

01126
18



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE MICROONDAS DEL EDIFICIO VALDÉS VALLEJO (ANEXO) AL EDIFICIO PRINCIPAL, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (CAMPUS C. U.), PARA BRINDAR LOS SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEOCONFERENCIA. “

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA
MODULO COMUNICACIONES

P R E S E N T A N

MIGUEL ANGEL CUEVAS GARCIA
ROBERTO CLEMENTE LÓPEZ MURILLO

DIRECTOR DE TESIS

ING. J. FERNANDO SOLÓRZANO PALOMARES



CIUDAD UNIVERSITARIA
MÉXICO, D. F. 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



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.

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS POR LA VIRTUD DE LA VIDA.

A NUESTRAS FAMILIAS POR SU APOYO INCONDICIONAL.

A NUESTROS PROFESORES POR TODOS SUS CONOCIMIENTOS BRINDADOS.

AL ING. J. FERNANDO SOLÓRZANO PALOMARES POR SU APOYO Y PACIENCIA EN LA ELABORACIÓN DE NUESTRA TESIS.

A TODAS LAS PERSONAS Y AMIGOS QUE DE ALGUNA MANERA NOS HAN AYUDADO E IMPULSADO EN LA CONCLUSIÓN DE NUESTROS ESTUDIOS.

AQUELLAS PERSONAS QUE HAN LOGRADO UN ESPACIO PARA CADA UNO DE NOSOTROS EN EL TRANSCURSO DE NUESTRA EDUCACIÓN.

A LA UNAM, POR BRINDARNOS LA OPORTUNIDAD DE SUPERARNOS EN ESTA IMPORTANTE ETAPA DE NUESTRAS VIDAS.

A CADA UNO DE ELLOS GRACIAS.

MIGUEL ANGEL CUEVAS GARCÍA

ROBERTO CLEMENTE LÓPEZ MURILLO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
-----------------------	---

CAPITULO II

2.1 PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA.....	3
2.1.1 Historia de las comunicaciones radioeléctricas.....	5
2.2 INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS.....	7
2.3 MODOS DE OPERACIÓN.....	7
2.4 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.....	8
2.5 MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN.....	11
2.5.1 Técnicas de Modulación.....	
2.5.2 Modulación por cambio de Amplitud.....	
2.5.3 Modulación por cambio de Frecuencia.....	
2.5.4 Modulación por cambio de Fase.....	
2.6 FUNDAMENTO DE LAS ONDAS ELÉCTRICAS.....	15
2.6.1 Campo Eléctrico.....	
2.6.2 Corriente Eléctrica.....	
2.6.3 Campo Magnético.....	
2.6.4 Ley de Lenz.....	
2.6.5 Ecuaciones de Maxwell.....	
2.7 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS.....	19
2.7.1 Definición.....	
2.7.2 Características.....	
2.7.3 Tipos de propagación.....	
2.7.4 Propagación en el vacío.....	
2.7.5 Propagación en cualquier medio.....	
2.7.6 Propagación en un medio conductor.....	
2.8 POTENCIA Y VECTOR DE POYNTING.....	22
2.9 FENÓMENOS EN LA PROPAGACIÓN.....	22
2.9.1 Propagación por reflexión.....	
2.9.2 Reflexión en un medio conductor perfecto.....	
2.9.3 Reflexión sobre un dieléctrico.....	
2.9.4 Propagación por refracción.....	
2.9.5 Propagación por difracción.....	
2.9.6 Absorción.....	
2.9.7 Polarización.....	
2.9.8 Intensidad.....	
2.10 ESPECTRO ELÉCTROMAGNÉTICO.....	27
2.10.1 Frecuencias de transmisión.....	
2.11 ANTENAS.....	29
2.11.1 Antena Isotrópica.....	
2.11.2 Impedancia de la antena.....	
2.11.3 Elementos de una Antena Dipolo.....	
2.11.4 Directividad y ganancia de una antena.....	
2.11.5 Directividad.....	
2.11.6 Ganancia.....	
2.11.7 Relación entre ganancia y apertura.....	
2.11.8 Antena Radiadora de corneta.....	
2.11.9 Antenas Reflectoras.....	
2.11.10 Antenas parabólicas.....	
2.11.11 Ganancia de una antena Parabólica.....	
2.11.12 Tipos de Antenas de Reflector Parabólico.....	

CAPITULO III

3.1	CALCULOS Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL ENLACE.....	42
3.1.1	Generación de Microondas	
3.1.2	Aplicaciones de las Microondas	
3.2	COMUNICACIÓN VÍA MICROONDAS.....	44
3.2.1	Antenas y Torres de Microondas	
3.2.2	Ventajas y Desventajas de los enlaces Microondas	
3.3	ESTRUCTURA GENERAL DE UN ENLACE DE MICROONDAS.....	46
3.3.1	Equipos	
3.3.2	Planes de Frecuencia	
3.4	PROPAGACION DE MICROONDAS.....	47
3.4.1	Diseño de Enlaces Terrestres por Microondas	
3.4.2	Zonas de Fresnel	
3.4.3	Anomalías de Propagación en Microondas	
3.4.4	Desvanecimiento	
3.5	ATENUACIÓN POR GASES ATMOSFÉRICOS Y LLUVIA.....	54
3.5.1	Absorción Atmosférica	
3.5.2	Dispersión Originada por Lluvia y Niebla	
3.6	DIVERSIDAD DE FRECUENCIA.....	59
3.6.1	Diversidad de Espacio	
3.6.2	Diversidad de Polarización	
3.6.3	Desvanecimiento Total	
3.6.4	Modelo de propagación dentro de una capa Superrefractiva en Microondas	
3.6.5	Desvanecimiento total por desacople de Antena	
3.7	CONFIABILIDAD DE SISTEMAS DE RADIO TRANSMISIÓN POR MICROONDAS...66	
3.8	FALLAS DE PROPAGACIÓN.....	68
3.9	UMBRAL DE RECEPCIÓN Y MARGEN DE DESVANECIMIENTO.....	70
3.10	RUIDO EN SISTEMAS DE MICROONDAS.....	70
3.10.1	Ruido	
3.11	CALCULO DE NIVELES.....	72
3.12	CALCULO DE ENLACE.....	73
3.13	CALCULO DE ENLACE ENTRE LOS EDIFICIOS VALDÉS VALLEJO Y EL EDIFICIO PRINCIPAL FACULTAD DE INGENIERIA.....	74

CAPITULO IV

4.1	EQUIPOS NECESARIOS PARA EL ENLACE.....	80
4.1.1	Medios de Transmisión	
4.2	CARACTERISTICAS BASICAS DE UN MEDIO DE TRANSMISIÓN.....	81
4.2.1	Resistencia	
4.2.2	Reactancia	
4.2.3	Impedancia	
4.3	CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	83
4.3.1	Cable de Par Trenzado	
4.3.2	Cable Coaxial	
4.3.3	Cable Coaxial de Banda Base	
4.3.4	Cable Coaxial de Banda Ancha	
4.4	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UN CABLE COAXIAL.....	88
4.4.1	Impedancia Característica	
4.4.2	Velocidad propagación	
4.4.3	Capacidad Característica	
4.4.4	Atenuación	
4.4.5	Pérdidas de Retorno	

4.5	FIBRA OPTICA.....	91
4.5.1	Características de Transmisión	
4.5.2	Fibras Multimodo	
4.5.3	Fibras Monomodo	
4.5.4	Características	
4.5.5	Ventajas	
4.6	COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.....	94
4.6.1	Comunicación por Microondas	
4.6.2	Comunicación por Satélite	
4.6.3	Comunicación por Infrarrojo	
4.7	ADAPTADORES.....	99
4.7.1	Modem	
4.7.2	Puentes	
4.7.3	Protectores de Red	
4.7.4	Multicanalizadores	
4.7.5	Algunos términos	
4.8	TÉCNICAS DE MULTICANALIZACIÓN.....	101
4.8.1	EDM	
4.8.2	TDM	
4.8.3	PCM	
4.8.4	Método de Codificación	
4.9	ENLACE DE MICROONDAS.....	103
 CAPITULO V		
5.1	PRUEBAS DE ENLACE Y VIDEOCONFERENCIA.....	105
5.1.1	Introducción	
5.2	ANTENA SOUTWEST MICROWAVE.....	106
5.2.1	Determinación de alturas	
5.2.2	Posicionamiento	
5.2.3	Instalación	
5.2.4	Conexión	
5.3	EQUIPO DESCANALIZADOR.....	107
5.3.1	Conexión y Configuración	
5.4	EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA.....	108
5.4.1	Conexión y Configuración	
5.5	ESTABLECER UNA VIDEOCONFERENCIA.....	108
5.5.1	Transmisión de Datos	
5.5.2	Transmisión de Voz	
5.6	VIDEOCONFERENCIA.....	109
5.7	TIPOS DE SISTEMAS.....	110
5.7.1	Equipos Personales	
5.7.2	Equipos Grupales	
5.8	TIPOS DE CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS DE VIDEOCONFERENCIA.....	110
5.8.1	Videoconferencia punto a punto	
5.8.2	Videoconferencia Multipunto	
5.9	APLICACIONES DE LA VIDEOCONFERENCIA.....	111
5.10	ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA.....	112
5.11	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA.....	113
5.12	FUNCIONES BASICAS QUE REALIZA EL EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA.....	113
5.12.1	Periféricos del equipo de Videoconferencia	
5.13	REQUERIMIENTOS PARA REALIZAR UNA VIDEOCONFERENCIA.....	114
5.13.1	Descripción General	
5.13.2	Iluminación	
5.13.3	Acústica	
5.13.4	Micrófonos	

- 5.13.5 Bocinas
- 5.13.6 Reverberación
- 5.13.7 Amueblado
- 5.13.8 Acondicionamiento Acústico de Salas

CAPITULO VI

RESULTADO Y CONCLUSIONES.....119

ANEXO.....120

BIBLIOGRAFÍA

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

En medida que la tecnología avanza es de suma importancia llevar ésta a nuestras aulas, con el fin de llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional.

Las telecomunicaciones representan el factor de cambio más importante en el desarrollo de la tecnología y permiten que la comunicación sea hoy en día una herramienta fundamental para el desarrollo de las actividades de la sociedad en ámbitos tan diversos como el comercial, financiero, académico, investigación, entretenimiento, etc.

La Facultad de Ingeniería tiene un papel importante en el desarrollo de profesionistas altamente calificados en las diferentes áreas del conocimiento, desarrollo del más alto nivel de investigación en el ámbito nacional e internacional y en la difusión de la cultura.

Las telecomunicaciones en su conjunto se convierten en el mejor de los aliados de la comunidad universitaria formada por investigadores, académicos, administrativos, estudiantes y toda la gente que de alguna forma se ve involucrada dentro de la comunidad y que apoya las tareas de la Facultad.

De esta manera surge la necesidad de contar con recursos que nos permitan cumplir con este objetivo, para esto se propone implementar un medio de comunicación que nos permita tener un enlace entre el edificio principal de la facultad de Ingeniería y el edificio Valdés Vallejo siendo en éste donde se encuentran los laboratorios del departamento de telecomunicaciones.

Por tal motivo después de estudiar y analizar con los recursos que se cuentan, hay posibilidad de implementar un enlace de microondas que comunique a estos dos edificios. Por tal motivo el propósito de esta tesis, es de estudiar y poner en operación un enlace para brindar los servicios de voz, datos y videoconferencia, siendo esta última la de mayor relevancia.

Durante el desarrollo de la tesis expondremos los conceptos necesarios para implementar nuestro enlace.

Se va a utilizar un equipo View Station versión V.35 de Polycom el cual tiene dos puertos ethernet (los cuales servirán en la transmisión de datos), tiene micrófono y una cámara que mandara la imagen.

En los capítulos siguientes se describirá el funcionamiento y conexión del equipo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura 1.1 muestra la distancia existente entre los dos puntos a enlazar (del edificio principal al anexo).



Fig. 1.1 Distribución de los dos edificios de la facultad de ingeniería, basándonos en el mapa de ciudad universitaria.

La línea de vista, representa la distancia que existe entre los dos edificios.

Aproximadamente hay 450 m. de distancia entre las antenas que están colocadas en la parte superior de ambos edificios.

CAPITULO II

2.1 PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA

2.1.1 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES RADIOELECTRICAS

La teoría de las comunicaciones radioeléctricas comenzó a mediados del siglo XIX con James Clerk Maxwell (inglés), sus investigaciones matemáticas indicaron que la electricidad y la luz viajan en forma de ondas electromagnéticas y por lo tanto están relacionadas una con otra. Maxwell constato matemáticamente que era posible propagar ondas electromagnéticas por el espacio libre utilizando descargas eléctricas.

El primer sistema de comunicaciones radioeléctricas fue comercializado en 1837 por Samuel Morse, que usando la inducción electromagnética, pudo transmitir información en forma de puntos, guiones y espacios por medio de un cable metálico, esta invención se denominó como el telégrafo.

En 1876 Alexander Graham Bell (canadiense) y su asistente Thomas A. Watson, transmitieron una conversación humana a través de un sistema telefónico, usando cables metálicos como medio de transmisión.

Sin embargo la propagación de ondas fue lograda hasta 1888 cuando Heinrich Hertz (alemán), pudo radiar energía electromagnética desde una máquina que él llamaba oscilador. Hertz desarrolló el primer transmisor de radio, y usando estos aparatos pudo generar radiofrecuencias entre 31 MHz y 1.25 GHz, también desarrolló la primera antena rudimentaria.

En 1892, E. Branly (francés) desarrolló el primer detector de radio.

En 1893, A. S. Popoff (ruso) grabó ondas de radio emanadas de relámpagos.

En 1894, Guillermo Marconi (italiano), logró las primeras comunicaciones radioeléctricas inalámbricas cuando transmitió señales de radio a tres cuartos de milla por la atmósfera de la Tierra.

En 1896, Marconi transmitió señales de radio hasta dos millas, desde los barcos a tierra y en 1897, creó un sistema completo de comunicación telegráfica inalámbrica, por primera vez, se usó una antena aérea y una conexión a tierra tanto en el transmisor como en el receptor.

En 1902, las primeras señales trasatlánticas fueron enviadas desde Poldhu, Inglaterra, a Newfoundland, a finales de ese año se logró la comunicación interoceánica, introduciendo nuevas teorías sobre el mecanismo de propagación de ondas electromagnéticas alrededor de la Tierra (ver figura 2.1), estos mecanismos fueron:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Propagación troposférica.
- Propagación guiada a través de la superficie.
- Refracción de la onda.

