtros.
10	Las pérdidas por sombra y/o desvanecimiento, se refiere al desvanecimiento plano el cual se origina en problemas atmosféricos, es especialmente sensible en canales de RF de frecuencias mayores a 6 GHz, puede ser causado por niebla, lluvia, nieve, concentración de cristales de hielo, etc. Este valor se puede obtener de los resultados de las pruebas de propagación para microondas, si es que se realizaron (actualmente no se realizan). Depende de la frecuencia y es típicamente de algunas décimas de dB. El valor que se debe de anotar es el valor promedio de la desviaciones con respecto a la pérdida en el espacio libre. Usualmente se considera un valor de cero dB.
11	<p>La pérdida total se obtiene sumando las pérdidas de los puntos 4, 8, 9 y 10. Sin embargo, para sistemas de radio digital es recomendable utilizar una expresión más completa como la siguiente:</p> $L_T = L_{w_1} + L_{f_1} + L_{fs} + L_{A_1} + L_{w_2} + L_{f_2} + L_{A_2}$ <p>Donde: L_w = Pérdida de transmisión de línea L_f = Pérdida de los filtros L_{fs} = Pérdida del espacio libre L_A = Pérdida del radome (0.5 dB en cada antena) L_T = Pérdida total</p>
12	Anote el tipo de antena.
13	Anote la suma de las ganancias de las dos antenas.

Campo	Acción
14	Anote el tipo de equipo.
15	Capacidad (120, 420 ó 1,920 canales).
16	Anotar la potencia de transmisión del equipo.
17	Calcular la ganancia total sumando los puntos 15 y 16. $Gr = Pt + Ga_1 + Ga_2$
18	Calcular el nivel de entrada al receptor. $Pr = Gr - Lt$ Corresponde a restar lo obtenido en el punto 17 menos lo obtenido en el punto 11.
19	Anote la figura de ruido, este valor se debe consultar en las hojas de especificaciones del fabricante del equipo.
20 al 25	Anote los parámetros de ruido.

En proyectos de radio digital es más significativo asegurar que en el margen de desvanecimientos sea igual o mayor a 20 dB. Calculándolo con la siguiente expresión:

$$\text{Margen de desvanecimiento} = \left(\text{Nivel de recepción} \right) - \left(\text{Umbral de recepción} \right)$$

El umbral de recepción se encuentra en la hojas de especificación del equipo de radio y se indica en función de una tasa de error de 10^{-3} .

Ejemplo

Se requiere hacer los cálculos de la ruta para el salto de radio del enlace México (Vallejo) - Pachuca, los datos son los siguientes:

Salto México- Torreón
 Estación A México
 Estación B Torreón (repetidor)
 Altura estación México = 2,220 m.
 Altura de la antena = 25 m.
 Altura estación Torreón = 2,400 m.
 Altura de la antena = 37 m.
 Frecuencia portadora = 6.1 GHz
 Potencia de salida = +30 dBm
 Longitud de la ruta = 12.4 Km.
 Umbral de recepción = -77 dBm para BER = 10^{-3}
 Capacidad del sistema = 1,920 canales
 Línea de transmisión = EW52 (3.9 db/100 111)
 Longitud de la línea México = 70.5 m.
 Longitud de la línea Torreón = 49.0 m.
 Ganancia antena tipo UHX10-56C = 42.9 dBi
 Tipo de equipo = DM41 U6 (Alcatel)

Los datos se tienen que vaciar en el formato de la fig. 4.6 y los cálculos necesarios son los siguientes:

- Cálculo de la pérdida de espacio libre:
 $Lfs = 92.5 + 20 \log (D \times F)$
 $Lfs = 92.5 + 20 \log (12.4 \times 6.1)$
 $Lfs = 92.5 + 20 (1.87)$
 $Lfs = 130.07 \text{ dB}$

- Calcular la atenuación de las líneas:
 L_{W1} = Atenuación de la línea de 70.5 m = 2.74 dB
 L_{W2} = Atenuación de la línea de 49.0 m = 1.91 dB
- Calcular la pérdida total:
 $L_T = L_{W1} + L_{fi} + L_{ts} + L_{AI} + L_{W2} + L_{t2} + L_{A2}$
 $L_T = 2.74 + 0 + 130.07 + 0.5 + 1.91 + 0 + 0.5$
 $L_T = 135.72$ dB
- Cálculo de la suma de las ganancias de las dos antenas:
 $G_{a1} + G_{a2} = 42.9 + 42.9 = 85.8$ dB
- Calcular la ganancia total:
 $G_T = P_T + G_{a1} + G_{a2} = 30 + 42.9 + 42.9$
 $G_T = 115.8$ dBm
- Calcular el nivel de entrada al receptor:
 $P_r = G_T - L_T$
 $P_r = 115.8 - 135.72$ dBm
 $P_r = -19.92$ dBm
- Calcular el margen de desvanecimiento
 Margen de desvanecimiento = $P_r - \text{Umbral de recepción}$
 Margen de desvanecimiento = $-19.92 - (-77)$ dBm
 Margen de desvanecimiento = 57.08 dB

Como el margen de desvanecimientos es mayor a 20 dB se asegura una gran tolerancia a los desvanecimientos.

A continuación se deben concentrar los datos y resultados obtenidos como se muestra en el formato de la fig. 4.7.

Ejemplo,

continuación

TELEFONOS DE
MEXICO, S.A. DE C.V.

Subgerencia de Microondas

MEXICO

PACHUCA

1977

TIPO DE EQUIPO		P E R D I D A S							G A N A N C I A S				R U I D O					
DIRECCION		LONG. CANAL (km)	POTENCIA EN LA ANTENA (dBm)	LONG. LINEAS (m)	ATENUACION EN ONDAS LIBRES (dB)	ATENUACION EN FILTROS (dB)	PERDIDA POR REFLEXIONES (dB)	PERDIDA POR DESAJUSTES (dB)	PERDIDA TOTAL (dB)	TIPO DE ANTENA	GAIN DE ANTENA (dB)	POTENCIA TX (dBm)	GAIN DE GANANCIA	RELACION SN (dB)	RUIDO TERCERO (dB)	RUIDO DE INTERMODULACION (dB)	RUIDO DE INTERFERENCIA (dB)	RUIDO PERMISOS POR LEIS
ESTACION A	ESTACION B																	
MEXICO (VTE)	TORREON	124	170.02	119.5	1.65	0	0	135.22	DIRX 14	42.0	34	115.9	19.4					

Fig. 4.7 Ejemplo de cálculo de enlace

Continúa en la siguiente página

Calculo de la ganancia de las antenas

En el ejemplo anterior se supuso conocidas las ganancias de las antenas, sin embargo, en el diseño del proyecto no son valores conocidos. A continuación se da una expresión para calcular la ganancia de las antenas como función de la potencia de transmisor, pérdidas de la ruta, margen de desvanecimiento y umbral de recepción.

$$GT = PT -L W1 + Lfi -Lfs -L W2 -L2 -PM -C$$

Donde:

G_T = Ganancia total de las antenas

P_T = Potencia transmitida en dBm

L_w = Pérdida en las líneas de transmisión

L_{fi} = Pérdida de los filtros

L_{fs} = Pérdida del espacio libre

FM = Margen de desvanecimientos

C = Umbral de recepción del receptor (valor negativo)

Ejemplo

Calcular la ganancia de las antenas requeridas para un enlace con un margen de desvanecimiento de 40 dB, el umbral de recepción es de -72 dBm para un $TEB = 10^{-3}$, la potencia del transmisor es de 2 watts (33 dBm), la longitud de la línea de transmisión en ambos extremos es de 45 m, la frecuencia de la portadora es de 6.3 GHz, la longitud de la ruta es de 45.7 Km.

Para poder sustituir valores en la ecuación:

$$GT = PT -L W1 -Lfi -Lfs -L W2 -L2 -PM -C$$

Es necesario primero calcular la pérdida del espacio libre (L_{fs}) y elegir la guía de onda.

$$L_{fs} = 92.5 + 20 \log (D \cdot P)$$

$$L_{fs} = 92.5 + 20 \log (45.7 \times 6.3)$$

$$L_{fs} = 141.68 \text{ dB}$$

Para elegir la guía de onda útil para nuestra aplicación, es necesario consultar un manual del proveedor de líneas de transmisión, al final del instructivo en el apéndice A se muestran las hojas de especificaciones de algunos de los tipos de guías de onda del proveedor ANDREW, se debe elegir según la frecuencia y el tipo de cubierta. En nuestro caso elegiremos la guía de onda tipo EW52 con las siguientes características básicas: es una guía estándar, para el rango de frecuencias de 5.6 a 6.425 GHz y con una atenuación en la frecuencia de 6.3 GHz de 3.83 dB/100 m. Una vez que ya elegimos la línea de transmisión y conocemos la atenuación a la frecuencia de la portadora, se puede calcular la atenuación de los alimentadores de las antenas.

$$L_{w1} = \text{Atenuación de la línea de 45 m} = 1.72 \text{ dB}$$

$$L_{w2} = \text{Atenuación de la línea de 45 m} = 1.72 \text{ dB}$$

Ahora si, substituyendo valores tenemos que:

$$GT = PT -L W1 -Lfi -Lfs -L W2 -La -PM -C$$

$$GT = 33 -1.72 -0 -141.68 -1.72 -0 -40 -(-72)$$

$$GT = -80.2$$

Es decir, se requiere una ganancia de +80.2 dB, para compensar la pérdida. Consideremos que vamos a utilizar antenas de la misma ganancia en cada extremo, por lo que cada antena debe de ser de 40.1 dB.

A continuación debemos consultar el manual del proveedor para elegir el tipo de antena, seleccionemos la antena UHX10 -59J de ANDREW con las siguientes características: banda de

5.925 a 6.425 GHz y ganancia promedio de 43.2 dBi. Al final del instructivo, en el apéndice A, se pueden consultar especificaciones de algunas de las antenas fabricadas por ANDREW.

Selección de la antena

En el manual ANDREW se observa que existen varios tipos de antena que pueden satisfacer nuestro requerimiento y para saber cual debemos elegir ANDREW proporciona la siguiente tabla de selección.

Congestión de radio	Capacidad de la ruta			
	Muy alta	Alta	Media	Baja
Alta	UMX HSX	UMX HSX	UHP	UHP
Media	UHX UMX HSX	HPX HSX FPX	HP FP	PL/PAR
Ligera	UHX UMX HSX	PXL	PL/PAR KP	PI/PAR KP KPR

A continuación definiremos los términos anteriores:

Término	Significado
Muy alta capacidad	Operación de múltiples bandas con la mayor cantidad posible de canales de radiofrecuencia en uso y proveen doble polarización que utilizan altas velocidades y gran cantidad de información de la banda base por cada canal RF.

Término	Significado
Alta capacidad	Operando en una sola banda de frecuencias utilizando la mayor cantidad posible de canales RF en doble polarización y cuando opera en una doble banda de frecuencias se utiliza la mayor cantidad de canales de RF de una sola polarización en cada una de las dos bandas.
Media capacidad	Emplea menos de la mitad de canales disponibles en una sola banda de operación. La velocidad de información de la banda base es cercana a la máxima permitida por el canal de RF.
Baja capacidad	Asignado a bandas con reducida cantidad de canales en la banda base. Generalmente emplean uno o dos de los canales de RF disponibles con velocidades bajas de información de la banda base.
Alta congestión de radio	Alta interferencia potencial de los canales adyacentes y posible sobreposición de algunos. Generalmente cubre rutas paralelas o cruzadas.
Congestión media	Interferencia potencial moderada. Canales de radiofrecuencia generalmente espaciados por un ancho de canal o más. Estas condiciones frecuentemente se experimentan en enlaces con divergencia que alimentan rutas en áreas rurales muy pobladas.
Congestión baja	Poca probabilidad de interferencia del entorno. No hay sistemas operando cerca de las frecuencias asignadas. Es posible incluir en algunas situaciones áreas remotas y regiones rurales poco pobladas.

En el ejemplo anterior se eligió una antena de muy alta capacidad (UHX), ya que es un sistema de 1,920 canales, con respecto a la congestión de radio, al no especificarla se podría

haber elegido congestión alta o media. Sin embargo, es más costosa la de alta capacidad y alta congestión.

Radome

Los *radomes* son membranas de protección que cubren el radiador y la superficie reflectante de la antena contra la acumulación de hielo, nieve o suciedad. Se fabrican en dos tipos:

Radome	Descripción
Flexibles y planos	Se construyen de fibras de nylon, polímeros o fibra de vidrio, los cuales son tensados al frente de la antena.
Moldeados	Se moldean en fibra de vidrio o plástico en formas cónicas esféricas o parabólicas y son altamente resistentes a los rayos ultravioletas.

En los cálculos anteriores no se ha incluido la pérdida de inserción del radome, ya que no necesariamente se instala. Si es instalado, considerar al menos un dB de pérdida por cada radome.

Perdidas por factor de seguridad

Las pérdidas por factor de seguridad permiten ser un poco conservadores en las medidas. El valor recomendado de seguridad es de 0.5 dB por estación. Se pueden considerar pérdidas adicionales si se inserta la pérdida de retorno del sistema. La pérdida de retorno del sistema es gobernada por la relación de fase entre las ondas estacionarias de los componentes individuales (antena, radome, guía de onda, tubo flex y ventana de presurización). Sin embargo esta pérdida no puede ser calculada con precisión.

4.4 Cálculos de desempeño del sistema

Disponibilidad del enlace

Como se menciona en el capítulo 2 la confiabilidad de un enlace de microondas se expresa en porcentaje de disponibilidad, la confiabilidad también se puede expresar en términos de indisponibilidad (tiempo en el que se encuentra cortado el sistema) restando el porcentaje de disponibilidad del 100%

Las dos causas principales del corte de un sistema son fallos en el equipo y fallos en la propagación. Sin embargo, es más frecuente que ocurra el desvanecimiento debido a multitrayectorias ya la atenuación por lluvia.

El requerimiento estándar mínimo para la disponibilidad en saltos cortos es de un 99.995 por ciento. Para aclarar esto, consideremos un sistema operando continuamente durante un año con una disponibilidad de 99.995%. La disponibilidad del sistema es de 0.005% y se puede expresar en minutos por año como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{El número total de minutos de un año es:} \\ 365 \text{ días/año} \times 24 \text{ horas/día} \times 60 \text{ min/día} = 525,600 \end{aligned}$$

Obtenido el 0.005% de este valor, tenemos que la indisponibilidad es de 26.3 minutos por año. Esto quiere decir que se espera que el radio se corte un máximo de 26.3 minutos en un año.

Desvanecimiento selectivo

El desvanecimiento debido a multitrayectorias también es conocido como desvanecimiento selectivo y es resultado de la atenuación de la señal debida a la influencia del clima y el terreno, específicamente reflexiones de señal sobre la tierra y la curvatura de los rayos debido a los

cambios atmosféricos. Puede ser causado por reflexión en puntos fijos (superficie de agua, construcciones, etc.) o por la diferencia de densidad en las capas atmosféricas. Como la señal se propaga por más de un trayecto, cada trayecto tiene un tiempo de propagación distinto, lo que ocasiona que la antena reciba varias fases instantáneas de la portadora.

Pronósticos del desvanecimiento selectivo

El desvanecimiento selectivo afecta más a las bandas de baja frecuencia (ejemplo, 2 GHz) y es menos crítico en sistemas de 18 a 23 GHz. No obstante, los efectos del desvanecimiento selectivo debe ser considerado en la predicción de indisponibilidad de la ruta.

El fenómeno a sido objeto de estudios detallados. Los científicos han desarrollado una fórmula la cual aproxima los efectos de desvanecimiento por multitrayectorias sobre la indisponibilidad de las rutas como una función de la frecuencia, longitud de la ruta, margen de desvanecimiento y un conjunto generalizado de factores climáticos y del terreno. La siguiente fórmula sirve para calcular la probabilidad de pérdida de la señal debida al desvanecimiento selectivo.

$$P_m = a \cdot b \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot D^3 \cdot 10^{-MF/10}$$

Donde:

P_m = Probabilidad de pérdida de señal debida a multitrayectorias

D = Longitud de la ruta en millas

F = Frecuencia en GHz

MF = Margen de desvanecimiento de la ruta (dB)

a = Uno de los siguientes factores genéricos del terreno:

4: Para terreno muy plano incluyendo superficies de agua

1: Terreno promedio con algunas irregularidades

1/4: Para terreno montañoso, muy irregular o terreno muy árido

b = Uno de los siguientes factores climáticos:

1/2: Para áreas calurosas o húmedas

1/4: Para temperatura interior normal o áreas muy al norte

1/8: Para áreas montañosas o muy secas

Atenuación por lluvia

La causa más común del corte de los sistemas de transmisión que operan en frecuencias mayores a 6 GHz es la atenuación a desvanecimientos debidas ala lluvia. Es posible predecir la probabilidad de cortes debidos a la lluvia como una función del desvanecimiento marginal, longitud de la ruta y estadísticas de lluvia del área considerada. Una consideración importante es como la intensidad de la lluvia consume el margen de desvanecimiento y esto causa una inaceptable proporción de errores de bit y ocasionar un corte. La atenuación por lluvia depende de la frecuencia y de algunos factores que no hacen muy confiable la predicción, ya que la lluvia no es uniforme a lo largo de la ruta y es necesario contar con los datos referentes a la lluvia de las localidades consideradas.

Desempeño del sistema

A continuación se realizarán los cálculos para obtener la disponibilidad total del salto de radio en el peor mes, la cual se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad total del salto} = (100 - X_m - X_p) \% \text{ del peor mes}$$

Donde:

X_m (%) = Desvanecimiento por multitrayectorias

X_p (%) = Atenuación por lluvia

Cálculo del desvanecimiento selectivo

La fracción de tiempo durante la cual el desvanecimiento marginal es excedido durante los peores meses puede ser estimado con la siguiente fórmula:

$$X_m (\%) = 0.03 \cdot 10^{-MF/10} \cdot d^3 \cdot t^{-1.3} \cdot G$$

Donde:

MF = Margen de desvanecimiento (dB)

d = Longitud de la ruta en (Km)

t = Terreno irregular (Raíz cuadrática media m) ($6 < t < 42$)

G = Factor climático

4 Para regiones climáticas con temperatura alta, tropicales o de alta humedad.

2 Para regiones climáticas costeras mediterráneas, ecuatoriales o temperaturas marítimas.

1.5 Regiones climáticas marinas sub tropicales. ""

1.0 Para regiones climáticas tierra adentro latitud media, climas de temperatura continental.

0.5 Para climas polares, altamente secos, clima de regiones montañosas.

Cálculo de terrenos irregulares

Es necesario calcular el valor de t correspondiente a la desviación estándar de las elevaciones de terreno a iguales intervalos (no mayores a 1 Km). La elevación de los sitios de radio (h_A y h_B) son excluidos, y la curvatura de la tierra es corregida con respecto a las diferencias en altitud entre los dos sitios. La muestra h_i es la elevación siguiente a la altura del sitio h_A según la fig. 4.8.

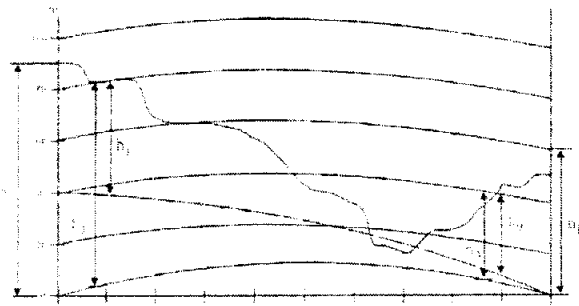


Fig. 4.8 Obtención del valor t para un terreno irregular

La fórmula siguiente nos sirve para calcular la altura de la muestra referida a la curvatura.

$$h_i' = h_i - (h_A - h_B) \left(1 - \frac{i}{n+1}\right)$$

Donde:

h_i = Altitud de una muestra como se lee en el mapa en m.

h_i' = Altitud de una muestra en m., referida a la curvatura correcta de la tierra, la curvatura de referencia de la tierra.

h_A = Altitud del sitio del radio A en metros.

h_B = Altitud del sitio del radio B en metros.

n = Número de muestras.

i = Número de serie de la muestra individual.

La irregularidad del terreno es calculada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}}$$

\bar{h} = Promedio aritmético de la muestra corregida en metros.

Para $t < 6$ m: $t = 6$ m

Para $t > 42$ m: $t = 42$ m.

Ejemplo cálculos de terreno

Determinar las irregularidades del terreno de la fig. 4.8. Los sitios de antena tienen una altitud $h_A = 90$ m (sobre el nivel del mar) y $h_B = 50$ m. Aplicando la fórmula, las altitudes corregidas son obtenidas:

$$h_i = 80 \text{ m (del mapa)}$$
$$h_i' = 80 - (90 - 50) \left(1 - \frac{1}{9+1} \right) = 44 \text{ m}$$

Corrección de altitudes en metros para las muestras h_i' a h_q' :

$$44.30.26.29. 14.8. -3. 16.36$$

Los cálculos aritméticos dan:

$$\bar{h} = \frac{44 + 30 + \dots + 16 + 36}{9} = 22.2$$

y la desviación estándar:

$$s = \sqrt{\frac{(44 - 22.2)^2 + \dots + (36 - 22.2)^2}{9 - 1}}$$

$$s = 14.7 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

Con este valor obtenido para terrenos irregulares es posible calcular el valor X_m , correspondiente a el porcentaje de tiempo durante el cual el margen de desvanecimiento es excedido.

Atenuación por lluvia

La atenuación por lluvia es difícil de predecir con exactitud. Sin embargo, daremos una expresión aproximada para el cálculo:

$$X_p (\%) = 3 (X_p')^{0.88}$$

$$X_p = 0.01 \left(\frac{A}{MF} \right)^{C+1}$$

$$C = 3.33 \text{ si } A \leq MF$$

$$C = 2.5 \text{ si } A > MF$$

$$A = \frac{90 d}{90 - 4d} \propto R^3$$

Donde:

$\alpha = 0.031$ polarización vertical

$\alpha = 0.034$ polarización horizontal

$B = 1.12$ polarización vertical

$B = 1.15$ Polarización horizontal

d = Longitud de la ruta en Km

MF = Margen de desvanecimiento en dB

R = Intensidad de lluvia excedida durante 0.01% del año en (mm/h)

En México los valores a utilizar se listan a continuación:

Zona Noroeste $r = 22$

Zona Centro y Noroeste $R = 63$

Zona Sur y Sureste $R = 95$

Los valores anteriores de R son muy burdos, para obtener valores más realistas, se deben consultar las estadísticas sobre los factores climáticos de la localidad.

Interferencias con otros radio enlaces

Es necesario también considerar en la estimación del desempeño de los radio enlaces, la influencia de otras fuentes de radio en el rango de la misma frecuencia. Para esto es necesario medir los niveles de interferencia en el receptor, la potencia de salida de la fuente interferente y la pérdida en la ruta entre el transmisor interferente y el receptor interferido. Sin embargo, cuando se presente este caso, las mediciones son difíciles de realizar y la opción final es la coordinación y reasignación de frecuencias.

Recomendaciones CCIR

El pronóstico de desempeño para el total de la ruta es de:

Proporción de errores	Cortes del sistema en el peor de los meses
$BER \geq 10^{-3}$	1.9 E -0.3 %
$BER \geq 10^{-6}$	1.4 E -0.2 %

Lo anterior quiere decir que se permite que el radio de corte máximo 9.98 minutos en todo un año para un $BER \geq 10^{-3}$. Para una proporción de errores de bit $BER \geq 10^{-6}$ se espera que se provoque una proporción mayor de errores de bit en un tiempo total de 73.58 minutos.

4.5 Dimensionamiento del equipo de radio

Una vez que se han realizado los cálculos del enlace, incluidos los de desempeño, es necesario realizar el dimensionamiento de los equipos de radio que se instalarán en cada una de las estaciones, esto lo realizaremos de acuerdo al procedimiento descrito en el capítulo 2 y considerando las recomendaciones del fabricante.

4.6 Orden de trabajo

La orden de trabajo es la conclusión del proyecto y permite iniciar la construcción, se debe generar una orden de trabajo para cada una de las estaciones de radio enlace.

Formatos

El formato utilizado es la F .701 en la que se hace una descripción del trabajo a efectuar y la clase de trabajo (instalación, desmontaje). El tiempo empleado durante la construcción.

ORDEN DE TRABAJO

CENTRAL REP. SAN PABLO MEX. OFICINA TOLUCA, MEX. LIM 7047
 ENCARGADO DEL TRABAJO (ING. REYNALDO LOPEZ RUELAS)

SERVASE EFECTUAR LOS SIGUIENTES TRABAJOS:

INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO DEL EQUIPO RADIO NEG. TRPROMB. 100 PARA FORMAR
 EN ESTACION REP. SAN PABLO 486 Q. 1 + 9 + COMO SE INDICA EN EL CROQUIS ANEXO
 EL FONDO A INSTALAR ES EL SIGUIENTE
 EQUIPO DE RADIO NEG. TRPROMB. 1000
 MODULADOR PH MITO
 DEMODULADOR PH DEM
 CONMUTACION INTEGRADA (LOT STAKE BY) 170-0001-752 0504-14X
 CABLE DE SERVICIO
 DEMONSTRADOR

NOTA: EL EQUIPO A INSTALAR DEL DESMONTAJE DEL SISTEMA VALLEJO REP. PALMAS 480
 LA TERMINAL ASIGNADA ES LA DE VALLEJO

MATERIALES Y MANO DE OBRA		Cuenta	CANTIDAD	UNIDAD	ANTES DE PRINCIPIAR ESTE TRABAJO DEBERA AVISARSE A _____ LINEA	AL TERMINARSE EL TRABAJO DEBERA SER INFORMACIONADO POR _____ LINEA	RGL. por
DESCRIPCION	CANTIDAD						
INSTALACION		A. O. M.					