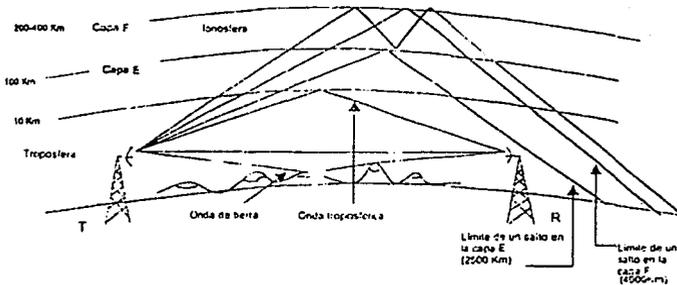


Fig. 2.1 Representación de la propagación de las ondas electromagnéticas alrededor de la Tierra.

Heaviside (inglés) demostró la existencia de una región ionizada en la parte superior de la atmósfera que reflejaba las ondas a tierra y Eccles demostró que esta capa por refracción, enviaba estas ondas a tierra.

Zenneck y Blondel demostraron que dos dieléctricos (tierra y aire) podían sostener una onda electromagnética llamada onda de superficie.

Lee DeForest inventó el tubo de triodo en 1908, el cual permitió la primera amplificación práctica de las señales electrónicas.

La emisión regular de la radio comenzó en 1920, cuando las estaciones de radio AM (Amplitud Modulada) WWJ en Detroit, Michigan y KDKA en Pittsburg, Pensilvania, comenzaron las emisiones comerciales.

En 1933, el mayor Edwin Howard Armstrong inventó la Frecuencia Modulada (FM), y la emisión comercial de las señales FM comenzó en 1936.

En 1948, el transistor fue inventado en los Laboratorios de Teléfonos Bell por William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen. El transistor llevó al desarrollo y refinamiento del circuito integrado en la década de 1960.

En 1970, se usó oficialmente el método de Multiplexación por División de Tiempo (TDM) para intercambio telefónico.

En 1971, Rank Xerox coloca la primera telecopiadora en el mercado, y se desarrolló el microprocesador.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En 1980, se introduce la tecnología de banda ancha para transmisión usando MHz de BW. Se pueden realizar videoconferencia.

En 1984, se transmiten desde un satélite, imágenes de un cometa a la Tierra.

En 1985, se lanzan satélites para aplicaciones militares (rastreo de aviones, misiles, etc.).

En 1989, se empieza con sistemas de radiodifusión satelital digital en Alemania. Hay TV de alta definición.

En México la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (S.C.O.P.), origen de las actuales Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) y la Secretaría de Obras Públicas (S.O.P.), en 1952 compró el primer equipo de microondas (de manufactura norteamericana), con la idea de que México estuviera al día, por lo que se refería a la técnica moderna de Telecomunicaciones.

El equipo se adquirió con la idea de que enlazara algunas dependencias de la Dirección General de Telecomunicaciones. Este proyecto no se realizó debido a que hubo cambios dentro de la Dirección, entre ellos, el cambio de parte del equipo de la Central Tacuba a la Central Narvarte, ambas dentro de la Ciudad de México.

Entonces Teléfonos de México, S. A., adquirió también un equipo de manufactura norteamericana que utilizó en el enlace México - Puebla.

Después la S.C.T. decidió abordar el problema de instalación en gran escala de sistemas de Microondas.

En el año de 1956 se compró equipo de manufactura francesa que permitió establecer las rutas de Occidente y del Sureste.

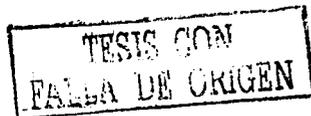
El criterio seguido para seleccionar dichos equipos, fue el de reducir la inversión aprovechando la banda en la cual se opera (400 MHz) y la fácil localización de prominencias orográficas, lo que permitió disminuir el número de estaciones repetidoras.

Por lo que se refiere a los edificios, éstos se construyeron amplios, previéndose que por la ideal localización de las estaciones repetidoras, podrían emplearse para el establecimiento de otros sistemas de Telecomunicaciones, de puntos de enlace para las poblaciones vecinas.

Se instaló la Ruta del Norte, por parte de Teléfonos de México, S. A. , que enlaza la capital con las ciudades de Monterrey y de Nuevo Laredo.

2.2 INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Las comunicaciones radioeléctricas son la transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos.



La información se define como el conocimiento o realidad y puede ser en forma analógica proporcional o continua, (como la voz humana, información sobre una imagen de vídeo, o música) o en forma digital, en etapas discretas (como números codificados en binario, códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador o información de base de datos).

Toda la información debe convertirse a energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones electromagnéticas.

En la figura 2.2 se muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicaciones radioeléctricas mostrando la relación entre la información de la fuente original, el transmisor, el medio de transmisión (conductor), el receptor y la información recibida en el destino.

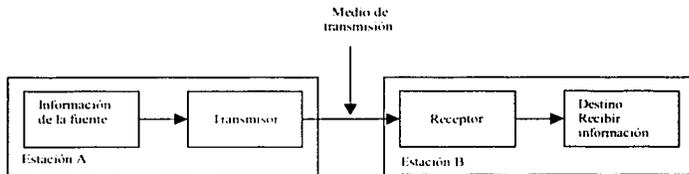


Fig. 2.2 Diagrama de Bloques simplificado para un sistema de comunicaciones en una sola dirección.

Como se muestra en la figura 2.2, un sistema de comunicaciones radioeléctricas consiste en tres secciones: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor.

El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma mas adecuada para la transmisión, el medio de transmisión proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (conductor metálico, fibra óptica o espacio libre) y el receptor convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.

La información original puede originarse de una variedad de fuentes diferentes y ser de forma analógica o digital.

El sistema de comunicaciones mostrado en la figura 2.2, es capaz de transmitir información solamente en una dirección (de la estación A a la estación B).

Mientras que el sistema de comunicaciones mostrado en la figura 2.3, es capaz de transmitir información en ambas direcciones (de la estación A a la estación B y de la estación B a la estación A).

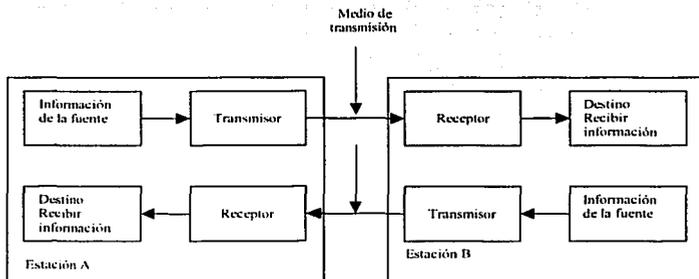


Fig. 2.3 Diagrama de Bloques simplificado para un sistema de comunicaciones en ambas direcciones.

Las comunicaciones radioeléctricas necesitan algunas alteraciones u operaciones en la señal eléctrica que conducirá la información preparada para ser transmitida y en la recepción se efectúan las operaciones inversas para restaurar la información.

En el proceso de transmisión las señales que portan la información se ven afectadas por ruido, éste es generado por numerosos hechos naturales y artificiales e introduce errores en la transmisión de la información.

Las modalidades de comunicación son:

Simplex (en una sola dirección).

Half-Duplex (semi duplex, bidireccional alternada).

Full-Duplex (duplex completo, bidireccional simultáneo).

Las señales de ruido son señales eléctricas (voltajes o corrientes) que interfieren con la recepción libre de errores de la señal portadora del mensaje.

2.3 MODOS DE OPERACIÓN

Los términos Half Duplex (HDX) y Full Duplex (FDX) se relacionan básicamente con la cantidad de alambres (HDX:2, FDX:4) y el tipo de interacción de los mensajes u operación, donde HDX se refiere a dos vías alternadas (TWA: TWO WAYS ALTERNATED) y FDX a dos vías simultáneas (TWS: TWO WAYS SIMULTANEOUS). Los términos TWA y TWS son adoptados para describir la operación de las líneas.

Líneas HDX / Operación TWA

La transmisión tiene lugar en ambos sentidos pero no simultáneamente. Esta forma tiene el inconveniente de una gran demora por inversión de línea (TURN-AROUND) que puede llegar a 150 ms o más y por consiguiente no siempre es aplicable a sistemas en línea en tiempo real.

Líneas HDX / Operación TWS

La transmisión se realiza en ambos sentidos simultáneamente, sobre dos alambres, a través de una división del ancho de banda en canales de distinta frecuencia. Esto implica un equipo de conexión más costoso, sin embargo por las ventajas que tiene su uso va en aumento.

Líneas FDX / Operación TWA

Cada par de alambres se destina a la transmisión en un sentido. Por lo tanto, se permiten ambos pero no simultáneamente. De esta forma se reduce casi a cero el tiempo de inversión de línea. Este sistema por ser relativamente barato gracias a su simplicidad y eficiencia, es muy usado.

Líneas SPX / Operación TWS

Esta es la forma más eficiente de utilización de las líneas. La operación simultánea en ambos sentidos lo hace muy adecuado en aplicaciones interactivas.

Estos modos de operación se representan en la figura 2.4:

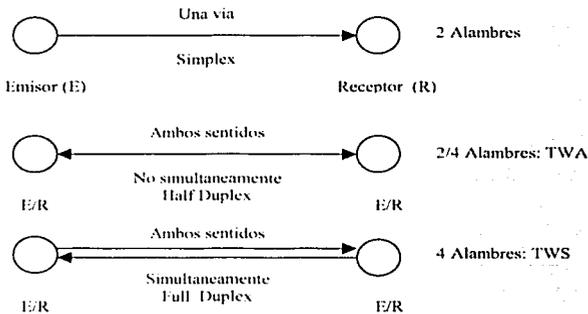


Fig. 2.4 Representación esquemática de los conceptos HDX, FDX, SPX, TWA y TWS

2.4 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

En la figura 2.5, muestra las unidades básicas comprendidas en un sistema de comunicación, no todos los sistemas de comunicaciones incluyen todas las operaciones indicadas, pero si emplean algún medio de transmisión de alguna clase. El codificador elige la mejor forma de la señal para optimizar su detección en la salida. El decodificador efectúa la operación inversa para tomar la mejor decisión basada en las señales disponibles, de que un mensaje dado fue efectivamente enviado. El modulador produce una señal variable a su salida que es proporcional a la señal que aparece en sus terminales de entrada. Las funciones del codificador y del modulador son semejantes, ya que ambos preparan la señal para una más eficiente transmisión; sin embargo el proceso de codificación es para optimizar la detección de errores en un mensaje que se transmite, mientras que el proceso

de modulación esta diseñado para imprimir la señal de información sobre la onda que se va a transmitir. El demodulador realiza la operación inversa a la del modulador para restaurar la señal en su forma original. El medio de transición puede incluir la ionósfera, la tropósfera, el espacio libre o una línea guiada de transmisión.

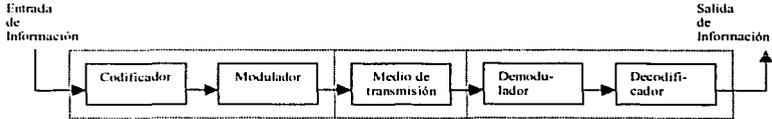


Fig. 2.5 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones simplex.

Las líneas discontinuas de la figura 2.5, indican tres subsistemas básicos de un sistema de comunicación; el subsistema central restringe el flujo de información y se llama canal.

El canal incluye los efectos del ruido aditivo, la interferencia, la propagación y la distorsión. El canal es el factor limitante del rendimiento de cualquier sistema de comunicación bien construido.

El papel del transmisor es preparar la información para enviarla de forma tal que pueda superar lo mejor posible las limitaciones impuestas por el canal. El receptor efectúa las operaciones inversas del transmisor para recuperar la información con la menor cantidad de errores posible. Este sistema de comunicaciones es capaz de transmitir en un sentido y se llama sistema de transmisión simplex (SPX).

Cuando se mantiene una comunicación en dos sentidos, se utiliza el mismo canal alternativamente para transmitir en ambas direcciones, es decir, que en un momento dado el flujo de información fluye en un solo sentido, como se muestra en la figura 2.6, este método se llama half-duplex (HDX).

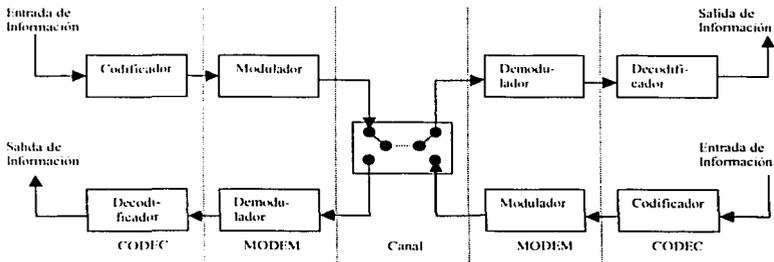


Fig. 2.6 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones half-duplex.

Cuando se mantiene comunicación simultánea en ambos sentidos se le llama full-duplex (FDX), tal como se muestra en la figura 2.7.

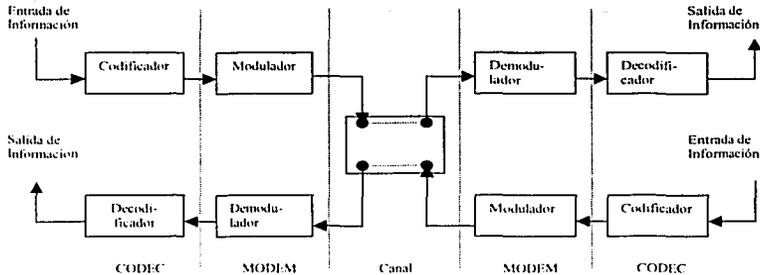


Fig. 2.7 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones full-duplex.

Como se muestra en las figuras 2.6 y 2.7, la transmisión en HDX y FDX, los moduladores y demoduladores operan en parejas, a esta combinación en los sistemas de transmisión de datos, de modulador y demodulador se llama MODEM (modulador-demodulador). También los codificadores y los decodificadores trabajan en pares, llamados CODEC (codificador-decodificador).

Cuando se transmite información a partir de muchas fuentes sobre un medio de transmisión común, la información debe combinarse en una señal de información compuesta sencilla. El proceso de combinar la información en una señal de información compuesta se le llama multicanalización o multiplexaje y al proceso de separar la información se le llama desmulticanalización o demultiplexaje.