MEXICO D.F. a 20 DE MAYO DE 1997

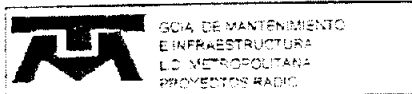
CUENTA	OPERARIO DE PLANTA			OPERARIOS EVENTUALES		
	TIEMPO EMPLEADO (HORAS)	VALOR PROMEDIO POR HORA	TOTAL	TIEMPO EMPLEADO (HORAS)	VALOR PROMEDIO POR HORA	TOTAL
TOTAL						

TRABAJO EMPEZADO 14 DE AGOSTO 1997	ANOTADO EN	FECHA	FINANCIA
TRABAJO TERMINADO 31 DE SEPTIEMBRE 1997	REGISTRO		
	DEPTO. DE DISEÑO		
	DEPTO. DE REPAR		
	AJUSTE DE INVENTARIO		
	CONTRALORIA		
	ARCHIVO		

Fig. 4.9 Orden de trabajo estación A

Anexos

Se deben agregar a la orden los anexos correspondientes a la instalación, el sistema radiador, la alimentación y la lista de materiales.



ESTACION REP. SAN PABLO, MEX.

2. INSTALACION

a) INSTALAR EL EQUIPO DE RADIO TIPO NEC TRPTG94MB-770E

DE ACUERDO AL DIBUJO ANEXO SIN

b) INSTALAR LA ANTENA EN LA TORRE TIPO EFEEL DE H-60 N

3. SISTEMA RADIADOR.

CARACTERISTICAS	DIRECCION	
TIPO DE ANTENA	HP6-71D	Ø = 2.40 m
FRECUENCIA (MHz)	Tx	7150
	Rx	7317
POLARIZACION	HORIZONTAL	
LINEA DE TRANSMISION	EW-64	
ALTURA	32 M.	

4. ALIMENTACION.

ALIMENTAR EL EQUIPO CON 48 VCD TOMANDOLO DEL SEGNORCI LATERAL DE TENSIONES PROTEGIENDOLO CON UN FUSIBLE DE 15 AMPES

5. LISTA DE MATERIALES.

PART	CANTIDAD	DESIGNACION
1	1	EQUIPO <u>NEC TRPTG94MB-770E</u>
2	1	BASTIDOR <u>_____</u>
3	1	ANTENA <u>HP6-71D</u>
4	40 m.	LINEA DE TRANSMISION <u>EW-64</u>
5	40	ABRAZADERAS <u>Completas con PIN de Tx/Rx 64</u>
6	2	Conectores <u>tipo 164 DE1</u>
7	1	Ventana de presurizacion <u>9500 x 150 x 0.85 x 1570</u>
8	1	Deshidratador
9		
10		
11		
12		
13		

6. DISTRIBUCION DE DIBUJOS

Fig. 4.10 Anexo ala orden de trabajo

Croquis para
instalación del
equipo de radio

Se debe anexar también el croquis de la central o repetidor indicando la posición a ocupar por el equipo de radio.

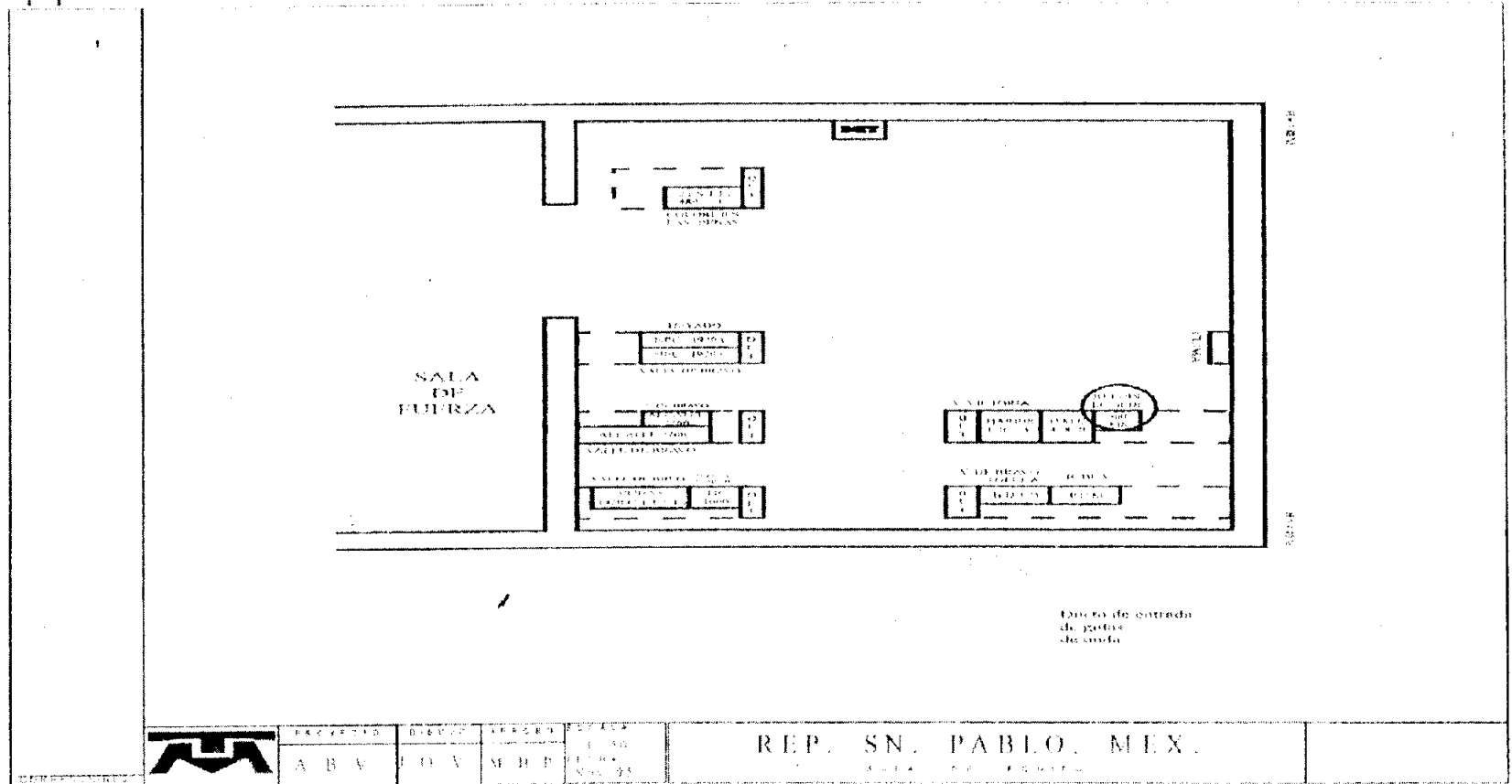


Fig. 4.11 Croquis de la localización del equipo de radio

Croquis para la instalación de la antena

Otro anexo a la orden de trabajo es el croquis donde se indica el espacio asignado para la antena incluyendo su dirección.

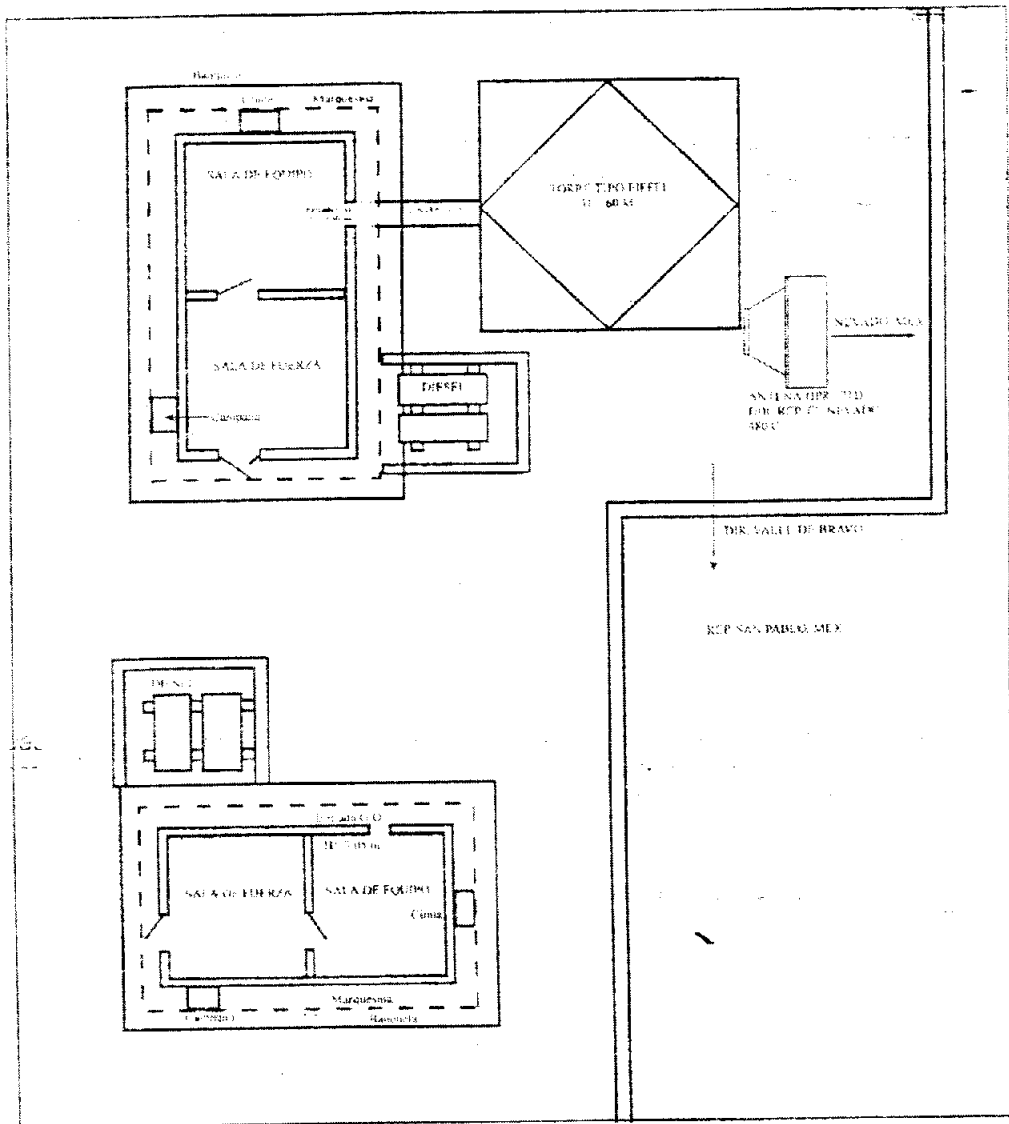


Fig. 4.12 Croquis para ubicación de la antena.

Estación B Se debe generar la misma información para la estación B

TELEFONOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

ORDEN DE TRABAJO

CENTRAL REP. EL NEVADO MEX. OFICINA TOLUCA, MEX.
 ENCARGADO DEL TRABAJO Lsien (ING. REYNALDO LOPEZ RUELAS)

100-775

SIRVASE EFECTUAR LOS SIGUIENTES TRABAJOS:

INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO DEL EQUIPO RADIO NEC - TRPTG34MB - 770 PARA FORMAR EL SISTEMA REP. EL NEVADO - REP. SAN PABLO 460 C (1 - 0) COMO SE INDICA EN EL DIBUJO ANEXO. EL EQUIPO A INSTALAR ES EL SIGUIENTE:

- EQUIPO DE RADIO NEC - TRPTG34MB - 770
- MODULADOR PH MOD.
- DEMULADOR PH DEM.
- CONMUTACION INTEGRADO (HOT STAND BY) * 70 - 0001 750 - 6506 - 1906
- CANAL DE SERVICIO
- DESHIDRATADOR

NOTA: EL EQUIPO A INSTALAR DEL DESMONTA E DEL SISTEMA VALLEJO - REP. PALMAS 4600 Y LA TERMINAL ASIGNADA ES LA DE REP. PALMAS

MATERIAL Y MANO DE OBRA:		CIENTOS	ANTES DE PRINCIPIAR ESTE TRABAJO DEBERA AVISARSE A:
PLANE DE TRABAJO			
INSTALACION		A. D. M.	AL TERMINARSE EL TRABAJO DEBERA SER INSPECCIONADO POR:
			RS: / per

Mexico, D.F. a las 28 DE MAYO DE 1997

CUENTA	OPERARIOS DE PLANTA			OPERARIOS EVENTUALES		
	TIEMPO EMPLEADO HOMBRES HORAS	SUELDO PROMEDIO POR HORA	TOTAL \$	TIEMPO EMPLEADO HOMBRES HORAS	SUELDO PROMEDIO POR HORA	TOTAL \$
TOTAL						

TRABAJO EMPEZADO ...14... DE ...AGOSTO... 1997	ANOTADO EN	FECHA	PERM.
TRABAJO TERMINADO ...11... DE ...SEPTIEMBRE... 1997	REGISTRO		
...11... DE ...SEP... 1997	DEPTO DE DISEÑO		
	DEPTO DE REPAR		
	AJUSTE DE INVENTARIO		
	CONTRALERIA		
	ARCHIVO		

INSPECCIONADO EL 11 DE SEPT. 1997

CAF 01 2015 y P. 701

Fig. 4.13 Orden de trabajo estación B



2. INSTALACION

2.1. INSTALAR EL EQUIPO DE RADIO TIPO NEC TRP70MMB-1776

DE ACUERDO AL DISEÑO ANEXO SIN

2.2. INSTALAR LA ANTENA EN LA TORRE TIPO AUTOSOPORTADO DE H= 50 M.

3. SISTEMA RADIADOR

CARACTERISTICAS	T. FRECUENCIA	DIRECCION
TIPO DE ANTENA	HPD-710 12 x 240 m	
FRECUENCIA (MHz)	f ₁ 7010 f ₂ 7156	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
LINEA DE TRANSMISION	EW-84	
ALTURA	10 M.	