Existen dos tipos básicos de sistemas de comunicaciones electrónicas:

- Analógico
- Digital

Un sistema de comunicaciones analógico es un sistema en el cual la energía electromagnética se transmite y recibe en forma analógica, es decir, es una señal variando continuamente tal como una onda senoidal (como los sistemas de radio comerciales).

Un sistema de comunicaciones digital es un sistema en el cual la energía electromagnética se transmite y recibe en forma digital, es decir, niveles discretos tal como +5 V y tierra (como los sistemas binarios que utilizan señales digitales que solo tienen dos niveles discretos).

Frecuentemente la información de la fuente original esta en una forma que no es adecuada para la transmisión y debe convertirse en una forma más adecuada antes de la transmisión, es decir, con los sistemas de comunicaciones digitales, la información analógica se convierte a una forma digital antes de la transmisión y con los sistemas de comunicaciones analógicas, la información digital se convierte a la forma analógica antes de la transmisión.

2.5 MODULACIÓN Y DEMODULACION

En los sistemas de comunicaciones analógicas, la modulación es el proceso de variar o cambiar alguna propiedad de una señal portadora analógica de acuerdo con la información original de la fuente y la demodulación es el proceso de convertir los cambios en la señal portadora analógica a la información original de la fuente.

En las comunicaciones de radio es necesario superponer una señal de inteligencia de frecuencia relativamente baja a una señal de frecuencia relativamente alta para la transmisión. En los sistemas de comunicaciones electrónicas analógicas, la información de la fuente (señal de inteligencia) modula una señal senoidal de frecuencia alta.

Modular significa variar, cambiar o regular. Por lo tanto, la información de la fuente de frecuencia relativamente baja se llama señal de modulación, la señal de frecuencia relativamente alta sobre la cual se actúa (modulada) se llama la portadora y la señal resultante se llama la onda modulada o señal. Es decir, la información de la fuente se transporta a través del sistema sobre la portadora.

La modulación se realiza en el transmisor, en un circuito llamado modulador, y la demodulación se realiza en el receptor, en un circuito llamado demodulador. La señal de información que modula la portadora principal se llama señal de banda base o banda base. La banda base es una señal de información, como un canal telefónico sencillo y la señal de banda base compuesta es la señal para la información total, como varios canales telefónicos. Las señales de banda base se convierten a partir de su banda de frecuencia original a una banda más adecuada para transmisión a través del sistema de comunicaciones. Las señales de banda base se convierten en frecuencia alta en el transmisor y se convierten en frecuencia baja en el receptor. La traslación de frecuencia es el proceso de convertir una frecuencia alta o una banda de frecuencias a otra ubicación en el espectro de la frecuencia.

El termino canal es utilizado cuando se refiere a una banda específica de frecuencias distribuidas, para un servicio en particular o transmisión. Un canal de RF (radio frecuencia) se refiere a una banda de frecuencias usadas para propagar señales de radiofrecuencia, tal como un canal sencillo y comercial de emisión FM que ocupa, aproximadamente, una banda de frecuencias de 200 KHz dentro de la banda total de 88 a 108 MHz asignada para la transmisión comercial de FM (frecuencia modulada).

Hay dos razones importantes por la cual es necesaria la modulación en un sistema de comunicaciones radioeléctricas:

- Por la dificultad de radiar señales con frecuencias bajas por la atmósfera de la Tierra en forma de energía electromagnética.
- Debido a que las señales de información ocupan una banda de frecuencia que no es adecuada para recorrer grandes distancias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura 2.8 se representa un diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicaciones que muestra la relación entre la señal de modulación (información), la señal modulada (portadora), la onda modulada (resultante) y el ruido del sistema.

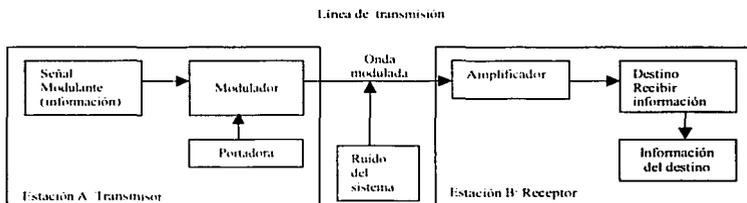


Fig. 2.8 Diagrama de Bloques para un sistema de comunicaciones.

2.5.1 TÉCNICAS DE MODULACIÓN

Las técnicas básicas de modulación están basadas en el hecho de que a través de los medios de comunicación (con excepción de la fibra óptica), como los canales telefónicos, se pueden transmitir de una forma más confiable señales de frecuencias discretas. Por este motivo, cuando se va a transmitir una información digital, lo que transmitimos es una señal analógica (llamada portadora) a la cual se le modifica una de sus características de acuerdo con la información binaria que se pretende transmitir. La señal portadora es normalmente una onda senoidal, la cual está definida por tres características, en cualquier amplitud máxima, frecuencia y fase. Eso quiere decir que si conocemos estas características, en cualquier momento podemos saber el estado de la señal mediante la siguiente expresión matemática:

$$a = A \operatorname{sen}(2\pi ft + \theta)$$

Donde:

- a = valor instantáneo de la tensión en el tiempo (t)
- A = amplitud máxima
- f = frecuencia
- θ = fase
- t = tiempo

Para trasladar la información a la señal portadora, de manera que esta viaje con ella, es necesario alterar sistemáticamente alguno de sus parámetros en función de los cambios de la señal que contiene la información (señal moduladora en banda base). Dado que los parámetros a modificar de la portadora son la amplitud, la frecuencia y la fase, los sistemas básicos de modulación son los siguientes:

- Modulación por cambio de amplitud
- Modulación por cambio de frecuencia
- Modulación por cambio de fase

2.5.2 MODULACIÓN POR CAMBIO DE AMPLITUD

La modulación de amplitud, se refiere al método mediante el cual se modifica la amplitud de la señal portadora de acuerdo a la información binaria que se pretende transmitir. El método más simple de modulación de amplitud consiste en enviar una amplitud cero para representar el valor binario 0 y una amplitud determinada distinta de cero para representar el valor binario 1. También se puede transmitir una amplitud determinada para representar los valores 0 y otra amplitud distinta para representar los valores 1, ambas distintas de cero. A este sistema de modulación también se le conoce con el nombre de ASK (Amplitude – Shift Keying, modulación por salto de amplitud).

La modulación de amplitud pura, se emplea muy poco para transmitir datos, y si se hace, se utiliza para muy bajas velocidades de transmisión, ya que es muy susceptible a las interferencias de la línea. Se suele emplear la modulación de amplitud en conjunción con la modulación de fase.

En ASK la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se altera entre dos o más valores en respuesta al código de pulsos.

En el caso binario, la elección habitual es el conmutador encendido-apagado. La onda de amplitud modulada resultante consiste en pulsos RF, llamados marcas, que representan al binario 1 y espacios que representan al binario 0. En la figura 2.9 se muestra una onda ASK para un código de pulsos dado.

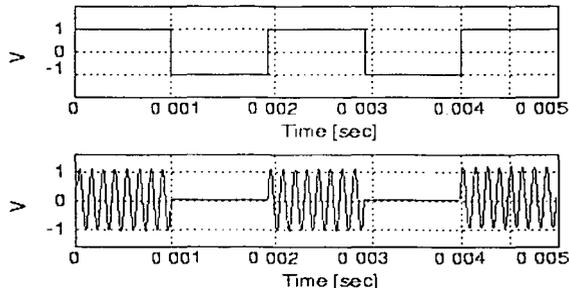


Fig.2.9 Modulación por cambio de Amplitud (SEÑAL ASK.).

2.5.3 MODULACIÓN POR CAMBIO DE FRECUENCIA

Mediante la modulación por cambio de frecuencia se modifica la frecuencia de la señal portadora de acuerdo con la información binaria que se pretende transmitir. Con este método la fase y la amplitud de la señal son constantes y se envía una frecuencia determinada para representar el valor binario 0 y otra frecuencia distinta para representar el valor binario 1. Este cambio de frecuencias hace que a este sistema también se le conozca

como FSK (Frequency - Shift Keying, modulación por cambio de frecuencia). La modulación de frecuencia se suele utilizar para velocidades iguales o inferiores a 1200 bps.

Existen dos tipos de modulación FSK: COHERENTE, la cual realiza el cambio de frecuencias manteniendo la señal en fase, y NO COHERENTE, la cual no asegura que la señal se mantenga en fase en el momento de producirse el cambio de frecuencia. La modulación coherente utiliza un solo oscilador, sobre el que realiza el cambio de frecuencia, mientras que la modulación no coherente utiliza un oscilador para cada frecuencia. En la actualidad los modems FSK existentes emplean la modulación coherente.

La frecuencia instantánea de la señal portadora se alterna entre dos (o más) valores en respuesta al código PCM (Modulación por Código de Pulsos). La figura 2.10 muestra una señal FSK idealizada, que sugiere, que una onda FSK pueda considerarse compuesta por dos ondas ASK de diferentes frecuencias portadoras.

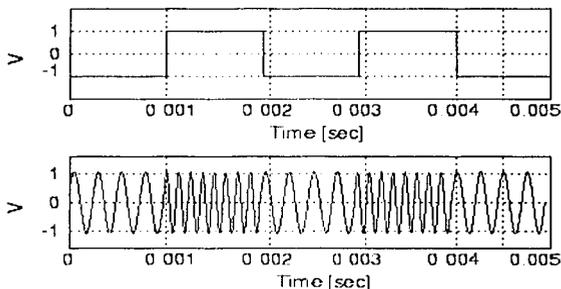


Fig 2.10 Modulación por cambio de Frecuencia (SEÑAL FSK.).

2.5.4 MODULACIÓN POR CAMBIO DE FASE

La modulación por cambio de fase, también conocida como PSK (Phase - Shift Keying, modulación por cambio de fase) consiste en mantener la frecuencia y amplitud de la señal constante y modificar la fase en más o menos grados, dependiendo de la información binaria a transmitir. Existen distintos sistemas de modulación de fase:

a) MODULACIÓN DE FASE SIMPLE (PSK), si la información a transmitir cambia, la señal modulada se mantiene en fase, el desplazamiento de fase es 0° y si la información a transmitir no cambia, la señal modulada se desfasa 180° .

b) MODULACIÓN DE FASE DIFERENCIAL (DPSK, Differential Phase - Shift Keying) si la información binaria a transmitir es un 0, se modulará la señal de línea con un desfase de 270° , mientras que si la información a transmitir es un 1, el desfase será de 90° .

La modulación PSK presenta una mayor sensibilidad al ruido que la DPSK, por lo que generalmente se utiliza este último sistema. La modulación de fase es el sistema utilizado normalmente para velocidades superiores a 1200 bps, aunque en la mayoría de los casos, para conseguir velocidades elevadas se emplea la modulación de fase combinada con la modulación de amplitud.

En cuanto a la modulación de fase por sí sola, para aumentar la velocidad de transmisión se emplea un tipo de modulación llamada MODULACIÓN MULTIFÁSICA (MPSK, Multilevel Phase - Shift Keying). En la modulación MPSK, el tren de datos a transmitir es dividido en grupos de dos o tres bits consecutivos (díbits o tribits), codificándose cada uno de esos grupos como un solo cambio de fase.

Cuando los grupos son de dos bits, el sistema también recibe el nombre particular de MODULACIÓN DE FASE CUATERNARIA (QPSK). Un ejemplo de modulación QPSK es aquella en la que si el díbit a transmitir se corresponde con el 00, se modula un desfase de 45° , si el díbit es 01, el desfase es de 135° , si el díbit es 10, el desfase es de 225° , y por último, si el díbit se corresponde con el 11, el desfase es de 315° .

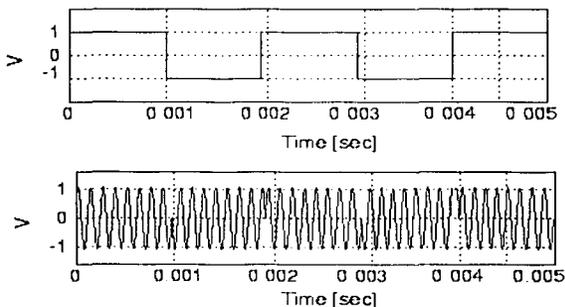


Fig. 2.11 Modulación por cambio de Fase (SEÑAL. PSK).

2.6 FUNDAMENTOS DE LAS ONDAS ELECTRICAS

A continuación enlistamos una breve explicación de las propiedades del campo eléctrico, magnético y electromagnético, etc.

2.6.1 CAMPO ELECTRICO

La intensidad de campo eléctrico "E" es la fuerza que se ejerce sobre la unidad positiva de carga eléctrica. En el sistema MKS esta cantidad se mide en newtons por coulomb.

La intensidad de campo eléctrico en un medio que no es el vacío, se representa por la letra "D", cuya magnitud y dirección pueden ser diferentes a la intensidad en el vacío.

La relación que hay entre "D" y "E" es la siguiente:

$$D = \epsilon E$$

Donde:

ϵ es la permitividad del medio.

E es el campo eléctrico en el vacío.

Las cargas que dan origen al cambio de magnitud y dirección del campo eléctrico en un medio cualquiera, tienen su principio en las inducidas en el material por polarización de sus moléculas en presencia de un campo eléctrico.

2.6.2 CORRIENTE ELECTRICA

Desde el punto de vista eléctrico, los materiales están divididos en dos clases: conductores y no conductores.

Los materiales conductores son aquellos materiales que permiten el paso de las cargas eléctricas con más o menos facilidad, no conductores o aisladores, a aquellos materiales que presentan gran dificultad para el desplazamiento de las cargas.

La cantidad de cargas en movimiento, depende de la intensidad del campo eléctrico así como del material considerado, es decir, existe una relación directa entre ellas:

$$i = g E$$

Donde:

g es una constante del material llamada conductividad.

i es la corriente eléctrica.

Para sostener el campo eléctrico que origina el movimiento de las cargas libres dentro del medio conductor, es necesario imponer una diferencia de potencial entre los extremos del mismo.

Si sobre un medio dado de conductividad g y de permitividad ϵ , imponemos un campo eléctrico, la corriente estará dada por la siguiente expresión:

$$i = g E + E \frac{\partial E}{\partial t}$$

Es decir la carga total desplazada es la suma de las cargas libres que se encuentran en la substancia, más el desplazamiento de las inducidas debido al cambio de momento eléctrico en la estructura del material. A la primer término $g E$ se le llama corriente de conducción y el segundo término $E (\partial E / \partial t)$ es la corriente de desplazamiento concepto de gran importancia para entender a fondo el mecanismo de la onda electromagnética.

2.6.3 CAMPO MAGNETICO

Fue descubierto por Oersted.

Cuando por dos conductores suficientemente cercanos circula una corriente eléctrica, existe entre ellos una fuerza de origen totalmente diferente a la fuerza electrostática y a otras no eléctricas, conocida con el nombre de fuerza magnética.

El flujo magnético es la cantidad de líneas que pasan por una determinada área, es decir:

$$\phi = \int B \cdot da$$

Donde:

ϕ es el flujo magnético
B es la inducción magnética
da es la diferencia de área

Un descubrimiento importante que relaciona el campo eléctrico con el magnético fue hecho por Michael Faraday en Inglaterra en el año de 1831 y es conocido como "La Ley de Faraday", y dice "la fuerza electromotriz inducida en un circuito, es igual a la razón de cambio negativa del flujo magnético a través del mismo", es decir:

$$E = - \frac{d\phi}{dt}$$

2.6.4 LEY DE LENZ

Esta ley fue deducida por Heinrich Friedrich Lenz en 1834, un científico ruso-alemán, quien sin conocimiento de los trabajos de Faraday y Henry duplicó muchos de sus descubrimientos, publicó la ley que lleva su nombre, la que predice la dirección de la fuerza electromotriz inducida, que dice:

"La corriente inducida circulará en un sentido tal que se oponga al cambio que la produce". Si la fuerza electromotriz es debida al movimiento de un conductor en un campo magnético, esta se opone al movimiento.

"Si la fuerza electromotriz se produce por cambio de flujo, la corriente que resulta es en tal dirección, que da origen a un flujo propio que se opone al flujo que la origina".

Una propiedad inherente a "B" es que las líneas de inducción magnética que lo caracterizan, siempre forman curvas cerradas.

Hasta aquí hemos expuesto brevemente las propiedades más importantes de los campos eléctrico y magnético y las relaciones entre ellas.

2.6.5 ECUACIONES DE MAXWELL

Las ecuaciones de Maxwell resumen el comportamiento de los campos eléctricos y magnéticos, dichas ecuaciones se expresan a continuación:

$$\Delta \times H = j + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\Delta \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\Delta \cdot D = \rho$$

$$\Delta \cdot B = 0$$

La interpretación práctica de estas ecuaciones es la siguiente:

La primera ecuación nos indica que el campo magnético sólo existe con la presencia de corrientes eléctricas o por la presencia de un campo eléctrico variable en el tiempo (corriente de desplazamiento).

La segunda ecuación nos indica que puede existir el campo eléctrico por la existencia de un campo magnético variable con el tiempo.

La tercera ecuación nos indica que las cargas eléctricas son fuentes de campo eléctrico.

La cuarta ecuación afirma que no hay cargas magnéticas y las líneas del campo magnético son cerradas o salen del infinito.

Si los campos eléctricos y magnéticos son función del espacio y tiempo en la forma:

$$E = E_0 \sin(\omega t + a)$$

$$H = H_0 \sin(\omega t + b)$$

Que es un caso muy frecuente, las ecuaciones de Maxwell quedan:

$$\Delta \times H_0 = (g + j\omega \epsilon) E_0$$

$$\Delta \times E_0 = -j\omega \mu H_0$$

$$\Delta \cdot B_0 = 0$$

$$\Delta \cdot D_0 = 0$$

Interesados únicamente en una onda polarizada en el eje de las "Y" tenemos:

$$E_{0x} = 0, E_{0z} = 0$$

$$\frac{\partial E_{0y}}{\partial Y} = 0$$

$$\frac{\partial E_{oy}}{\partial Z} = 0$$

La ecuación queda:

$$\frac{\partial E_{oy}}{\partial X} = \Gamma E_{oy}$$

A Γ se le llama constante de propagación, su parte real nos da la atenuación del medio y la imaginaria la fase.

La relación entre E_o y H_o se obtiene de las ecuaciones de Maxwell, y es:

$$H_z = \frac{\Gamma}{j\omega\mu} E_y$$

Llamaremos $Z = \frac{j\omega\mu}{\Gamma}$, la impedancia característica del medio:

$$Z = R + jX$$

Así pues Γ y Z dan la característica eléctrica del medio en el cual se propaga la onda.

2.7 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS

2.7.1 DEFINICIÓN

El desplazamiento de las ondas electromagnéticas a través de un medio se denomina propagación.

2.7.2. CARACTERÍSTICAS

Las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para desplazarse, en cierta medida dependiendo de su frecuencia son capaces de penetrar los materiales aislantes, el aire, el vacío, como el espacio exterior a nuestra atmósfera llamado espacio libre o intersideral.

La velocidad a la que viajan estas ondas es la misma que la luz, en el espacio libre es de $3 \cdot 10^8$ m/s; en otros medios esa velocidad está afectada por la constante dieléctrica del material que atraviese.

Toda onda electromagnética tiene dos campos:

- el eléctrico
- el magnético

Son campos variables, de direcciones perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación de la onda.

2.7.3 TIPOS DE PROPAGACIÓN

El camino que recorre una onda electromagnética desde que es radiada por la antena de emisión y es recibida en la de recepción no siempre es el mismo; depende de varios factores, principalmente de su frecuencia (f) o longitud de onda (λ).

Según sea el medio de propagación se clasifican en: (ver figura 2.1)

- Ondas terrestres
- Ondas troposféricas
- Ondas ionosféricas

2.7.4 PROPAGACIÓN EN EL VACIO

En el vacío se tiene $g = 0$

$$\epsilon = \epsilon_0 \gamma$$

$$\mu = \mu_0$$

El valor de la constante de propagación e impedancia característica tiene los valores:

$$\Gamma = \sqrt{-j\omega\epsilon_0\mu_0} = j\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$$

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = 3 \times 10 \frac{m}{seg}$$

Por lo tanto la onda no tiene atenuación, $\alpha = 0$ y la velocidad de propagación (c) es la de la luz.

2.7.5 PROPAGACIÓN EN CUALQUIER MEDIO

Si introducimos la cantidad $Q = W \frac{\epsilon_0}{g}$ en las constantes de propagación e impedancia característica tenemos:

$$\Gamma = j\omega\sqrt{\mu\epsilon_0\left(1 - \frac{j}{Q}\right)^{-1}}$$

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon} \left(1 - \frac{j}{Q}\right)^{-j}}$$

Si $Q \gg 1$, la corriente de desplazamiento superará a la de conducción y al medio lo llamaremos cuasi-dieléctrico.

Si $Q \ll 1$, la corriente de conducción superará a la de desplazamiento y al medio lo llamaremos cuasi-conductor.

Existen materiales que pertenecen siempre a una clase determinada en todo el rango de frecuencias, y otros que cambiarán sus características con ésta.

La frecuencia (f) o la correspondiente longitud de onda (λ) son usadas con el fin de indicar el límite en el cual el medio es cuasi-conductor o cuasi-dieléctrico.

2.7.6 PROPAGACIÓN EN UN MEDIO CONDUCTOR

Los metales son siempre conductores, es decir, "g" tiene siempre un valor alto comparado con $W\epsilon$, entonces:

$$\Gamma = \sqrt{j\omega\mu g}$$

$$\alpha = 34.4 \sqrt{\frac{g\mu r}{\lambda_0}}$$

$$Z_0 = \sqrt{j\omega \frac{\mu}{g}}$$

$$R = X = 34.4 \frac{\sqrt{\mu r}}{\sqrt{g \lambda_0}}$$

Donde λ_0 es la longitud de onda característica en el espacio libre. En este caso existe una relación siempre entre R y α :

$$\alpha = Rg$$

$$R = \frac{\alpha}{g}$$

para el cobre se tiene que $g = 5.8 \times 10^7$

$$\text{y por tanto } \alpha = 15.1 \alpha = 15.1 \sqrt{\frac{f}{R}} = 8.25 \times 10^7 \sqrt{\frac{f}{10}}$$

2.8 POTENCIA Y VECTOR DE POYNTING

Un aspecto importante de la propagación de las ondas, es el hecho de que llevan la energía con ellas a través del espacio.

Cuando una onda pasa a través de una superficie imaginaria en el espacio, pasará también un flujo de potencia por cada unidad de área. Esta potencia se mide en watts por metro cuadrado y se designa por "P". El producto "P a" es la potencia que cruza por el área "a", P es un vector llamado vector de Poynting, cuando se dibujan las líneas del vector "P", ellas nos muestran el flujo de energía electromagnética.

2.9 FENÓMENOS EN LA PROPAGACIÓN

En la propagación de las ondas de radio existen una serie de fenómenos comunes a todas las otras radiaciones electromagnéticas.

Cuando las ondas electromagnéticas se propagan libremente en un medio homogéneo, la propagación es directa, es decir, que la onda emitida por la antena emisora alcanza la antena receptora en línea recta y sin desviación alguna como se muestra en la figura 2.12.



Fig. 2.12 Representación de la señal por propagación directa.

Sin embargo al propagarse en medios heterogéneos, sufren alteraciones notables, presentándose ciertos fenómenos.

Estos fenómenos son:

- Reflexión
- Refracción
- Difracción

2.9.1 PROPAGACIÓN POR REFLEXION

Cuando una onda choca contra una superficie y es devuelta, normalmente, se produce una reflexión, en el caso de que esta superficie sea buena conductora, reflejará casi toda la energía que llegue a ella, disminuyendo su poder reflectante a medida que sea más aislante, es decir, el poder de reflexión de una superficie es directamente proporcional a su conductividad.

Se entiende por reflexión el cambio en la dirección de propagación de un fenómeno ondulatorio, como las ondas radioeléctricas, cuando inciden sobre una superficie reflectante.

En las siguientes figuras (Fig. 2.13 y Fig. 2.14) pueden verse como a una antena receptora le llega una señal radioeléctrica reflejada por un obstáculo, por ejemplo, un edificio de gran altura.

Este tipo de propagación no es muy deseable, ya que a la antena receptora pueden llegarle, además de la señal directa, varias señales reflejadas procedentes de uno o varios puntos, con lo cual llegan al receptor dos o más señales iguales y desfasadas en el tiempo, puesto que las trayectorias de las reflejadas son más largas, produciendo las conocidas y molestas "imágenes fantasma" o dobles imágenes.

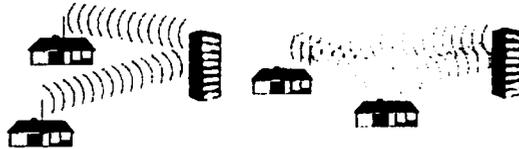


Fig. 2.13 y Fig. 2.14 Representación de la señal por el fenómeno de propagación por reflexión.

Para evitar esto, deben utilizarse antenas receptoras de gran directividad, correctamente situadas con relación al emisor.

2.9.2 REFLEXION EN UN CONDUCTOR PERFECTO

Cuando una onda electromagnética es desplazada a través del espacio, existe un balance absoluto entre los campos magnético y eléctrico. La mitad de la energía transportada por la onda se encuentra en el campo magnético y la otra mitad en el campo eléctrico.

Si la onda penetra en un medio diferente se efectúa una redistribución de la energía, dependiendo esto de la naturaleza del medio (material dieléctrico, material magnético, medio ionizado, etc.).

Una onda ni adquiere ni pierde energía al transponer una frontera; parte de ella se transmite a través del nuevo medio y parte regresa al punto de origen de la onda, dando lugar a los fenómenos de refracción y reflexión respectivamente.

El caso más simple en el estudio de la reflexión es el de la incidencia de una onda plana sobre un conductor perfecto, aquí el campo eléctrico es siempre "cero" y la energía de la onda será íntegramente reflejada por la superficie de frontera, es decir, cero energía penetrará al conductor y por lo tanto la magnitud de la intensidad de campo eléctrico incidente, será igual a la intensidad de campo reflejada (reflexión total).

2.9.3 REFLEXION SOBRE UN DIELECTRICO

Cuando una onda incide sobre un material dieléctrico, parte de su energía se transmite (hay refracción) y parte retorna (hay reflexión). Si el dieléctrico no es perfecto, la onda transmitida sufrirá cierta atenuación.

Las relaciones que guardan las intensidades de campo transmitida y reflejada, con la intensidad de campo incidente, dependen de las características de los medios.

Supongamos que el aire tenga una impedancia Z_1 y el dieléctrico una correspondiente Z_3 . Las relaciones que guardan la onda incidente, con las partes reflejada y transmitida son las siguientes:

$$Em_2 = \left(Z_3 - \frac{Z_1}{Z_3} + Z_1 \right) Em_1$$

$$Em_3 = \left(\frac{2Z_3}{Z_3} + Z_1 \right) Em_1$$

$$Hm_2 = \left(Z_3 - \frac{Z_1}{Z_3} + Z_1 \right) Hm_1$$

$$Hm_3 = \left(\frac{2Z_1}{Z_3} + Z_1 \right) Hm_1$$

Donde $Z_3 - \frac{Z_1}{Z_3} + Z_1$ se denomina coeficiente de reflexión.

2.9.4 PROPAGACIÓN POR REFRACCIÓN

Es el fenómeno que desvía la dirección de propagación de las ondas de radio cuando estas pasan de un medio a otro medio, en el cual la velocidad de propagación es diferente.

Es decir, es el cambio en la dirección de la propagación de un movimiento ondulatorio, como las señales radioeléctricas, debido al paso de la onda desde un medio a otro de distinto índice de refracción.

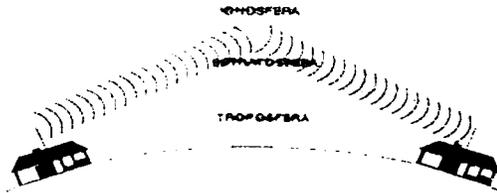


Fig. 2.15 Representación de la señal por el fenómeno de propagación por refracción.

En la figura 2.15 puede verse como la señal radioeléctrica es refractada en las capas inferiores de la ionosfera. Este fenómeno se debe al estado ionizado de esta zona de la

atmósfera. Cabe citar aquí que con este tipo de propagación, cuando se dan las condiciones idóneas, es posible captar emisiones muy lejanas, imposibles de recibir por una propagación directa.