4. ALIMENTACION

ALIMENTAR EL EQUIPO CON 48 VCD TOMANDOLOS DEL 65/100/05
LATERAL DE TENSIONES PROTEGIENDOLO CON UN FUSIBLE DE 25 AMP.

5. LISTA DE MATERIALES

PART	CANTIDAD	DESIGNACION
1	1	EQUIPO <u>NEC TRP70MMB-1776</u>
2	1	BASTIDOR <u>_____</u>
3	1	ANTENA <u>HPD-710</u>
4	50 m	LINEA DE TRANSMISION <u>EW-84</u>
5	70	ABRAZADERAS <u>conector para LINEA TW-84/84</u>
6	2	Condensadores <u>tipo 164 DET</u>
7	1	ventana de presurizacion <u>65901-157 (CPR-1270</u>
8	1	Desidratador
9	_____	_____
10	_____	_____
11	_____	_____
12	_____	_____
13	_____	_____

6. DISTRIBUCION HIDROLOGICA

Fig. 4.14 Anexo a la orden de trabajo estación B

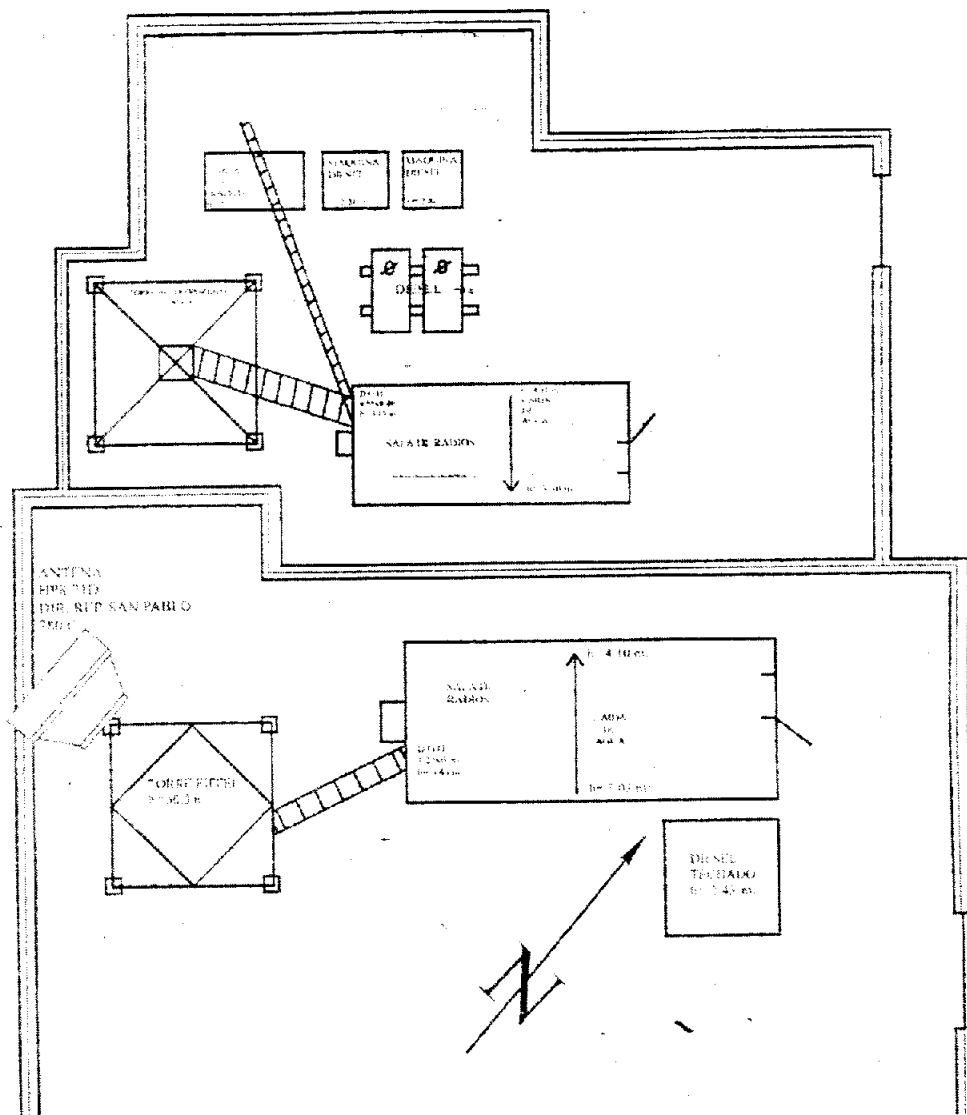


Fig. 4.16 Croquis para ubicación de la antena estación B

Poligonal del radio enlace

Para completar la información del proyecto, es necesario incluir la poligonal de la ruta de microondas. En la que se incluye un resumen de la información más importante del proyecto.

La única desventaja de este formato es que no incluye los niveles de recepción esperados, el margen de desvanecimiento y el desempeño del sistema, siendo estos parámetros muy importantes en los proyectos de radio digital.

Poligonal del radioenfase.

continuación

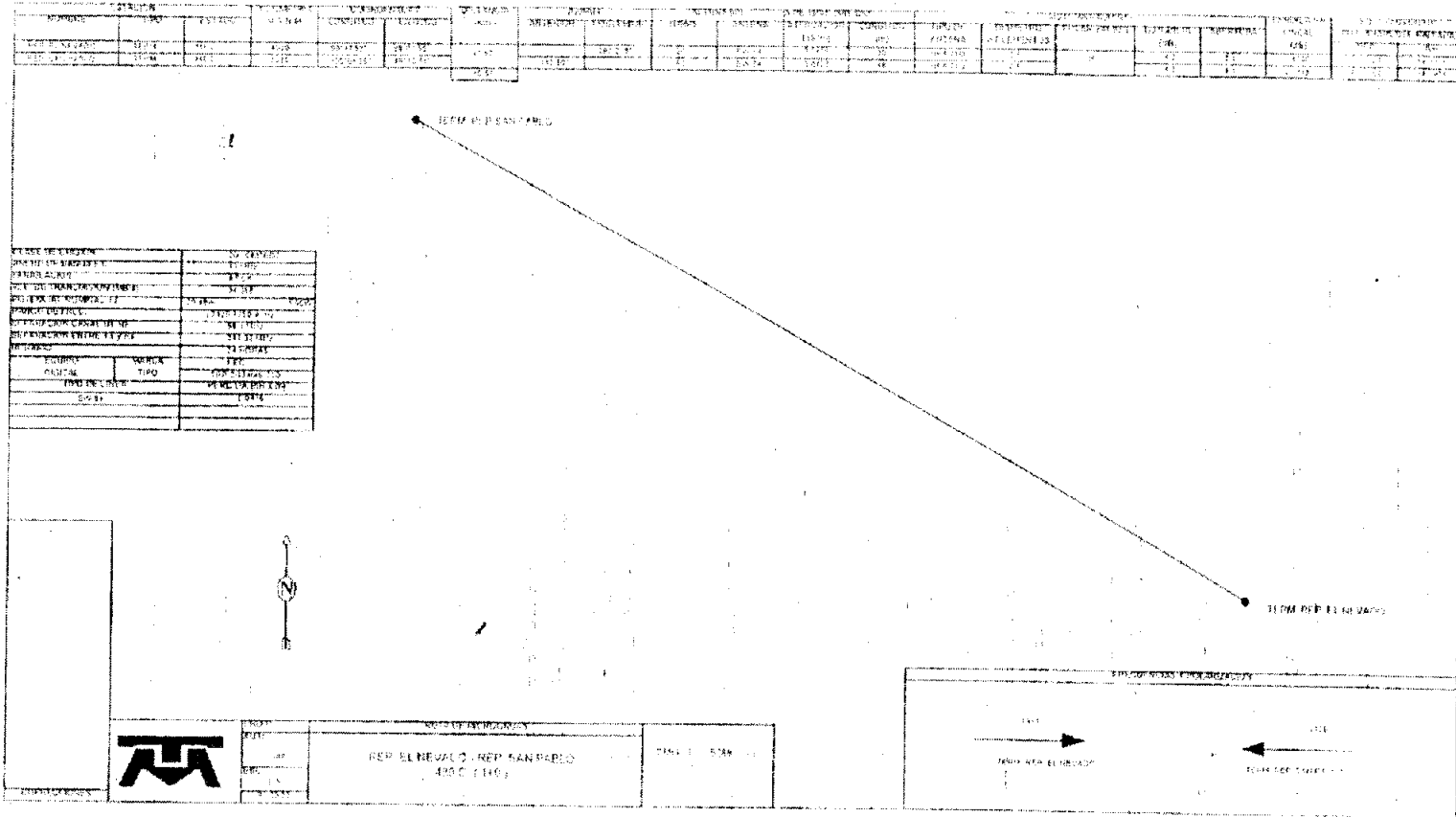


Fig. 4.17 Poligonal de radioenfase

4.7 Estructurar la información del proyecto

Una de las tareas más importantes es la documentación del proyecto, la cual debe incluir todos los documentos generados durante el desarrollo de todo el proyecto, desde la ingeniería hasta la construcción.

Documentación del proyecto

Debido a que no existen documentos oficiales con excepción de la orden de trabajo, es necesario recopilar la información generada durante la ejecución del proyecto, desde la ingeniería hasta la construcción. Dicha información servirá de historial para cuando sea necesario re ubicar o desmontar el equipo para su reasignación

Lista de verificación de la documentación	
1	Descripción breve del sistema
2	Plano principal del proyecto y de la ruta
3	Memorias de cálculo de potencia recibida y cálculos de desempeño
4	Parámetros del sistema (principales características del equipo de radio)
5	Alturas distancias, tipo de antenas y longitud de las guías.
6	Canales de frecuencia asignados
7	Dimensionamiento de los equipos de radio en cada estación
8	Ordenes de trabajo generadas para todas las estaciones
9	Ordenes de trabajo liquidadas incluyendo los protocolos de recepción de los equipos de radio

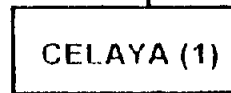
En caso de los proyectos llave en mano se debe verificar que se cumplan con estos puntos en la carpeta de memoria de proyecto que entrega el proveedor. Es importante considerar que los proveedores de equipo garantizan el funcionamiento correcto del sistema, siempre y cuando ellos realicen toda la ingeniería del proyecto.

Debe tenerse presente que el objetivo de la ingeniería es la optimización de los recursos y la obtención de la máxima eficiencia de los sistemas de acuerdo a las normas de TELMEX.

ALT 2510M
 LA PIEDAD
 LAT. 20 18 11 N
 LON. 102 06 53 W
 TX 2415.5 Mhz
 RX 2338.5 Mhz
 5 MICROS

HUANIMARO
 LAT. 20 24 23 N
 LON. 101 31 04 W
 ALT 2210M
 TX 2310.50 Mhz
 RX: 2387.50 Mhz
 13 MICROS

PALO HUERFANO
 LAT. 20 49 31 N
 LON. 100 47 01 W
 ALT. 2180M
 TX 2387.50 Mhz
 RX: 2310.50 Mhz
 4 MICROS.



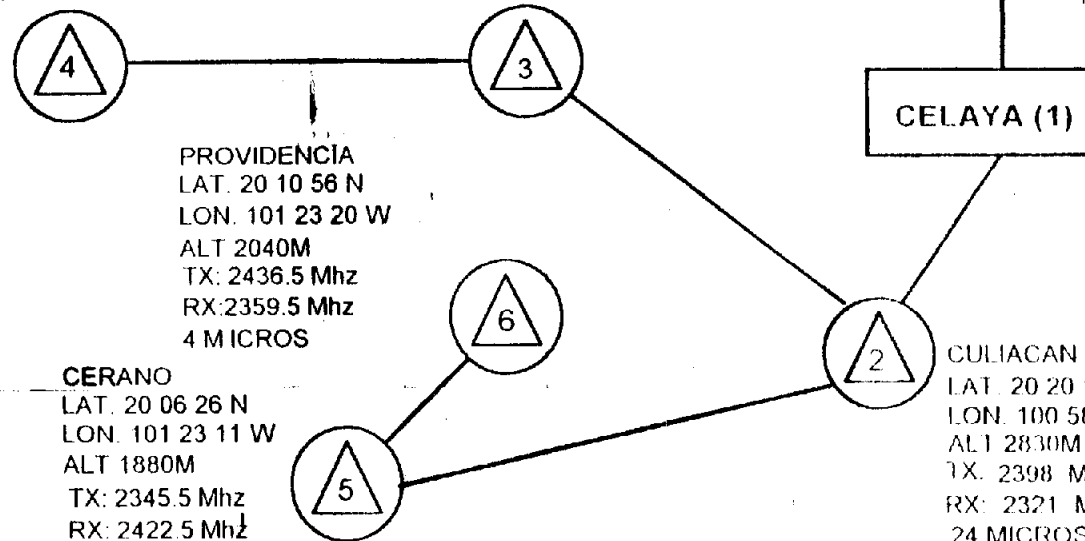
ESTACION CENTRAL
 DE CELAYA
 LAT. 20 31 30
 LON. 100 49 48
 ALT 1750M
 TX 2296.50 Mhz
 RX: 2373.50 Mhz
 4 MICROS.

PROVIDENCIA
 LAT. 20 10 56 N
 LON. 101 23 20 W
 ALT 2040M
 TX: 2436.5 Mhz
 RX: 2359.5 Mhz
 4 MICROS



CULIACAN
 LAT. 20 20 16
 LON. 100 58 09
 ALT 2830M
 TX. 2398 Mhz
 RX: 2321 Mhz
 24 MICROS

CERANO
 LAT. 20 06 26 N
 LON. 101 23 11 W
 ALT 1880M
 TX: 2345.5 Mhz
 RX: 2422.5 Mhz
 1 MICRO

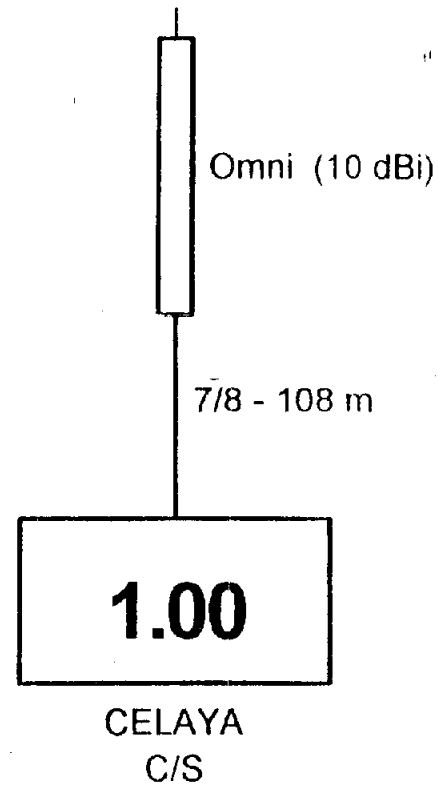


SRT DE MEXICO

SISTEMA CELAYA

11 de Mayo de 1993

ESTACION CENTRAL

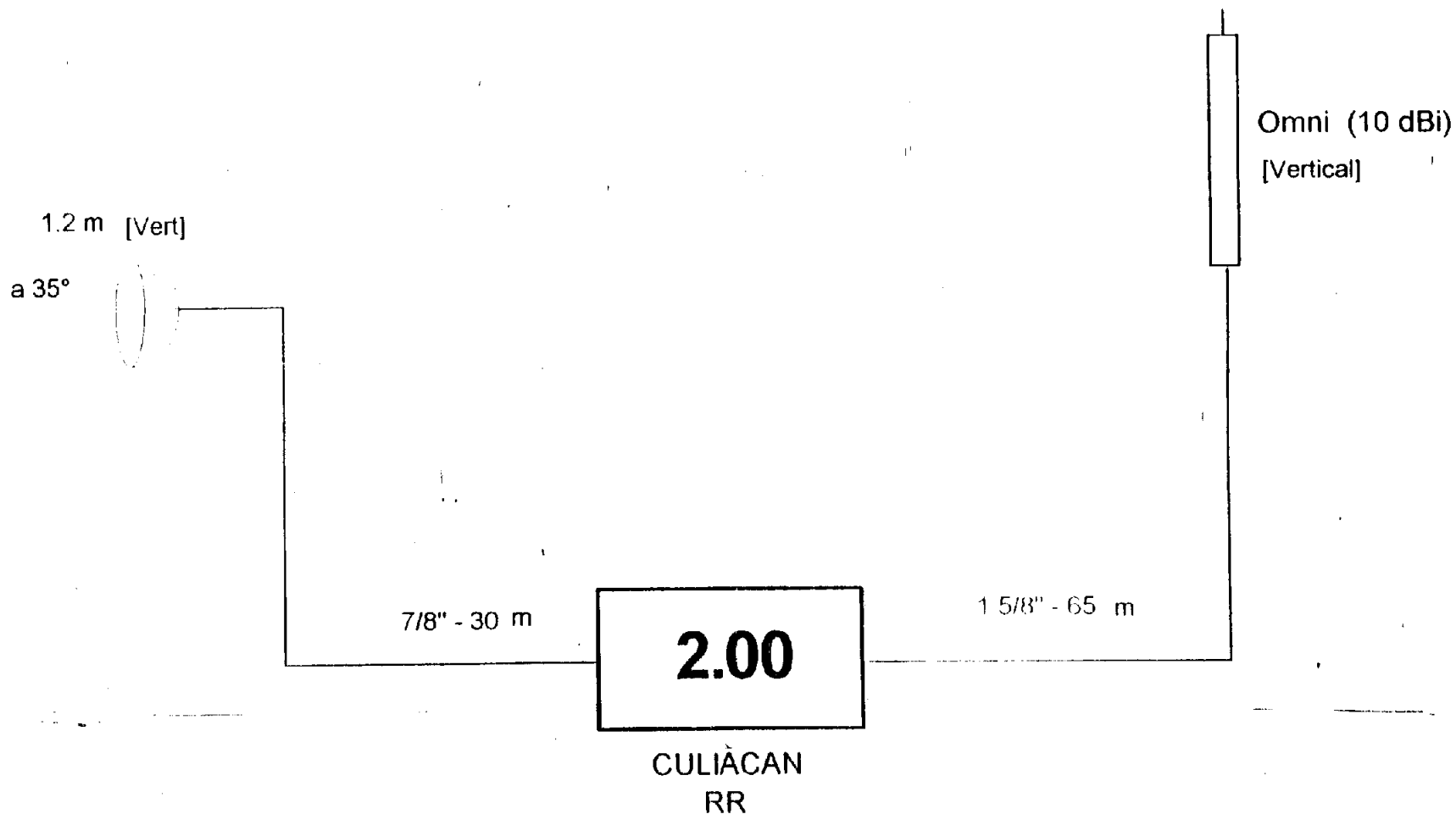


SRT DE MEXICO

SISTEMA CELAYA

11 de Mayo de 1993

RR CULIACAN



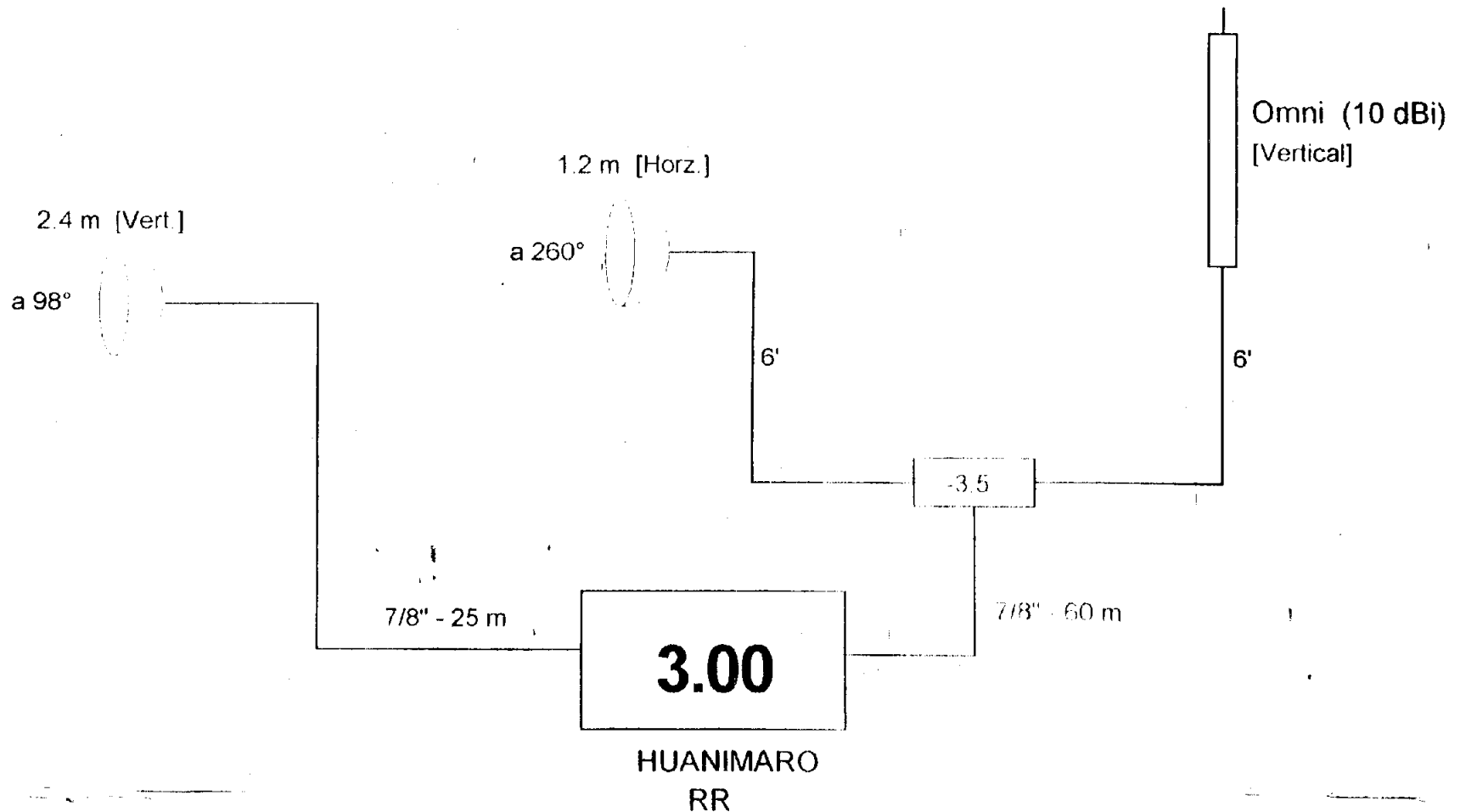
Arreglo de Antenas Repetidor Culiacán

SRT DE MEXICO

SISTEMA CELAYA

11 de Mayo de 1993

RR HUANIMARO



Arreglo de Antenas Repetidor Huanimaro

SRT de México

RELACION DE POBLACIONES CANDIDATOS A CELULAS DIGITALES

NOMBRE DE LA CELULA:

CELAYA

CLIENTE:

TELMEY

TIPOS DE ANTENA:

OMN: PARABÓLICA:
 De 10 dB = 1 0.6 m. = 3
 De 13 dB = 2 1.2 m. = 4
 PANEL = 11 1.8 m. = 6

SECTORIAL:

2.4 m. = 7 180 grd. = 13
 3.0 m. = 8 120 grd. = 14
 3.7 m. = 9 90 grd. = 15

LÍNEA DE Tx.

1/2 = 1
 7/8 = 2
 1 5/8 = 3

TIPOS DE TORRE:

P: Poste 1: SPECIALUM
 2: Modelo 40
 3: Modelo 60
 4: Modelo 90
 (E) = EXIST
 (R) = REPLACE

Ref.	NOMBRE DEL POBLADO	MUNICIPIO	N° abonados	EQUIPO	MAPA	UTM ESTE	UTM NORTE	LAT DD MM	LONG DD MM	ALT m	ANTENA		TRUE AZIM.	TORRE tipo/altura	LINEA Tx tipo/long	PERFIL (archivo)
											tipo/altura	Pol				
1.00	CELAYA (-48 vdc) a RR 2.00, RR7.00 y micros	Celaya		C/S	C64	309 20	2270 50	20 31 30	100 49 48	1750				75 (E)		
											11/5	V			2/108	
1 01	SANTA FE DE LA PURISIMA	Cotazar	1	MICRO	C74	302 73	2267 28	20 29 43	100 53 30	1745	11/14	V	63	P/14	1/20	CESANTA
1 02	ARREGUIN DE ABAJO	Cotazar	1	MICRO	C74	308 69	2265 01	20 28 31	100 50 03	1745	11/14	V	4	P/14	1/20	CEARREGU
1 03	EL PUESTO	Celaya	1	MICRO	C74	309 45	2264 35	20 28 10	100 49 36	1750	11/14	V	357	P/14	1/20	CEPUESTO
1 04	SANTOS DEGOLLADO	Celaya	1	MICRO	C64	306 69	2272 82	20 32 44	100 51 14	1750	11/14	V	133	P/14	1/20	CEDEGOLL

SRT de México

RELACION DE POBLACIONES-CANDIDATOS A CELULAS DIGITALES

NOMBRE DE LA CELULA:

CELAYA

CLIENTE:

TELMEX

TIPOS DE ANTENA:

OMNI PARABOLICA:
 De 10 dB = 1 0.6 m. = 3
 De 13 dB = 2 1.2 m. = 4
 PANEL = 11 1.8 m. = 6

SECTORIAL:

2.4 m. = 7 180 grd. = 13
 3.0 m. = 8 120 grd. = 14
 3.7 m. = 9 90 grd. = 15

LINEA DE Tx.