2.9.5 PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN

Todo rayo luminoso que encuentre un obstáculo en su trayectoria produce sombra; una onda de radio que encuentre un obstáculo deja al otro lado de él una zona de sombra o un área en la cual no llega esta onda y una parte entre la sombra y la zona iluminada en donde la intensidad de campo es muy pequeña en comparación con el área de rayo directo. Cuando un rayo de luz incide sobre un cuerpo opaco, se produce una zona de sombra, cuya área transversal decrece con la distancia al cuerpo, según se ve en la siguiente figura 2.16:

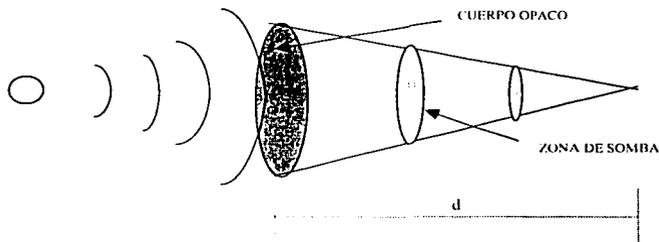
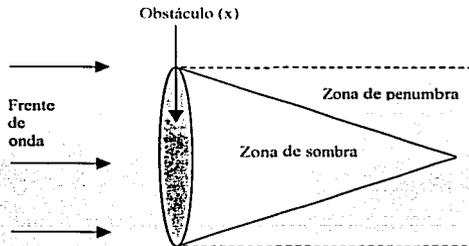


Fig. 2.16 Representación de la difracción

Este fenómeno que se conoce como difracción, se manifiesta también en la propagación de las ondas electromagnéticas, cuando inciden sobre cuerpos o superficies dieléctricas de dimensiones limitadas, como montañas, construcciones, arboledas o la propia superficie terrestre. Cuando una onda incide sobre un obstáculo de este tipo, la dirección de propagación sufre flexiones en los límites del cuerpo, dando origen a dos zonas características, la zona de penumbra y la zona de sombra, como puede verse en la siguiente figura 2.17:

Fig. 2.17



Si las líneas verticales representan los frentes de una onda plana, que incide sobre el obstáculo (x) pueden observarse las reflexiones que sufren dichos frentes al transponer los puntos límites A y B, dando origen a las zonas de difracción y de sombra mostradas.

Entonces, en la zona de difracción puede detectarse energía de una onda emitida, en un punto que no guarda línea de vista con el de detección, como se muestra en la siguiente figura 2.18.

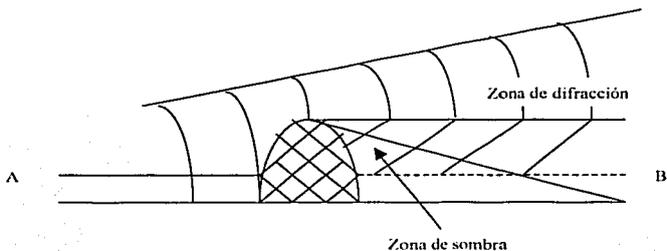


Fig. 2.18

Aunque los puntos A y B no establecen línea de vista, basta que el punto "B" se encuentre en la zona de difracción, para que en él pueda detectarse energía de la onda emitida en A.

Este fenómeno es aprovechable cuando hay que establecer enlaces entre puntos obstaculizados, o bien entre puntos transhorizonte.

El fenómeno de difracción es función de la frecuencia de la onda emitida, acentuándose en las bajas frecuencias y disminuyendo paulatinamente a medida que se aumenta la misma.

También, la propagación por difracción se puede entender como un fenómeno característico de las propiedades ondulatorias de la materia, por lo cual un obstáculo que se opone a la propagación libre de las ondas, que se presenta como una fuente secundaria que emite ondas derivadas en todas las direcciones. Gracias a este fenómeno las ondas rodean al obstáculo y consiguen salvarlo.



Fig. 2.19 Representación de la señal por el fenómeno de propagación por difracción.

En la figura 2.19 puede verse como gracias al fenómeno de la difracción, la señal radioeléctrica procedente de la antena emisora sigue la ladera del obstáculo (montañas, edificios, etc.) y consigue alcanzar a la antena receptora.

2.9.6 ABSORCIÓN

Las ondas de radio pierden parte de su energía en su recorrido, ya que al excitar a los electrones, parte de la energía se pierde o disipa en forma de calor y solo una parte es irradiada; esta absorción es mayor cuando mayor es la densidad de partículas no ionizadas en la atmósfera.

2.9.7 POLARIZACION

La polarización está determinada por las líneas de fuerza del campo eléctrico.

Una onda está polarizada verticalmente cuando las líneas de fuerza del campo eléctrico tienen dirección vertical y cuando las líneas son perpendiculares a la onda, tiene una polarización horizontal. Particularmente con las ondas de VHF, UHF y SHF sucede que la polarización no sigue siempre el mismo plano, pudiendo variar su sentido cuando a lo largo de su desplazamiento se producen reflexiones intencionadas o causales.

2.9.8 INTENSIDAD

En el espacio libre, a medida que una onda electromagnética se aleja de la antena que la radia sufre una progresiva disminución en su intensidad, siendo ésta inversamente proporcional a la distancia.

En la propagación terrestre y a través de la atmósfera hay una serie de condicionantes que disminuyen o aumentan la intensidad recibida en un punto distante. La intensidad de la onda electromagnética de radio se mide por la diferencia de potencial que existe entre dos puntos situados en la dirección del campo eléctrico y separados un metro, la unidad de medida es el volt/metro, pero dado que es una unidad grande y normalmente se utilizan sus submúltiplos, el milivolt/metro y el microvolt/metro.

2.10 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Un sistema de comunicación radioeléctrico tiene como finalidad comunicar información entre dos o más entidades geográficamente distantes entre sí. Este procedimiento se lleva a cabo, convirtiendo la información de la fuente original a energía electromagnética y después transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde se convierte de nuevo a su forma original.

Esta energía electromagnética puede propagarse como:

- Un voltaje o corriente a través de un cable metálico.
- Como ondas de radio emitidas por el espacio libre.
- Como ondas de luz por una fibra óptica.

El espectro de frecuencias electromagnéticas total que muestra las localizaciones aproximadas de varios servicios dentro de la banda (cada banda de frecuencias tiene una característica única), se enseña en la figura 2.20. muestra que el espectro de frecuencias se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

extiende desde las frecuencias subsónicas (unos cuantos Hertz) a los rayos cósmicos (10^{22} Hz).

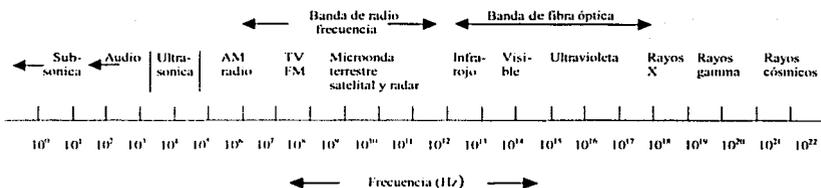


Fig. 2.20 Espectro de frecuencias electromagnéticas.

Cuando se trata de ondas de radio, es común usar las unidades de la longitud de onda en vez de la frecuencia. La longitud de onda es la longitud que un ciclo de una onda electromagnética ocupa en el espacio, es decir, la distancia entre los puntos semejantes en una onda repetitiva. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda y directamente proporcional a la velocidad de propagación (la velocidad de propagación de la energía electromagnética en el espacio libre se asume que sea la velocidad de la luz, $3 \cdot 10^8$ m/s). La relación entre la frecuencia, velocidad y longitud de onda se expresa como:

$$\text{longitud de onda} = \frac{\text{velocidad}}{\text{frecuencia}}$$

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

Donde:

λ = longitud de onda (metros por ciclo)

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

f = frecuencia (Hz)

2.10.1 FRECUENCIAS DE TRANSMISIÓN

El espectro total de la frecuencia electromagnética esta dividido en subsectores o bandas; cada una de ellas tiene un nombre y límites. En Estados Unidos, las asignaciones de frecuencias para la propagación de radio en espacio libre son asignadas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Cabe mencionar que la división general del espectro de frecuencia totalmente utilizable se decide en las Convenciones Internacionales de Telecomunicaciones, las cuales son realizadas cada 10 años.

El espectro de radio frecuencia (RF) totalmente utilizable se divide en bandas de frecuencias mas angostas, las cuales son asignadas con nombres descriptivos y números de

banda (ver tabla 2.1). Las designaciones de banda del Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR), se mencionan en la tabla 2.2

Numero de la banda	Rango de frecuencia	Designaciones
2	30-300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3-3 kHz	VF (frecuencias de voz)
4	3-30 kHz	VLF (frecuencias muy bajas)
5	30-300 kHz	LF (frecuencias bajas)
6	0.3-3 MHz	MF (frecuencias medias)
7	3-30 MHz	HF (frecuencias altas)
8	30-300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
9	0.3-3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
10	3-30 GHz	SHP (frecuencias super altas)
11	30-300 GHz	FHF (frecuencias extremadamente altas)
12	0.3-3 THz	Luz infrarroja
13	3-30 THz	Luz infrarroja
14	30-300 THz	Luz infrarroja
15	0.3-3 PHz	Luz visible
16	3-30 PHz	Luz ultravioleta
17	30-300 PHz	Rayos-X
18	0.3-3 EHz	Rayos gamma
19	3-30 EHz	Rayos cósmicos

Donde:

10 ⁰	hertz	Hz
10 ³	kilohertz	KHz
10 ⁶	megahertz	MHz
10 ⁹	gigahertz	GHz
10 ¹²	terahertz	THz
10 ¹⁵	petahertz	PHz
10 ¹⁸	exahertz	EHz

Tabla 2.1 Representación del espectro de frecuencia

Bandas de frecuencia .

Banda de frecuencia	Rango (GHz)
L	1 - 2
S	2 - 4
C	4 - 8
X	8 - 12
Ku	12 - 18
K	18 - 27
Ka	27 - 40
Milimétrica	40 - 300

Tabla 2.2 Sub-bandas de frecuencias.

2.11 ANTENAS

Las antenas son utilizadas en sistemas de comunicaciones y radar, a frecuencias que van desde las más bajas hasta las más altas, en ambos casos la teoría y práctica es aplicada hasta el espectro infrarrojo así como luz visible. Las microondas están en una región de transición entre las "radio ondas" comunes y las "ondas ópticas", además la tecnología de las microondas hace uso de ambas técnicas, por ejemplo, ambos dipolos y reflectores parabólicos son utilizados en sistemas de microondas.

El propósito de una antena también es como un transductor entre cada oscilación eléctrica o propagación en líneas de transmisión o guías de onda, y una onda de propagación en el espacio libre. Una función principal de una antena es el de desempeñarse como una impedancia característica entre la guía de onda y la impedancia del espacio libre.

Las antenas pueden ser usadas de igual manera para la transmisión y la recepción de señales porque ellas obedecen la *Ley de la Reciprocidad*. Mientras esta puede ser una razón para preferir un tipo de antenas respecto a otras, pero físicamente siendo eléctricamente iguales.

En el modo de transmisión, la antena tiene por obligación radiar energía electromagnética. Para este trabajo es de suma importancia la propiedad de *ganancia (G)*. En el modo de recepción, el trabajo de la antena es el de recoger la energía proveniente del espacio libre. En el caso de la recepción, una propiedad importante es la *apertura efectiva*, la cual es función del área física de las antenas. El porque de la reciprocidad, es porque a mayor apertura mayor ganancia y viceversa. La *apertura efectiva* esta definida como el área de la onda de radio incidente que contienen la misma potencia que es entregada al igual que una carga resistiva a través de las terminales del alimentador.

2.11.1 LA ANTENA ISOTROPICA

Las especificaciones y definición de antena puede venir a ser ineficaces a menos que los medios provistos para su colocación sean comunes para su utilización. La mayoría de sistemas compara una antena específica con una teoría construida, llamada *radiador isotrópico*.

Un radiador isotrópico es una fuente (un punto) que radia igual en todas direcciones. Por definición la directividad de una antena isotrópica es la unidad (1), y toda la ganancia de esta antena es medida desde este patrón. Para calcular la potencia isotrópica, la densidad a una distancia R del punto de radiación se emplea la siguiente ecuación:

$$Pd = \frac{P}{4\pi R^2}$$

Donde:

Pd es la densidad de potencia en W/m^2

P es la potencia en watts de entrada del radiador isotrópico

R es el radio en metros el cual es el punto de densidad de potencia donde esta medido

2.11.2 IMPEDANCIA DE LA ANTENA

La impedancia de la antena representa la oposición total al flujo de corriente alterna (energía de RF), ésta se conforma de dos componentes, el componente resistivo y el componente reactivo. El componente reactivo puede ser igual capacitivo o inductivo, o la combinación de ambos, la impedancia puede ser representada en las siguientes ecuaciones:

ó

$$Z = \sqrt{R^2 + (Xl - Xc)^2} \quad (a)$$

$$Z = R \pm jX \quad (b)$$

La ecuación (b) es la que se utiliza comúnmente en las aplicaciones de RF. La parte reactiva de la impedancia de la antena resulta del retorno de energía de los campos magnético y eléctrico de la antena radiadora durante cada ciclo. La parte resistiva de la impedancia consiste de dos elementos: *pérdidas óhmicas (Ro)* y *resistencia de radiación (Rr)*. Las pérdidas óhmicas son debido al calentamiento de los elementos conductores de la antena por RF al igual que cuando la corriente pasa a través de cualquier conductor.

La resistencia de radiación, relaciona la energía de radiación, entonces un factor (k) compara las pérdidas y la resistencia de radiación, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$K = \frac{Rr}{Rr + Ro}$$

El objetivo del diseño de una antena es el de reducir Ro al mínimo. El valor de Rr se considera para el diseño e instalación de una antena, y este define el cociente del voltaje sobre la corriente al alimentador con menores pérdidas.

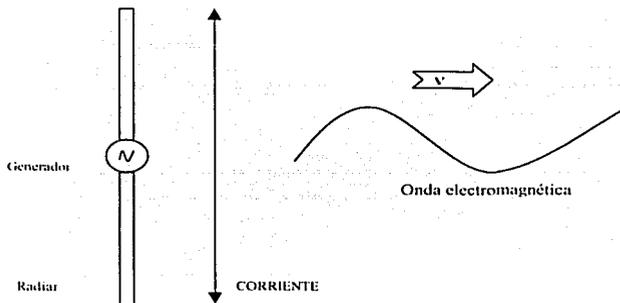


Fig. 2.21 Propagación de una Antena dipolo Básica.

2.11.3 ELEMENTOS DE UNA ANTENA DIPOLO

En una antena dipolo, sus dos polos pueden ser modelados cada uno como un simple radiador alimentado en el centro o un par de radiadores alimentados extremo a extremo (back-to-back). La corriente de RF oscila adelante del elemento radiador, causando una onda electromagnética que se propaga en dirección perpendicular al elemento radiador. La polaridad de cualquier campo electromagnético, es la dirección del vector del campo eléctrico. En el dipolo, la polarización es paralela al elemento radiador, un elemento

horizontal produce una polarización horizontal en la señal, de igual manera un elemento vertical produce una polarización vertical de la señal.

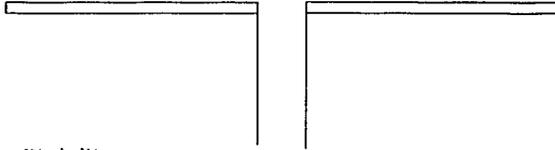


Fig. 2.22 Antena Dipolo Básica

En la figura 2.23 se muestra un dipolo para microondas. El elemento radiador de la antena consiste de un conductor corto al final de la sección de la guía de onda.

Mientras tanto los dipolos de baja frecuencia son de media longitud de onda, los dipolos para microondas pueden ser a media longitud de onda, o menores a ésta, o mayores a media longitud de onda dependiendo su aplicación.

Por ejemplo la mayoría de dipolos para microondas son utilizados en una antena tipo reflector. La mayoría de éstos sería de media longitud de onda.

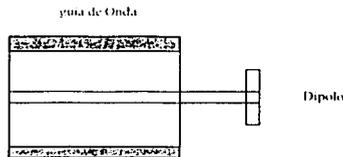


Fig. 2.23 Dipolo Microonda radiador

2.11.4 DIRECTIVIDAD Y GANANCIA DE UNA ANTENA

El dipolo consta de propiedades fundamentales, generalmente, en frecuencias para microondas estos parámetros son utilizados:

- directividad
- ganancia

Estos dos conceptos son diferentes pero ellos están interrelacionados, usualmente son discutidos al mismo tiempo; el porque, es debido a que la directividad enfoca la energía en solo dos direcciones, por el cual todos los medios de energía están encontrados en estas direcciones (ver figura 2.24), mas bien esta energía empieza a distribuirse sobre una superficie esférica. De esta manera el dipolo tiene una ganancia aproximadamente de 2.1 dB isotrópicamente. Es decir, la medida de la densidad de potencia en cualquier punto puede ser mas alta que 2.1 dB, que es la densidad de potencia calculada en la entrada de RF de la antena.

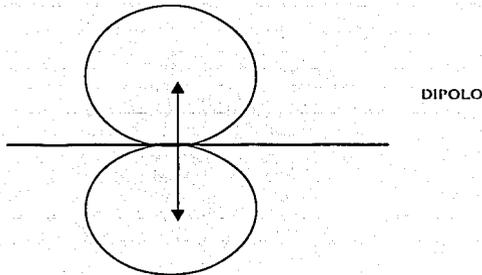


Fig. 2.24 Patrón del Dipolo (horizontal)

2.11.5 DIRECTIVIDAD

La directividad de la antena es una medida de la habilidad de radiar energía de RF, limitándola en una dirección, a diferencia de radiarla de igual manera en todas direcciones. Como se muestra en la figura 2.24, la directividad horizontal de un dipolo forma un patrón bidireccional.

La *Directividad* (D) es una medida relativa de sus densidades de potencia:

$$D = \frac{P_{\max}}{P_{\text{av}}}$$

o referida a un radiador isotrópico:

$$D = 4 \frac{\pi}{\phi}$$

Donde:

- D es la directividad
- P_{\max} es la potencia máxima
- P_{av} es la potencia media (promedio)
- ϕ es el ángulo del sólido por el lóbulo principal

El término de ángulo sólido (ϕ), acentúa el factor de los patrones de la antena, obligando a ser examinados en lo mínimo en dos extensiones: horizontal y vertical.

Un método común para las especificaciones de la directividad de una antena es el ancho de haz (beamwidth B_w).

La definición de B_w es el desplazamiento angular entre puntos del lóbulo principal, donde la densidad de potencia cae de uno a la mitad (-3dB) de la densidad de potencia del lóbulo principal.

En un sistema de antena ideal, 100% de la potencia radiada es en el lóbulo principal, y no existe ningún otro lóbulo. Pero las antenas reales en su diseño e instalación se presentan lóbulos laterales y lóbulos traseros como se muestra en la figura 2.25, que degradan su desempeño. Diversos problemas derivan de los lóbulos menores. Primero tenemos la pérdida de potencia. Para una densidad de potencia requerida a una distancia de recepción, el transmisor tiene que dar toda la potencia adicional, si esta se necesita para hacer mínima la pérdida por lóbulos.

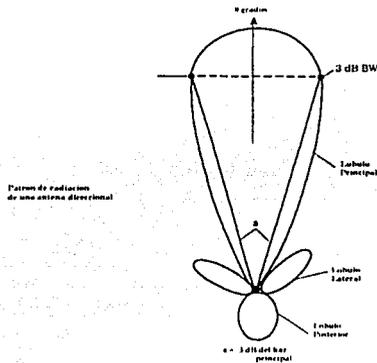


Fig. 2.25

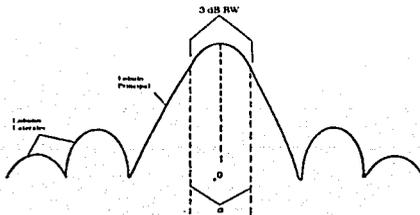


Fig. 2.26

Un segundo problema es la interferencia entre el sistema y sistemas adyacentes. A mayor aplicación de antenas direccionales es mayor la probabilidad de interferencia cocanal por

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

otras antenas cercanas a ésta. En un sistema radar, los lóbulos laterales son grandes, por lo que introducen errores a la información (ver figura 2.26). Por tal motivo éstos tienen que ser menores que el lóbulo principal.

2.11.6 GANANCIA

La ganancia de una antena deriva de un factor en el que la energía es estrecha dentro de un espacio limitado o comienza a distribuirse sobre una superficie esférica. El término de ganancia, implica que la antena crea una alta potencia, cuando este factor es concentrado, la potencia en una dirección, podría propagarse de forma diferente fuera de su área, al igual esto es posible si se incrementa la potencia. El sistema de antena transmisora esta dado en términos de la *potencia efectiva radiada isotrópica* (PIRE).

El PIRE es el producto de la potencia transmitida y la ganancia de la antena. Existe una relación entre dos ganancias a ser considerado: la *ganancia de directividad* (G_d) y la *ganancia de potencia* (G_p).

La ganancia de directividad está definida como el cociente de máxima intensidad de radiación sobre el promedio de intensidad de radiación (nota, la definición de directividad es similar).

La medida de ganancia está basada en la forma del patrón de radiación de la antena y puede ser calculada con respecto a un radiador isotrópico ($D=1$) de:

$$G_d = \frac{4\pi P_a}{P_r}$$

Donde:

G_d es la ganancia directiva

P_a es la máxima potencia radiada por unidad de ángulo sólido

P_r es el total de potencia radiada por la antena.

La ganancia de potencia es similar, pero ligeramente diferente a la ganancia directiva, esta incluye las pérdidas disipadas en una antena. No incluye en la potencia de ganancia estas pérdidas causadas por el cruce de polarización o la desigualdad de impedancia entre las guías de onda (o líneas de transmisión) en la antena. Existen dos medios comunes para determinar la ganancia de potencia:

$$G_p = \frac{4\pi P_a}{P_{ii}}$$

y

$$G_p = \frac{P_{ai}}{P_i}$$

Donde:

P_a es la máxima radiación por unidad de ángulo sólido

P_{ii} es la potencia aceptada por la antena

P_{ai} es la distancia promedio

P_i es la intensidad en el mismo punto de un radiador isotrópico alimentado por la mismo nivel de RF como la antena.

Previstas de pérdidas óhmicas estas se mantienen insignificantes, la relación entre ganancia directiva y ganancia de potencia esta dada por:

$$G_p = \frac{P_r G_d}{P_n}$$

2.11.7 RELACION ENTRE GANANCIA Y APERTURA

Las antenas obedecen la ley de la reciprocidad, la cual menciona que cualquier antena puede trabajar bien como transmisora o receptora. La función de antena receptora es de recoger la energía proveniente del campo electromagnético radiado por la antena transmisora. La apertura esta relacionada a menudo con el área física de una antena. Pero en algunos diseños, la apertura efectiva (A_e) es menor que el área física (A) además hay un factor de efectividad (n) que es aplicado. Sin embargo, en general, una antena transmisora y receptora de alta ganancia puede ser expresada como:

$$G = \frac{4\pi A_e n}{\lambda^2}$$

Donde:

A_e es la apertura efectiva

n es el factor de efectividad ($n=1$ para un radiador perfecto, sin pérdidas en la antena)

λ es la longitud de onda de la señal.

2.11.8 ANTENA RADIADORA DE CORNETA (HORN)

El radiador de corneta es una terminación estrecha de la longitud de una guía de onda (ver figura 2.27) que suministra la transformación de impedancia entre la impedancia de la guía de onda y la impedancia del espacio libre. Los radiadores de corneta son usados como antenas y como reflectores. Las antenas de corneta no son perfectamente igual que una guía de onda.

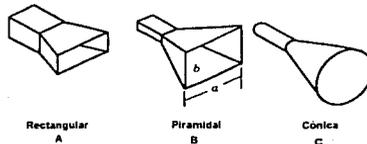


Fig. 2.27

La ganancia de un radiador de corneta, es proporcional al área (A) e inversamente proporcional al cuadrado de su longitud de onda.

$$G = \frac{10 A}{\lambda^2}$$

Donde:

A es el área

λ es la longitud de onda

2.11.9 ANTENAS REFLECTORAS

Las frecuencias de microondas llegan a ser posibles con el uso de antenas de reflector, debido a lo pequeña que es la longitud de onda, sin este tipo de antenas sería muy complicado. Los reflectores son teóricamente posibles a frecuencias bajas pero mientras más grande sea la longitud de onda más grande pudiese ser la antena y ésto podría resultar impracticco (ver figura 2.28).

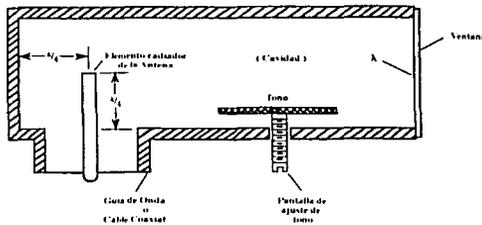


Fig. 2.28

En la figura 2.29 se observa una antena de reflector, la cual es utilizada primordialmente en UHF. Un elemento dipolo es colocado en el "punto focal" del reflector, además este recibe (en fase) la onda de frente reflejada de la superficie. Cada superficie de reflector sólida, metálica o de malla de alambre puede ser usada. Sin embargo cuando la malla es usada, los agujeros en la malla pueden ser $1/12$ de la longitud de onda o menores.

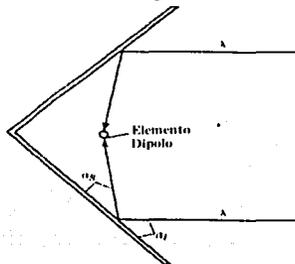


Fig. 2.29

La superficie parabólica tiene la propiedad de que el recorrido de un radio desde el foco a la boca de la superficie es constante ($FA + AA' = \text{constante}$, al variar el punto A sobre la superficie); por lo tanto, la onda esférica generada por el iluminador en F es transformada en una onda plana, un frente de la cual ($A-A'$) está representado en la figura 2.31. El campo E en un punto P del espacio puede obtenerse sumando vectorialmente los campos producidos por las áreas fundamentales ΔA , por las cuales puede pensarse que está constituida la boca de la parábola; por el principio de Huygens, cada área elemental ΔA de una superficie de onda, en la que está presente el campo $E_{\Delta A}$, puede ser considerada como una antena elemental que produce un campo dado por la relación:

$$E = \frac{E_{\Delta A} \Delta A}{2\lambda r} (1 + \cos\theta)$$

Donde E : es el campo irradiado en P por el área elemental ΔA ; ΔA : es el área elemental de la boca, que genera el campo E ; r : es la distancia desde el área elemental ΔA al punto P , en el que se quiere determinar el campo; θ : es el ángulo que forma la dirección en la que se encuentra el punto P con la perpendicular a la boca de la parábola.

En el diagrama de radiación que se obtiene es fuertemente direccional; las áreas individuales ΔA se comportan como los radiadores de una alineación broadside con reflector. El ángulo de radiación α , en el caso de paraboloide con boca circular, vale:

$$\alpha = 58^\circ \frac{\lambda}{D}$$

Donde:

D diámetro del paraboloide.

La ganancia G es:

$$G = 4\pi k \frac{A_o}{\lambda^2}$$

o

$$G = 4\pi \frac{A_{\text{eff}}}{\lambda^2}$$

Donde:

$A_{\text{eff}} = k A_o$: área eficaz de la boca;

A_o : área de la boca o apertura;

k : rendimiento o eficiencia de la boca ($k=0.5$ a 0.7).

La ganancia es inferior a $4\pi A_o/\lambda^2$, a causa de la ausencia de uniformidad de la amplitud del campo de la boca (en los bordes el campo es menor); de la potencia emitida por el iluminador y que no es interceptada por el paraboloide.

El iluminador puede ser, un dipolo con reflector, de modo de evitar la irradiación directa desde el iluminador; una antena de bocina o terminación de una guía de ondas.

2.11.11 GANANCIA DE UNA ANTENA PARABÓLICA

La ganancia de una antena parabólica esta en función de diversos factores: diámetro del plato, alimentador y exactitud de la superficie. El diámetro del plato (D) debe ser grande comparado con su profundidad. La exactitud de la superficie, referido al grado de irregularidades en la superficie. Para antenas comerciales, $1/8$ de exactitud de la superficie de la longitud de onda es usualmente suficiente, mientras que en un sistema de radar este tiene que ser mas preciso. Para un plato parabólico, una guía de onda circular produce una óptima iluminación en comparación, que una guía de onda rectangular.

Para aplicaciones de recepción, la apertura efectiva es una especificación relevante y se puede obtener de la siguiente forma:

$$A_{ef} = k\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$G = \frac{k(\pi D)^2}{\lambda^2}$$

Donde

G es la ganancia de la antena.
 A_{ef} es la área efectiva.

El patrón de radiación para esta antena es similar al observado en la figura 2.26, el cual para los lóbulos laterales tiende a ser de 23 a 28 dB pertenecientes al lóbulo principal o de 10 a 15 dB pertenecientes a un radiador isotrópico, encontrando que el 50 % de la energía radiada por el plato parabólico esta dentro de los -3dB de ancho del haz principal y 90 % de este pertenece al primer nulo en cada lado del lóbulo principal.