1/2 = 1
 7/8 = 2
 1 5/8 = 3

TIPOS DE TORRE:

P: Poste 1: SPECIALUM
 2: Modelo 40
 (E) = EXIST 3: Modelo 60
 (R) = REPI ACE 4: Modelo 90

Ref.	NOMBRE DEL POBLADO	MUNICIPIO	Nº abonados	EQUIPO	MAPA	UTM ESTE	UTM NORTE	LAT DD MM	LONG DD MM	ALTI m	ANTENA tipo/altura	TRUE Pol	TORRE AZIM. tipo/altura	LINEA Tx tipo/long	PERFIL (archivo)	
2.00	CULIACAN (-48 vdc) de Celaya C/S a micros, RR 3.00 & RR 5.00	Cortazar	1	RR	C74	294 38	2249 97	20 20 16	100 58 09	2030	4/20 1/6	V V	35 -	55 E 2/30 3/65	CECULIAC	
2.01	SAN JOSE DE PEÑA	Acambato	1	MICRO	C75	327 85	2244 59	20 17 34	100 38 55	2000	11/14	V	279	P/14	1/20	CUJOSEPE
2.02	RANCHO VIEJO DE TORRES	Valle de Santiago	1	MICRO	C73	272 48	2242 64	20 16 09	101 10 42	1780	11/14	V	071	P/14	1/20	CURANCHO
2.03	SAN ANDRÉS ENGUARO	Yurua	1	MICRO	C83	266 26	2234 92	20 11 55	101 14 13	1780	11/14	V	061	P/14	1/20	CUANDRÉS
2.04	ZAPOTITOS	Yurua	1	MICRO	C83	282 23	2231 65	20 10 16	101 05 01	1825	11/14	V	033	P/14	1/20	CUZAPOTI
2.05	LA ORDENA	Mantón	1	MICRO	C83	261 76	2223 91	20 05 56	101 16 42	2020	3/14	V	051	P/14	2/20	CUORDENA
2.06	SILVA (SAN ISIDRO)	Salvatera	1	MICRO	C64	308 71	2275 01	20 33 56	100 50 06	1755	11/14	V	209	P/14	1/20	CUSILVA
2.07	LAGUNA PRIETA	Yurua	1	MICRO	C82	254 74	2236 77	20 12 51	101 20 50	2160	3/14	V	071	P/14	2/20	CUPRIETA
2.08	SAN JOSE OCTUNGUTIRO	Yurua	1	MICRO	C83	247 92	2223 73	20 05 43	101 24 39	1905	4/20	V	060	2/20	2/25	CUSNJOSE
2.09	LA TINAJA (HUANIMARO)	Valle de Santiago	1	MICRO	C72	241 33	2258 28	20 24 23	101 28 43	1790	4/14	V	098	P/14	1/20	CUTINAJA
2.10	LAGUNILLA DE MOGOTES	Valle de Santiago	1	MICRO	C73	265 26	2247 02	20 18 28	101 14 53	2230	11/14	V	083	P/14	1/20	CULAGUNI
2.11	SANTA BARBARA	Valle de Santiago	40	RACK	C72	255 04	2265 35	20 28 20	101 20 54	1698	3/14	V	111	P/14	2/20	CUBARBAR
2.12	SANTA TERESA	Celaya	1	MICRO	C64	302 47	2282 89	20 38 11	100 51 27	1785	3/14	V	199	P/14	1/20	CUTERESA
2.13	LANDIN	Comonfort	1	MICRO	C54	301 73	2296 90	20 45 45	100 54 16	1970	4/20	V	188	2/20	1/25	CULANDIN
2.14	OJO DE AGUA DE GARCIA	Comonfort	1	MICRO	C54	298 42	2299 88	20 47 21	100 56 12	2060	4/14	V	184	P/14	1/20	CUGARCIA
2.15	MARIA GOMEZ	Salamanca	1	MICRO	C63	281 21	2289 55	20 41 38	101 06 02	1890	3/14	V	161	P/14	2/20	CUMGOMEZ
2.16	DIECIOCHO DE MARZO	Salamanca	1	MICRO	C63	287 80	2273 95	20 33 13	101 02 08	1740	11/14	V	164	P/14	1/20	CU18MARZ
2.17	MESA DE ACOSTA	Juveniles Rosas	1	MICRO	C63	284 68	2295 12	20 44 40	101 04 05	2060	4/14	V	167	P/14	1/20	CUACOSTA
2.18	NARANJILLO	Juveniles Rosas	1	MICRO	C64	292 38	2291 26	20 42 38	100 59 37	1840	3/14	V	176	P/14	2/20	CUNARANJ
2.19	SAN DEIGO DE LOS COLORES	Juveniles Rosas	1	MICRO	C63	289 11	2292 06	20 43 03	101 01 30	2010	3/14	V	172	P/14	2/20	CUSNIEG
2.20	ESPERANZA	Tamayo	1	MICRO	C84	318 40	2236 24	20 12 59	100 44 18	1965	11/14	V	299	P/14	1/20	CUESPERA
2.21	PRESA BLANCA	Celaya	1	MICRO	C64	313 38	2283 21	20 38 24	100 47 28	1775	3/14	V	209	P/14	1/20	CUPRESA
2.22	MEXICANOS	Villagran	1	MICRO	C63	284 41	2271 37	20 31 48	101 04 03	1720	11/14	V	154	P/14	1/20	CUMEXICA
2.23	LAS GALERAS	Cortazar	1	MICRO	C74	293 20	2259 80	20 26 04	100 59 03	1730	11/14	V	172	P/14	1/20	CUGALERA

SRT de México

RELACION DE POBLACIONES CANDIDATAS A CELULAS DIGITALES

NOMBRE DE LA CELULA:

CELAYA

CLIENTE:

TELCEL

TIPOS DE ANTENA:

OMNI PARABOLICA:
 De 10 dB = 1 0.6 m. = 3
 De 13 dB = 2 1.2 m. = 4
 PANEL = 11 1.8 m. = 6

SECTORIAL:

2.4 m. = 7 180 grd. = 13
 3.0 m. = 8 120 grd. = 14
 3.7 m. = 9 90 grd. = 15

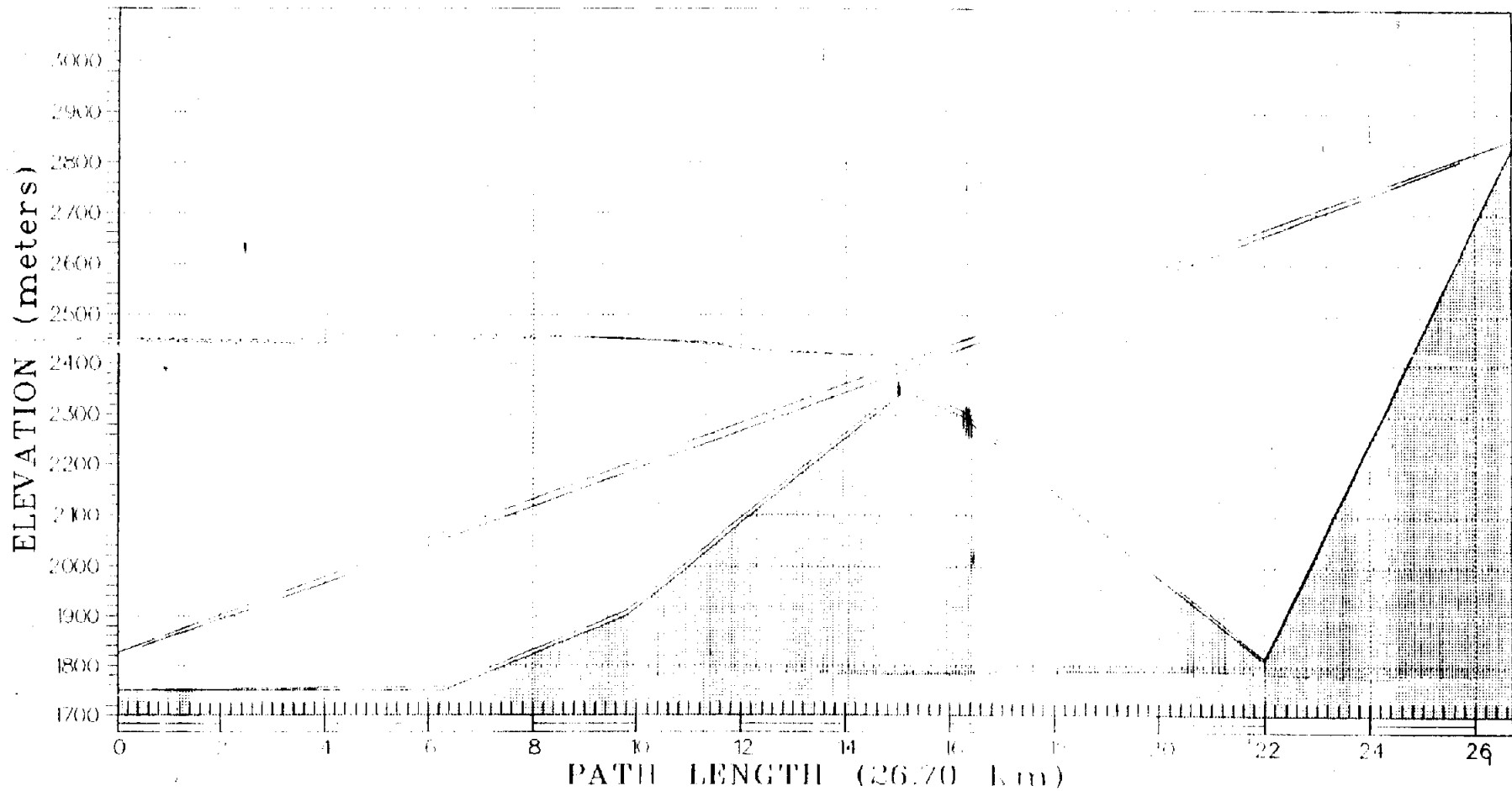
LINEA DE Tx.

1/2 = 1
 7/8 = 2
 1 5/8 = 3

TIPOS DE TORRE:

P: Poste 1: SPECIALUM
 2: Modelo 40
 (E) = EXIST 3: Modelo 60
 (R) = REPLACE 4: Modelo 90

Ref	NOMBRE DEL POBLADO	MUNICIPIO	Nº abonados	EQUIPO	MAPA	UTM ESTE	UTM NORTE	LAT DD MM	LONG DD MM	ALT m	ANTENA tipo/altura	Pol	TRUJE AZIM.	TORRE tipo/altura	LINEA Tx tipo/long.	PERFIL (archivo)
3.00	HUANIMARO (-48 vdc) de Cullacan a RR 4.00 a micros	Huanimaro	1	RR	C72	237 23	2258 34	20 24 23	101 31 04	2110	7/15 4/48 2/50	V H V	98 260	50 E	2/30 2/66	CUHUANIM
3.01	COLONIA LA SOLEDAD	Huajuato	1	MICRO	C62	248 26	2279 71	20 36 03	101 24 55	1717	3/14	V	207	P/14	1/20	HSOLEDAD
3.02	MUNGUIA	Huajuato	1	MICRO	C62	243 29	2272 67	20 32 12	101 27 43	1695	11/14	V	202	P/14	1/20	HMUNGUIA
3.03	ANCON (LA HACIENDA)	Salamanca	1	MICRO	C63	278 48	2285 86	20 39 37	101 07 35	1745	7/23	V	236	3/25	2/28	HANCONH
3.04	LOS MARTINEZ	San Felipe	2	MICRO	C72	250 65	2246 78	20 18 14	101 23 16	1800	11/14	V	310	P/14	1/20	HMARTINE
3.05	SAN JOSE DE PANTOJA	Valle de Santiago	1	MICRO	C72	249 44	2258 01	20 24 18	101 24 03	1700	11/14	V	271	P/14	1/20	HPANTOJA
3.06	PUERTO DE AGUILA	Yuriria	1	MICRO	C73	256 66	2242 54	20 15 59	101 19 47	1890	3/14	V	308	P/14	1/20	HPAGUILA
3.07	PUERTA DE LA RESERVA	Cuerramare	1	MICRO	C61	219 72	2284 96	20 38 39	101 41 23	1750	3/14	V	146	P/14	1/20	HRESERVA
3.08	SAN IGNACIO DE RIVERA	Huajuato	1	MICRO	C62	243 42	2275 26	20 33 36	101 27 40	1720	11/14	V	199	P/14	1/20	HRIVERA
3.09	RINCON DE MARTINEZ	Huanimaro	1	MICRO	C72	230 93	2249 71	20 19 40	101 34 37	1695	11/14	V	035	P/14	1/20	HRINCMAR
3.10	CERRITOS DE ACEVES	Atascote	1	MICRO	C72	226 72	2249 77	20 19 39	101 37 02	1690	11/14	V	050	P/14	1/20	HCERRACE
3.11	JICAMAS	Valle de Santiago	45	RACK	C72	253 74	2243 56	20 16 31	101 21 28	1855	11/14	V	311	P/14 E	1/20	HJICAMAS
3.12	GUANGITARO	Péruano	1	MICRO	C71	210 69	2262 67	20 26 30	101 46 22	1880	3/14	V	098	P/14	1/20	HGUANGIT
3.13	SAN ANTONIO DE MOGOTES	Valle de Santiago	2	MICRO	C73	260 12	2259 24	20 25 03	101 17 56	1720	11/14	V	267	P/14	1/20	HSAMOGOT