2.11.12 TIPOS DE ANTENAS CON REFLECTOR PARABOLICO

Una antena primaria con reflector parabólico, llamado iluminador, está situada en el foco del paraboloide; la energía irradiada, reflejada por la superficie parabólica, se concentra en un haz que tiene la dirección del eje de la misma superficie.

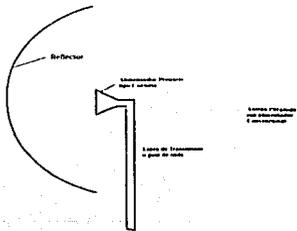


Fig. 2.32

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el campo de las microondas se usan los siguientes tipos de antenas:

A) ANTENAS DE BOCINA

Las antenas de bocina se usan en el campo de las microondas, cuando no se requiere una ganancia elevada. Están constituidas por una guía de ondas que termina en una bocina; ésta es generalmente piramidal, sectorial o cónica.

El campo emitido depende de las características de la bocina y del campo de la guía de ondas que alimenta la bocina. Las características de estas antenas son similares a las de la antena paraboloide y es válida la relación anterior, si el campo en la bocina (ver figura 2.31) es uniforme, es decir, si $OA-OB \ll \lambda$. Por lo tanto, la distancia que debe recorrer el campo en los bordes (OA) es mayor que la distancia que debe recorrer en el centro (OB) y, por lo tanto, si la diferencia de camino es una fracción apreciable de la ganancia, hay aumento de la abertura del haz y aumento de la amplitud de los lóbulos secundarios.

B) ANTENAS DE BOCINA- REFLECTOR Y ANTENAS CASSEGRAIN

Las antenas de bocina-reflector, están constituidas por una antena de bocina piramidal con el vértice en el foco de un paraboloide; irradia un paraboloide que constituye la superficie que refleja la energía en la dirección prefijada. Esta antena se caracteriza por la alta direccionalidad y por la gran anchura de banda; es especialmente usada en los puentes de radio.

La *antena Cassegrain*, es una antena paraboloide de doble reflexión. En ella, en el foco del paraboloide, se sitúa otra superficie reflectante con forma hiperboloide. La energía emitida por el iluminador es reflejada por el hiperboloide e ilumina uniformemente la superficie interior del paraboloide; se obtiene así un buen rendimiento, superior al de las antenas paraboloide. Las antenas Cassegrain son especialmente usadas en las comunicaciones espaciales (ver figura 2.33).

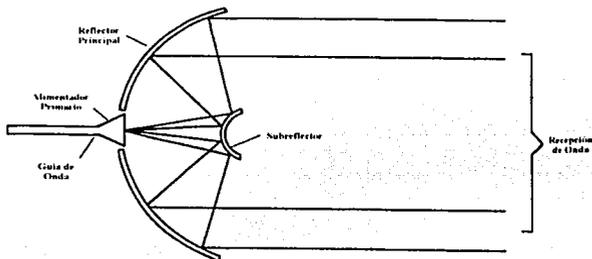


Fig. 2.33

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

3.1 CALCULOS Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL ENLACE

3.1.1 GENERACIÓN DE MICROONDAS

Se cree que el MAGNETRON, fue el dispositivo que dio pie al desarrollo a gran escala de las microondas, en la utilización de sistemas de radar durante la II Guerra Mundial; sin embargo, fueron KLYSTRONS, los que dieron una mayor versatilidad en la utilización de las microondas, sobre todo en el campo de las comunicaciones, permitiendo una mayor comprensión de los fenómenos, que se tienen en los tubos de microondas. El principio básico de funcionamiento de éstos generadores es la modulación de velocidad de un haz electrónico que al atravesar una cavidad resonante, provoca en ella oscilaciones electromagnéticas de la frecuencia de microondas deseada.

El estudio de los KLYSTRONS obligó a un amplio desarrollo desde los fenómenos de carga espacial a la interpretación de operación de los tubos de velocidad modulada.

Sin embargo, el desarrollo de válvulas, de ONDA PROGRESIVA (TWT, Travelling-Wave Tube); dieron a una mejor comprensión de los fenómenos que se tienen en los haces electrónicos, sobre todo en lo que respecta a las ondas electromecánicas, que dan lugar a la amplificación o generación de microondas. Para que éste acoplamiento sea efectivo es preciso reducir la velocidad de fase de la onda electromagnética, lo cual se hace mediante estructuras periódicas, entre las cuales la más utilizada es la hélice; de esta forma es posible mantener una interacción continua entre la onda electromagnética y el haz electrónico, modulado en velocidad, y en densidad, que va cediendo su energía a la onda electromagnética. Posteriormente también se desarrolló el tubo de onda regresiva (BWO, Backward Wave Oscillator), en el cual la velocidad de fase de la onda va en dirección opuesta al flujo de energía en el circuito, además, una mayor amplitud de sintonía en frecuencia mediante control electrónico.

Los dispositivos anteriores se basan en la conversión de energía de continuidad en la energía de microondas. En lugar de utilizar un elemento resistivo, se puede utilizar un elemento reactivo, como puede ser un diodo de capacidad variable, de aquí el bajo nivel de ruido que se puede lograr. Un fundamento análogo tienen los amplificadores cuánticos MASER. Estos amplificadores de bajo nivel de ruido son los que han abierto un gran campo de operación en radioastronomía, así como en las comunicaciones intercontinentales vía satélite, etc.

Un problema concerniente al desarrollo de las microondas, lo ha constituido el precio elevado de los generadores; pero el descubrimiento de los osciladores a semiconductores a sido el que ha abaratado su uso.

Está creciendo a un nivel tal que impide predecir las repercusiones futuras, que incluso pueden ser negativas.

Estos dispositivos también tienen una concepción diferente a los usuarios de baja frecuencia ya que los electrones del semiconductor son TIBIOS en el sentido que sus energías no difieren grandemente de la red del material, mientras que en los de microondas los electrones son CALIENTES, con energías eléctricas adquiridas de campos eléctricos elevados.

El primero de estos dispositivos se basó en el denominado efecto *GUNN* que se presenta en semiconductores compuestos, como el arseniuro de galio, material en el que fue inicialmente detectado, y desde entonces se han descrito muchos dispositivos, algunos basados en fenómenos bulmicos en el semiconductor, como los *gunn*, y otros fenómenos que tienen lugar en uniones de semiconductores.

EFECTO GUNN

Dice: "El período de las oscilaciones es similar al tiempo de transito de los electrones a través del semiconductor".

3.1.2 APLICACIONES DE LAS MICROONDAS

Sin duda podemos decir que el campo más valioso de aplicación de las microondas es el de las comunicaciones, desde las que pudiéramos denominar privadas, pasando por las continentales e intercontinentales, hasta llegar a las extraterrestres.

Las microondas, actúan generalmente como portadoras de información, mediante una modulación o codificación apropiada. En los sistemas de radar (desde los empleados en armamento y navegación, hasta los utilizados en sistemas de alarma); suelen basarse en el efecto *DOPPLER* o en cambios que sufre la razón de onda estacionaria (*SWR*) de una antena, pudiendo incluso reconocerse la naturaleza del elemento de alarma, sistema automático de puertas, medida de velocidad de vehículos, etc.

Otro gran campo de aplicación es el que se pudiera denominar científico. En radioastronomía ocurre que las radiaciones extraterrestres con frecuencia comprendidas entre 10 MHz y 10 GHz pueden atravesar el filtro impuesto por la atmósfera y llegar hasta nosotros.

En el estudio de los materiales (eléctricos, magnéticos) las microondas se pueden utilizar para la determinación de parámetros macroscópicos, como son la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética, y para el estudio directo de la estructura molecular de la materia mediante técnicas espectroscópicas y de resonancia.

En el campo médico y biológico se utilizan las microondas, para la observación de cambios fisiológicos significativos de parámetros del sistema circulatorio y respiratorio, etc.

Es imposible hacer una enumeración exhaustiva de aplicaciones que, aparte de las ya citadas, pueden ir desde la mera confección de juguetes hasta el control de procesos o funcionamiento de computadores ultra rápido. Quizá el progreso futuro de las microondas

está en el desarrollo cada día mayor, de los dispositivos de estado sólido, en los cuáles se consigue una disminución de precio y tamaño; estos sistemas son la combinación de los generadores a semiconductores con las técnicas de circuitos integrados, fácilmente adaptables a la producción en masa. Sin embargo no todo son beneficios; un crecimiento incontrolado de la utilización de las microondas, puede dar lugar a problemas no solo de congestión del espectro, interferencias, etc., sino también de salud humana; este último aspecto no está lo suficientemente estudiado, como se deduce del hecho de que los índices de peligrosidad sean marcadamente diferentes de unos países a otros.

3.2 COMUNICACIÓN VÍA MICROONDAS

Básicamente un enlace vía microondas consta de tres componentes fundamentales:

- El Transmisor
- El receptor
- El Canal Aéreo

El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir. El Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, este último es el encargado de captar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces de microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres con el fin de ajustar dichas alturas.



Fig. 3.1 Torre auto soportada con enlaces de microondas.

3.2.1 ANTENAS Y TORRES DE MICROONDAS

La distancia cubierta por enlaces de microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos. La siguiente figura 3.2 muestran como trabaja un repetidor y como se ven los reflectores pasivos.

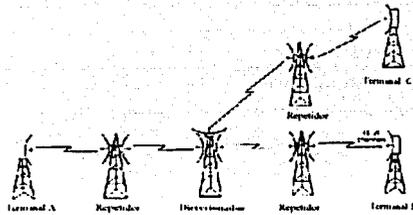


Fig. 3.2

La señal transmitida vía microondas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de poder que depende de la distancia, reflexión y refracción, debido a obstáculos, superficies reflectoras y a pérdidas atmosféricas.

En la tabla 3.1 se muestra una lista de frecuencias utilizadas por los sistemas de microondas:

Frecuencia	Designación
3 Hz - 30 kHz	Muy baja frecuencia (VLF)
30 - 300 kHz	Baja frecuencia (LF)
300 kHz - 3 MHz	Mediana frecuencia (MF)
3 - 30 MHz	Alta frecuencia (HF)
30 - 300 MHz	Muy alta frecuencia (VHF)
300 MHz - 3 GHz	Ultra alta frecuencia (UHF)
3 - 30 GHz	Super alta frecuencia (SHF)
30 - 300 GHz	Extremadamente alta frecuencia (EHF)

Tabla 3.1 Bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico. kHz = $(1 \times 10^3 \text{ Hz})$; MHz = $(1 \times 10^6 \text{ Hz})$; GHz = $(1 \times 10^9 \text{ Hz})$.

Mediante el uso de estas frecuencias, algunas de las ventajas son:

- Las antenas relativamente pequeñas son efectivas.
- A estas frecuencias las ondas de radio se comportan como ondas de luz, por ello la señal puede ser enfocada utilizando antenas parabólicas y antenas de embudo, además pueden ser reflejadas con reflectores pasivos.

El uso de estas frecuencias también posee desventajas:

- Las frecuencias son susceptibles a un fenómeno llamado Disminución de Multicamino (Multipath Fading), lo que causa profundas disminuciones en el poder de las señales recibidas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- A estas frecuencias las pérdidas ambientales se transforman en un factor importante, la absorción de poder causada por la lluvia, puede afectar dramáticamente el desempeño o performance del canal.

3.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS ALÁMBRICOS

Algunas ventajas se mencionan a continuación:

- El volumen de inversión es generalmente más reducido.
- Instalación más rápida y sencilla.
- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- Puede superarse las irregularidades del terreno.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

Y algunas desventajas son las siguientes:

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación.
- Se han hecho ensayos para utilizar generadores autónomos y baterías de células solares.
- La segregación, aunque es posible y se realiza, no es tan flexible como en los sistemas por cable.
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerido, supone un importante problema en diseño.

3.3 ESTRUCTURA GENERAL DE UN ENLACE DE MICROONDAS

3.3.1 EQUIPOS

Un enlace de microondas esta constituido por equipos terminales y repetidores intermedios.

La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano.

Los repetidores pueden ser:

- Activos (que cuentan con circuitos amplificadores)
- Pasivos (que simplemente direccionan la señal)

En los repetidores pasivos o reflectores.

- No hay ganancia.
- Se limitan a cambiar la dirección del haz radioeléctrico.

3.3.2 PLANES DE FRECUENCIA

En una estación terminal se requieren dos frecuencias por canal.

- Frecuencia de emisión.
- Frecuencia de recepción.

Es una estación repetidora que tiene como mínimo una antena por cada dirección, es absolutamente necesario que las frecuencias de emisión y recepción estén suficientemente separadas, debido a:

- La gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB.
- La necesidad de evitar los acoplos entre ambos sentidos de transmisión.
- La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas.

Por consiguiente en ondas métricas (30-300 MHz) y decimétricas (300 MHz - 3 GHz), conviene utilizar cuatro frecuencias, como se muestra en la figura 3.3.

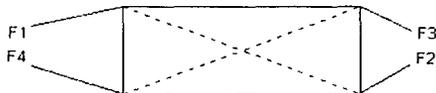


Fig. 3.3 Plan de 4 Frecuencias

En ondas centimétricas, la directividad es mayor y puede emplearse un plan de 2 frecuencias (figura 3.4).

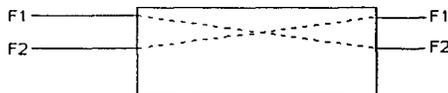


Fig. 3.4 Plan de 2 Frecuencias

3.4 PROPAGACION DE MICROONDAS

Las microondas ocupan una porción del espectro de frecuencias entre 1 y 300 GHz que corresponde a sus respectivas longitudes de onda (λ). La banda espectral de las microondas se divide en sub-bandas tal como se muestra en la tabla 3.2.

	FRECUENCIA (GHz)	LONGITUD DE ONDA APROXIMADA (cm)
S	1.5 - 8	10
X	8 - 12.5	3
K	12.5 - 40	1.1
Q	40 - 50	0.8

Tabla 3.2 Sub-bandas en las que se divide la banda espectral de las microondas.

Los sistemas de microondas se usan en enlaces de televisión, en multienlaces telefónicos y en general en redes con alta capacidad de canales de información. Las microondas atraviesan fácilmente la ionósfera y se usan también en comunicaciones por satélites. La longitud de onda muy pequeña permite antenas de alta ganancia.

Como el radio de fresnel es relativamente pequeño, la propagación se efectúa como en el espacio libre.

Si hay obstáculos que obstruyan el radio de fresnel, la atenuación es proporcional al obstáculo.