CELAYA C/S
 Lat 020 31 30.0 N
 Long 100 49 48.0 W
 Bearing 215.041 deg T
 Elev 1750 m AMSL
 Antenna CL 75.0 m AGL

F 2400.0 MLL
 F 1.33
 LI 60%

CELIACAN RR
 Lat 020 20 16.0 N
 Long 100 58 09.0 W
 Bearing 34.996 deg T
 Elev 2830 m AMSL
 Antenna CL 20.0 m AGL

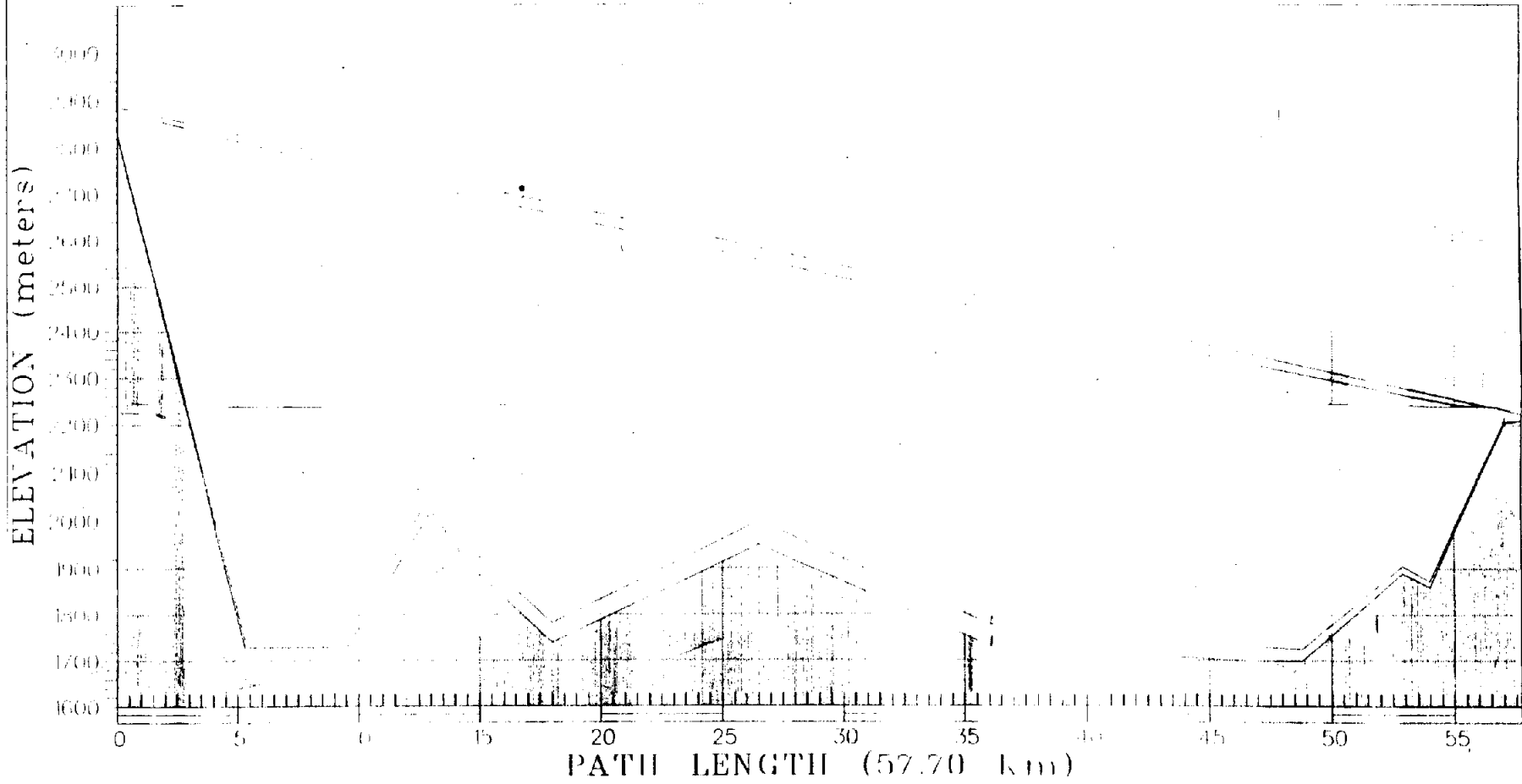
CELULA CELAYA - SURVEY

TELMEX 1993

Date 05-08-93

By ERP

CECULIAC.PL2



CUHUANIM RR
 Lat 020 20 43.1 N
 Long 100 58 04.3 W
 Bearing 272.61° Deg T
 Elev 2830 m AMSL
 Antenna CL 150 m AGL

F 2400.0 MHz
 R 1.33
 L1 60%

HUANIMARO RR
 Lat 020 24 23.1 N
 Long 101 31 04.3 W
 Bearing 97.451 Deg T
 Elev 2210 m AMSL
 Antenna CL 150 m AGL

CELULA CELAYA SURVEY
 TELMEX 1993

Date 05 11 93 By ERP
 CUHUANIM.PL2

Equipo :SR500 Cliente :TEL MEX
 Banda,GHz:2.4 Sistema :
 Ingeniero:RSG Proyecto :RAM

CALCULOS VALIDOS EN AMBAS DIRECCIONES

BB1234
 11-May-93 20:31 LINKIT Ver. D1, Copyright SR Telecom Inc

DATOS DEL SITIO		Unidades	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1
1. Ident. de la Estación	:		1	2	2	3	3	4		
	:		CELAYA	CULIACAN	CULIACAN	HUANIMARO	HUANIMARO	LA PIEDAD		
2. Estación tipo	:		CENTRAL	I/B RR	O/B RR	I/B RR	O/B RR	I/B RR		
3. Latitud (N+, S-)	: DD.MMSS		20.3130	20.2016	----	20.2423	----	20.1811	----	----
4. Longitud (W+, E-)	: DD.MMSS		100.4948	100.5809	----	101.3104	----	102.0653	----	----
5a. Rumbo de 'A'	: grados		214.9	34.8	277.7	97.5	259.6	79.4	----	----
	: grados		----	----	----	----	----	----	----	----
6. Elevación del terreno	: metros		1750	2830	----	2210	----	2510	----	----
7. Altura de la antena	: metros		75	20	56	13	48	15	----	----

DATOS DEL SALTO										
8a. Factor topografico	: 25..4	----	0.25	----	0.25	----	0.25	----	0.25	----
8b. Rugosidad del terreno	: metros	----	44.0	----	44.0	----	44.0	----	44.0	----
9. Factor eliptico	: 110E-3	----	1.50	----	1.50	----	1.50	----	1.50	----
10. Long. de la trayectoria	: kms	----	25.4	----	57.7	----	53.2	----	53.2	----
11. Pérdida de espacio libre	: dB	----	128.1	----	135.3	----	136.1	----	136.1	----
12. Pérdida de obstrucción		----	----	----	----	----	----	----	----	----
-----estimada (luz < 0.6Fi)	: dB		K = 1.33	0.0	----	0.0	----	0.0	----	----
13. Pérdida total del salto	: dB	----	128.1	----	135.3	----	136.1	----	136.1	----

DATOS DEL SISTEMA DE ANTENAS										
14. Tipo de línea de transm.	:		7/8 Foam	7/8 Foam	1 5/8 Fm	7/8 Foam	7/8 Foam	7/8 Foam		
15. Pérd. por unidad de long.	: db/100m		8.0	8.0	5.1	8.0	8.0	8.0		
16. Longitud de la línea	: metros		108	30	65	23	60	30		
17. Pérdidas (incl. puente)	: dB		9.1	2.8	3.8	2.3	5.2	2.8		
18. Pérdidas en el divisor	: dB		0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0		
19. Pérdidas en el atenuador	: dB		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
20. Por desviación del eje	: dB		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
21. Factor seguridad y misc.	: dB		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
22. Pérd.totales,sist.de ant.	: dB		9.6	3.3	4.3	2.8	10.7	3.3		
23. Tipo y tamaño de antena	:		Omni	1.2m	Omni	2.4m	1.2m	1.2m		
24. Ganancia isotrópica	: dBi		10.0	27.0	10.0	32.0	27.0	27.0		
25. Ganancia neta en el sist.	: dB		0.4	23.7	5.7	29.2	16.3	23.7		

CALCULO DE SIGNAL RECIBIDA										
26. Pot.de salida del transm.	: dBm		35.0	----	35.0	----	35.0	----	----	----
27. P.E.R. en transm. 25 + 26	: dBm		----	59.1	----	70.0	----	74.9	----	----
28. Potencia recibida 27 - 13	: dBm		----	-69.1	----	-65.3	----	-61.2	----	----
29. Umbral del sist.(1.0E-03)	: dBm		----	-91.0	----	-91.0	----	-91.0	----	----
30. Margen de desvan. 28 - 29	: dB		----	21.9	----	25.7	----	29.8	----	----
31. Disponibilidad (Barnett): %			----	99.99902%	----	99.99512%	----	99.99752%	----	----
32. Bajo el nivel de umbral	: seg./año		----	310.4	----	1539.6	----	781.1	----	----
33. Disponibilidad en tandem : %			100.00000%	99.99902%	----	99.99414%	----	99.99166%	----	----
34. Tiempo acumulado	: segundos		0.0	310.4	----	1850.0	----	2631.1	----	----
35. Sin servicio, peor mes : (0-1)			----	2.818E-05	----	1.398E-04	----	7.092E-05	----	----
36. Sin servicio, peor mes	: segundos		----	74.1	----	367.6	----	186.5	----	----

INFORMACION DIVERSA

37. Asignación polaridad	:		1 I/V	D/V		2 I/V				
--------------------------	---	--	-------	-----	--	-------	--	--	--	--

NOTAS:

- La disponibilidad en tandem para este punto se muestra en la columna "A". Si lo que se muestra es "----" los calculos no han sido hechos. Temp.promedia anual: grados 21.0
 Estación de desvan.: días 127,5
- El punto 20 contabiliza las pérdidas hechas por una orientación en dirección otra que la del sitio.

Conclusiones.-

El avance tecnológico que el hombre a realizado a través del tiempo ha sido en gran parte para satisfacer diversas necesidades y una de ellas es el estar comunicado, sea cual sea la manera de hacerlo, el hombre requiere de una gran cantidad de elementos y técnicas que le permitan mantener una comunicación con sus semejantes, siendo los medios para hacerlos la voz, las imágenes, el video y los datos.

El aumento dramático de la demanda de servicios y el correspondiente aumento que implica sobre la red, se ha visto acompañado de exigencias crecientes para proporcionar un servicio de gran calidad. Los usuarios ahora esperan no solo rapidez de los servicios sino también un alto grado de disponibilidad de lo contratado.

La realización de esta tesis da como resultado el conocimiento general de cómo realizar un proyecto de radio enlace de microondas, tomando en cuenta un ejemplo practico de una célula entre dos poblaciones en este caso la ciudad de Celaya entre los tramos de Culiacán-Huanímaro.

Al realizar un proyecto de microondas es porque en la zona donde se van a crear nuevos servicios no es costeable.

Hacer el tendido de líneas físicas provocaría alza en todo el proyecto y por ende la posible suspensión del mismo.

Por otra parte para un enlace o toda una red de microondas sea construida, dependerá de la aprobación y justificación a cuanto a inversión se refiere ya que cada compañía que solicita la ampliación de su red determinara cual será la mejor opción para crecer tomando en cuenta los medios que se encuentran a su disposición. La decisión que se tome se definirá por la ingeniería de cada compañía

BIBLIOGRAFÍA

ENRIQUE HERRERA PEREZ
FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA TELEFÓNICA
EDITORIAL LIMUSA

JOHN R. PIERCE
SEÑALES LA CIENCIA DE LAS TELECOMUNICACIONES
EDITORIAL REVARTE

O' REILLY JOHN
PRINCIPIOS DE TELECOMUNICACIONES
EDITORIAL ADDISON WESLEY IBEROAMERICANA

ROBERT G. WINEH
TELECOMUNICATION TRANSMISSION SYSTEMS
EDITORIAL PRENTICE HALL

STREMLER, F. G.
INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN
EDITORIAL ADDISON WESLEY IBEROAMERICANA

TOMASI, WAINE
SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS
EDITORIAL PRENTICE HALL

MANUALES

ELABORACION DE PROYECTOS CON RADIO DIGITAL
INTELMEEX.

GABRIEL ELECTRONICS
MICROWAVE ANTENNAS & TRANSMISSION LINE SYSTEMS
CATALOG 990

INSTALLATION AND MAINTENANCE MANUAL
LYNX.sc E1 FAMILY
SPREAD SPECTRUM RADIOS
JANUARY 1999 GLENAYRE WESTERN MULTIPLEX

DIRECCIONES EN INTERNET

<http://www.alcatel.com.mx/> (Fecha de consulta 5 de Julio del 2000, se actualiza diariamente)

<http://www.andrew.com/home/default.asp> (Fecha de consulta 5 de Julio del 2000, se actualiza diariamente)

<http://www.cft.gob.mx/> (Fecha de consulta 5 de julio del 2000)

<http://www.ericsson.com> (Fecha de consulta 5 de Julio del 2000, se actualiza diariamente)

<http://www.sct.gob.mx/> (Fecha de consulta 5 de Julio del 2000, se actualiza diariamente)

<http://www.microwavenetworks.com/tmn99/nethome.htm> (Fecha de consulta 5 de Julio del 2000, se actualiza diariamente)

<http://lampport.rhon.itam.mx/~creyes/msa3.htm> (Fecha de consulta 5 de julio del 2000)

FUENTES VIVAS

C.P. MIGUEL FLORES CARMONA (DIRECTOR GENERAL DE LA DIVISIÓN MICROONDAS)

ASTTEL S.A. DE C.V.

DIVISIÓN MICROONDAS

SAN BORJA 1307

COL. VERTIZ NARVARTE MÉXICO, D.F., C.P. 03600

E-MAIL: divmicroondas@asttel.com.mx

TEL.: 55 59 60 33

ING. ISIDRO BORRAS ESCORZA (LIDER DE PROYECTOS DE MICROONDAS)

NEXTEL DE MÉXICO S.A. DE C.V.

BLDVD. MANUEL AVILA CAMACHO NO. 36,

COL. LOMAS DE CHAPULTEPEC MÉXICO, D.F., C.P. 11000

E-MAIL: info@nextel.com.mx

CONMUTADOR: 52-78-40-00

ING. JUAN RODRIGUEZ CABRERA (INGENIERO DE SERVICIO DE RADIO FRECUENCIA Y MICROONDAS)

WFI DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.

MUSSET N° 10

COL. REFORMA POLANCO MÉXICO, D.F., C.P.11550

TEL.: 52 52 03 98 30

GLOSARIO

ADPCM (*Adaptative Differential Pulse Code Modulation*). Algoritmo de codificación de la señal que consigue que las muestras de una señal analógica queden representadas por una señal digital.

Algoritmo. Conjunto de pasos seguidos en la resolución de un problema.

Ancho de banda. Rango de frecuencias que un medio de transmisión es capaz de soportar y se mide en hercios (Hz). También se entiende, para transmisión digital, como la cantidad de información por unidad de tiempo que puede absorber la red (bits o bps).

ANI (*Authomatic Number Identification*). Número llamante. Véase *CallerID*. Aprovechamiento de ancho de banda. Cálculo que debe llevar a cabo el ingeniero de red y que consiste en determinar el ancho de banda necesario para la integración.

BER (*Bit Error Rate*). Tasa de error de bit. Constituye una medida de la calidad de la transmisión digital.

Calidad del servicio (*Quality of Service*). Es un parámetro significativo a la apreciación que el usuario hace de un determinado servicio, compuesto de varios factores.

Cancelación del eco. Cuando se transmite una señal, parte de "su energía es reflejada en el destino como consecuencia de una desadaptación de impedancias. Esta porción de señal reflejada se denomina eco. La cancelación del eco consiste, pues, en el proceso necesario para eliminar los efectos de la indeseada señal de eco.

Cancelador de eco. Dispositivo que, a través del filtrado adaptativo, minimiza el eco de una comunicación vocal a la vez que mantiene su carácter full-dúplex.

CAS (*Chánnel Asociated Signaling*). Sistema de señalización en el que la información de control y la información de usuario viajan juntas.

CCS (*Common Chánnel Signaling*). Sistema de señalización en el que la información de control y la información de usuario viajan por caminos separados.

CCS#7 (*Common Chánnel Signaling Number7*). Sistema de señalización por canal común número 7 del CCITT, en el que la información de múltiples circuitos se transmite por uno solo. También, SS7.

CDR (*Call Detailed Record*). Información acerca de las llamadas implicadas en cierto sistema y que se suele utilizar para propósitos de tarificación, estudios de tráfico, etc.

CELP (*Code-Excited Linear Predictive coding*). Algoritmo de compresión de la voz empleado para la codificación de baja tasa binaria (por ejemplo, 8 Kbps). Se emplea en las recomendaciones de la ITU-T G.728, G.729 y G723.1.

Circuito de cola. Parte de la red telefónica comprendida entre el codec y el terminal telefónico.

Clasificación del tráfico. Mecanismo por el cual se asignan tipos a flujos de tráfico de naturalezas distintas y que constituye la base de las técnicas de QoS.

CODEC. Contracción de CODificación y DECODificación. *Hardware* o *software* encargado de la conversión de una señal analógica a formato digital (codificación) y viceversa (decodificación). También puede llevar a cabo una compresión de la señal digitalizada.

Codificación. Conjunto de transformaciones a que se somete una señal con el fin de compensar los efectos negativos del canal y adaptar el formato de la misma para que su transmisión por dicho canal sea lo más eficiente posible.

Codificador de forma de onda. Dispositivo que lleva a cabo una codificación de la señal respetando el teorema de Nyquist.

Codificación de voz. Conversión de la señal de voz del dominio analógico al dominio digital y, opcionalmente, compresión de la señal digitalizada con el fin de reducir el ancho de banda de la señal resultante.

Congestión. Situación que acontece en una red cuando ésta resulta incapaz de aceptar más información. Suele ocurrir cuando las colas de los *routers* de la red se saturan.

Control de admisión. Técnicas de QoS que se basan en la no aceptación de más llamadas una vez que se ha superado el ancho de banda asignado al tráfico de voz con el fin de no afectar a la calidad de las llamadas que se están cursando.

Control de la congestión. Técnicas que definen el modo en que los nodos de la red deben extraer los paquetes de sus colas de transmisión.

Compresión. Reducción del ancho de banda de la señal.

Corrección de errores. Técnicas empleadas para subsanar los errores producidos en una transmisión de información. Consisten en el envío de información de redundancia que permite obtener el paquete sin errores.

CPL (*can Processing Language*). Lenguaje de *script* empleado en el desarrollo de servicios de voz sobre redes de paquetes. Se suele utilizar para la implementación de servicios sobre SIP.

cRTP (*Compressed Real Time Protocol*). Versión de RTP con una cabecera mucho más reducida y que se emplea para reducir el ancho de banda necesario en una comunicación RTP.

CS-ACELP (*Conjugate Structure Algebraic CELP*). Algoritmo de compresión CELP que proporciona un ancho de banda de 8 kbps y que se emplea en la recomendación G.729 de la ITU-T.

CTI (*Computer Telephony Integration*). Tecnologías caracterizadas por el empleo conjunto de las redes de telecomunicaciones (fundamentalmente, las redes de telefonía) y las redes informáticas.

Disponibilidad. Característica de un sistema que mide la probabilidad de que se encuentre en perfecto funcionamiento.

Distribución de errores. Consisten en la prolongación de los periodos de error de tal modo que se reduzca la probabilidad de aparición de los mismos.

DNIS (*Dialed Number Identification Service*). Servicio de identificación del número marcado.

DSP (*Digital Signal Processor*). Procesador diseñado específicamente para el tratamiento de señales en tiempo real.

DTMF (*Dual Tone Multi-Frequency*). Estándar de señalización telefónica según el cual ésta se envía en forma de un par de tonos de frecuencias diferentes (una alta y otra baja). Consigue mayor rapidez y seguridad que la marcación decádica o por pulsos.

Eco (*Echo*). Porción de la señal transmitida que vuelve al emisor junto con la señal del otro extremo o en ausencia de ella.

Eco acústico. Acoplamiento sufrido en diferentes partes del terminal telefónico.

Eco eléctrico. Fenómeno producido por las reflexiones que sufre la señal en el extremo receptor debido a una desadaptación de impedancias.

ERL (*Eco Return Loss*). Pérdidas de retorno que sufre la señal de eco y que aseguran que su nivel no sobrepasa un cierto límite.

Erlang (*Erlang*). Unidad estándar para la medida del tráfico telefónico, careciendo de medida. Un Erlang de carga indica la ocupación continua al 100 por 100 de un circuito telefónico.

E1. Agregado de señales a 2,048 Mbps.

E.164. Plan de numeración internacional.

Filtrado adaptativo. Técnica de procesado de señal que hace uso de coeficientes variables en función de diversos criterios para un fin concreto.

Fragmentación del tráfico. Conjunto de técnicas que consiste en la división de los paquetes en otros de menor tamaño, de manera que se disminuye la variación del tamaño de los paquetes y, por tanto, del retardo que sufren los mismos.

G.711. Codec de audio a 48,56 y 64 kbps. Utiliza codificación PCM. Se caracteriza por una alta calidad de la voz, gran consumo de ancho de banda y carga del procesador mínima.

G.722. Codec de audio a 48, 56 y 64 kbps.

G.723 y G.723.1. Codec de audio CELP a 5,3 y 6,3 kbps. Se caracteriza por una baja calidad de la voz, consumo de ancho de banda pequeño y alta carga del procesador debido a la compresión.

G.726. Codec de audio ADPCM a 40,32,24 y 16 kbps. Se caracteriza por una buena calidad de la voz, consumo de ancho de banda medio y carga del procesador mínima.

G.728. Codec de audio LD-CELP a 16 kbps. Se caracteriza por una calidad media de la voz, consumo de ancho de banda media y alta carga del procesador mínima debida a la compresión.

G.729 y G729a. Codec de audio CELP a 8 kbps. Se caracteriza por una calidad media de la voz, consumo bajo de ancho de banda y alta carga del procesador.

Gatekeeper. Entidad H.323 que se encarga de funciones tales como el mantenimiento del registro de los equipos (terminales, pasarelas y MCU), la traducción de direcciones y control de admisión.

Gateway. Véase pasarela.

Pasarela. Dispositivo encargado de interconectar dos redes de tipos diferentes.

H.225.0. Protocolo de la pila de H.323 encargado del control de llamadas.

H.245. Protocolo de la pila de H.323 que define el comportamiento del punto final (apertura y cierre de canales lógicos, intercambio de características, etc.).

H.248. Véase MGCP.

H.261. Codec de vídeo a 64 kbps.

H.263. Codec de vídeo para la RTPC.

H.323. Estándar de la ITU-T que recoge los protocolos empleados en el soporte de servicio de audio, vídeo y conferencia de datos sobre redes de paquetes sin garantía de QoS.

IGMP (*Internet Group Management Protocol*). Protocolo de nivel de red para la gestión de grupos *multicast* en Internet, y en general, en cualquier red IP.

ISDN (*Integrated Services Digital Network*). Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que define una red conmutada de canales digitales que proporciona una serie de servicios integrados, siguiendo las recomendaciones Serie I del CCITT.

IVR (*Interactive Voice Response*). Servicio o aplicación que permite a los usuarios acceder a cierta información a través de la navegación por una serie de menús utilizando como herramienta de interacción el teclado del teléfono.

Latencia. Retardo extremo a extremo.

LD-CELP (*Low Delay CELP*). Algoritmo de compresión CELP que proporciona 16 Kbit/s. Medidas objetivas. Técnicas basadas en la experimentación y cuyo objetivo es proporcionar una referencia más analítica de la calidad de la voz sobre paquetes.

Medidas subjetivas. Técnicas basadas en el análisis de la opinión de una muestra de usuarios sobre la calidad de la voz ofrecida por una red de voz sobre paquetes.

MGCP (*Media Gateway Control Protocol*). Protocolo empleado para monitorizar y gestionar los eventos en los terminales y las pasarelas. El objetivo es separar la señalización y el control de llamadas del tráfico de voz. Está definida en la RFC 2705.

Modem pass-through. Proceso por el cual una señal de la red telefónica procedente de un módem se envía a la red de datos sin tratamiento previo.