3.4.1 DISEÑO DE ENLACES TERRESTRES POR MICROONDAS

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía como se representa en la siguiente figura 3.5.

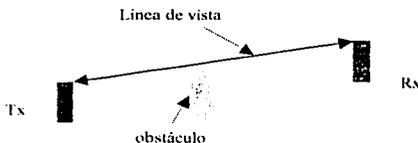


Fig.3.5 Representación de perfil de altitudes.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para su funcionamiento correcto es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres, debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

Antes de hacer mediciones en el terreno puede ser necesario estudiar los planos topográficos de la zona. Por lo general el estudio minucioso de los mapas y de los planos, facilita las labores, sobre todo en sistemas extensos con gran número de repetidoras y donde existe una gran variedad de rutas posibles. Por proceso de eliminación y de selección ha de escogerse la ruta más favorable.

Una vez escogidos los sitios de ubicación propuestos para las torres de las antenas, y habiéndose determinado la elevación del terreno comprendido entre dichos sitios, se prepara un diagrama de perfiles.

En la mayoría de los casos solo son necesario los perfiles de los obstáculos y de sus alrededores, donde pueda obstruirse la línea visual (ver figura 3.6).

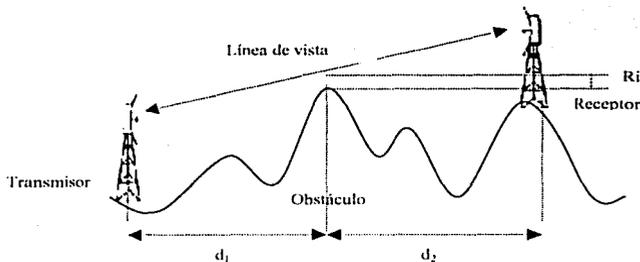


Fig. 3.6

Las señales de radiotransmisión, en las frecuencias de microondas, generalmente se propagan en línea recta en la forma de un haz dirigido de un punto a otro. Sin embargo, el haz puede desviarse o curvarse hacia la tierra por efecto de la refracción de las ondas en la atmósfera. La magnitud de la curvatura se toma en cuenta al calcular el factor K.

Puede emplearse un perfil del trayecto dibujado sin mostrar la curvatura de la tierra y con el haz de microondas en línea recta entre las dos antenas. Dicho perfil representa el caso en el cual la curvatura del haz es igual a la del terreno y el radio de la tierra es infinito. Esta es una de las condiciones extremas que deben investigarse al estudiar el efecto de las condiciones atmosféricas anormales sobre la propagación de las microondas. Sobre el mismo gráfico se dibujan los recorridos del haz para otros posibles valores de K entre ellos el normal que es 4/3. El trazado de las curvas con diversos valores de K se hace con plantillas normalizadas. Se traza el elipsoide de fresnel para verificar si ocurre una obstrucción.

Determinando el perfil del terreno sobre el que se propaga el haz, se estudiará el margen de éste con relación al obstáculo más prominente. Dicho margen hay que compararlo con el radio de la n-ésima zona abscisa que esta dado por la ecuación:

$$Ri (m) = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f (Ghz) (d_1 + d_2)}}$$

Donde :

Ri = Radio de la n-ésima zona de fresnel en metros.

f = Frecuencia en GHz.
 d_1 = Distancia del transmisor al punto considerado en metros.
 d_2 = Distancia del punto considerado al receptor en metros.

Sobre un terreno liso el alcance (D) de la radiación depende de la altura (h) de la antena.

El problema de las reflexiones interferentes, es prácticamente inexistente ya que, para las ondas centimétricas todo terreno es áspero y no da buena reflexión según el criterio de Rayleigh.

El único caso peligroso es cuando existe un espejo de aguas mansas como un lago.

3.4.2 ZONAS DE FRESNEL

Este es un fenómeno que se da en los enlaces de microondas que nos arroja un parámetro que es el radio de la zona de Fresnel. Para analizar los fenómenos de interferencia del rayo directo, es conveniente entender lo que es la zona de Fresnel.

Si suponemos que los puntos transmisor y receptor están separados por una distancia (d) tal como se ilustra en la siguiente figura 3.7.

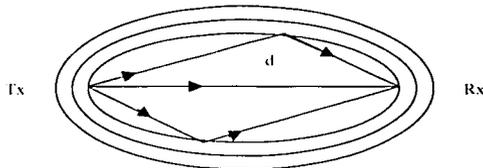


Fig. 3.7 Elipsoides de la zona de Fresnel.

Si el rayo que va de Tx a Rx sigue diferentes caminos, la fase de él cambiara de acuerdo con la distancia recorrida y existirá una familia de rayos que tenga un rango de rotación de fase dado.

Así, habrá otra familia con una rotación de fase mayor que la sufrida por la primera. Se puede demostrar que la curva donde una familia de rayos tiene un cierto rango es una elipsoide y dentro de este todos los rayos tendrán un determinado desfase. En la siguiente figura 3.8 se observa que todos aquellos que se encuentran dentro de T_0 tendrán un desfase de 0° a 180° y aquellos que sigan un camino dentro de T_1 pero fuera de T_0 , T_0 lo tendrán entre 180° y 360° .

A éstos espacios se les denomina la zona de Fresnel, 1ra, 2da, 3ra zona de Fresnel y así sucesivamente.

Donde:

T_0 corresponde a la 1ª. Zona de Fresnel

T1 corresponde a la 2ª. Zona de Fresnel
 T2 corresponde a la 3ª. Zona de Fresnel

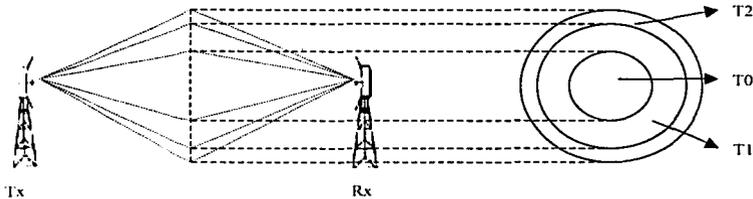


Fig. 3.8

Una vez dicho lo anterior, la fórmula para calcular el primer radio de Fresnel como se observa en la figura 3.8 es:

$$R1 = 17.3 \sqrt{\frac{d1d2}{F(Ghz)(d1d2)}}$$

Se debe considerar al menos el 60% de la primera zona de Fresnel en línea de vista.

Por lo que a mayor frecuencia menor radio.

3.4.3 ANOMALÍAS DE PROPAGACIÓN EN MICROONDAS

El gradiente del índice de refracción o factor K que corresponde al radio eficaz de la Tierra, se define como el grado y la dirección de la curvatura que describe el haz de microondas durante su propagación.

Cualquier variación del índice de refracción provocada por la alteración de las condiciones atmosféricas, se expresa como un cambio del factor K.

En condiciones atmosféricas normales, el valor de K varía desde 1.2 para regiones elevadas y secas (o 4/3 en zonas mediterráneas), hasta 2 o 3 para zonas costeras húmedas. Cuando K se hace infinito, la Tierra aparece ante el haz como perfectamente plana, ya que su curvatura tiene exactamente el mismo valor que la terrestre.

Si el valor de K disminuye a menos de 1, el haz se curva en forma opuesta a la curvatura terrestre. Este efecto puede obstruir parcialmente al trayecto de transmisión, produciéndose así una difracción.

El valor de la curvatura terrestre para los distintos valores de K se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{R'}{Rt}$$

Donde:

Rt = es el radio real terrestre (6370 Km).

R' = es el radio de la curvatura ficticia de la Tierra.

$$h = \frac{d1 d2}{1.5 K}$$

Donde:

h = Cambio de la distancia vertical desde una línea horizontal de referencia, en pies.

d1 = Distancia desde un punto hasta uno de los extremos del trayecto, en millas.

d2 = Distancia desde el mismo punto anterior hasta el otro extremo del trayecto, en millas.

K = Factor del radio eficaz de la Tierra.

1ml = 1.61Km.

pie = 0.3 m.

Con excepción del desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples, los desvanecimientos son fácilmente superables mediante:

- Diversidad de espacio.
- Diversidad de frecuencia.
- Diversidad de polarización.

Las alteraciones del valor de K desde 1 hasta infinito (rango normal de K), tienen escasa influencia en el nivel de intensidad con que se reciben las señales, cuando el trayecto se ha proyectado en forma adecuada. Las anomalías de propagación ocurren cuando K es inferior a 1, el trayecto podría quedar obstruido y por lo tanto sería vulnerable a los fuertes desvanecimientos provocados por el efecto de trayectos múltiples. Cuando K forma un valor negativo, el trayecto podría resultar atrapado entre capas atmosféricas y en consecuencia sería susceptible a sufrir desvanecimiento total.

Se distinguen así varios casos según el valor de K (ver figuras 3.9):

a) $K = 4/3$: refracción estándar.

Correspondiente a las condiciones atmosféricas normales.

b) $0 < K < 1$: subrefracción

En este caso, el radio efectivo de la Tierra es menor al radio real, por lo que existe mayor riesgo que la Tierra se interponga en el trayecto del rayo de microondas. El índice de refracción modificado varía más con la altura que en el caso normal, por lo que el rayo tiende a curvarse más. Se había mencionado anteriormente que mientras más pequeño sea

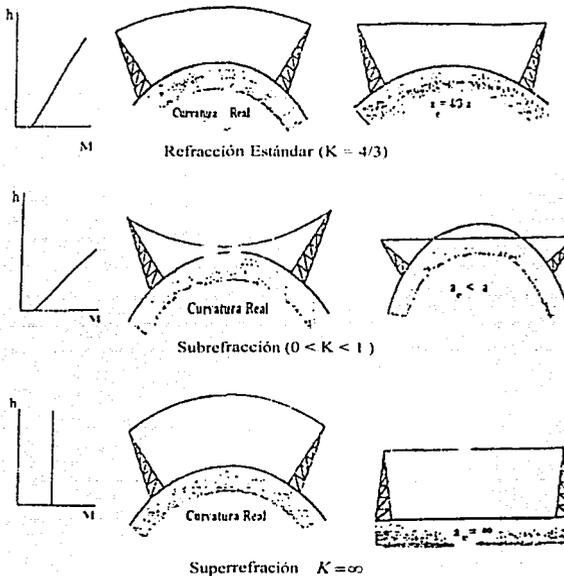
al valor de K , mayor es el riesgo de obstáculos, por lo que hay que tener cuidado cuando se presente un caso como este.

c) $K = \infty$: superrefracción

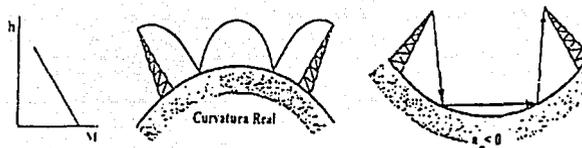
El caso extremo es el de superrefracción, en el cual el radio efectivo de la Tierra es infinito por lo que se puede remplazar a la Tierra, por una tierra plana, por lo que hay menor riesgo de obstáculos. Sin embargo, hay que tener cuidado pues entre más plana sea la tierra, puede haber más problemas de ondas reflejadas en la superficie, ya que ésta actúa cual si fuera un espejo.

d) $K < 0$: ductos

Este representa el caso más problemático e indeseado por los diseñadores de los enlaces de microondas ya que en este caso los rayos de microondas tienen trayectorias complejas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Ductos $K < 0$

Fig. 3.9 Diferentes formas de refracción atmosférica

3.4.4 DESVANECIMIENTO

El desvanecimiento se debe normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas.

La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto.

En caso de transmisión sobre terreno accidentado, el desvanecimiento debido a propagación multitrayecto es relativamente independiente del citado margen sobre obstáculo y en casos extremos tiende a aproximarse a la distribución de Rayleigh.

3.5 ATENUACIÓN POR GASES ATMOSFÉRICOS Y LLUVIA

Es necesario analizar el comportamiento de la onda electromagnética que parte de una antena y se irradia en el espacio libre. Este fenómeno se refiere a la pérdida de la intensidad de la señal entre un transmisor y un receptor, en una región sin obstáculos y atmósfera normal. Puede presentarse en dos formas:

- Atenuación por dispersión.
- Atenuación por absorción.

La Atenuación por dispersión, se analiza a partir de la potencia de la señal emitida por una antena, ésta señal se distribuye sobre áreas cada vez más grandes; dando como resultado que la potencia de la señal que llega a la antena receptora, es una pequeña fracción de la potencia emitida.

La Atenuación por absorción, se presenta en frecuencias de 10 GHz en adelante y consiste en la pérdida de la intensidad de la energía electromagnética (nivel de potencia de la señal), debido a que la longitud de onda. Ésta es comparable a la separación entre moléculas en el espacio libre, las cuales entran en resonancia originando así la absorción de energía del frente de onda electromagnética.

Mediante estudios minuciosos se han logrado graficar las cantidades de absorción debido a variaciones atmosféricas como son lluvia, nieve, neblina, granizo, vapor de agua sin condensar, oxígeno molecular y electrones libres en la atmósfera, en estas gráficas, se observa al aumento de la frecuencia trae consigo grandes variaciones de absorción.

Este fenómeno debe tomarse en cuenta cuando la frecuencia de operación del sistema sea igual o mayor a 10 GHz.

3.5.1 ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA

Para frecuencias superiores a 10 GHz ($f > 10\text{GHz}$), de los gases que comprende la atmósfera, el vapor de agua y el oxígeno son los principales que absorben energía de la onda electromagnética, que se propaga a través de ellos. El primero debido a su momento de dipolo eléctrico y el segundo debido a su momento de dipolo magnético.

3.5.2 DISPERSIÓN ORIGINADA POR LLUVIA Y NEBLINA

A frecuencias mayores a 10 GHz ($f > 10\text{GHz}$), las gotas de agua dispersan parte de la energía electromagnética del haz de microondas, originando una atenuación a lo largo del trayecto.

En sistemas de radio con frecuencias superiores a 10 GHz, la atenuación de ondas radioeléctricas por lluvia, es tan grande que en condiciones severas puede ocurrir la interrupción de las comunicaciones, por lo cual se deberá tomar en consideración la interrupción.

La atenuación de la señal es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia, por lo que en lugares tropicales, afecta más la lluvia en una región al enlace, y es importante contar con estadísticas sobre la intensidad de las lluvias.

Sin embargo, es difícil encontrar la información adecuada, ya que por lo general, los centros nacional y regionales de meteorología proveen datos sobre la cantidad promedio diaria, mensual o anual de lluvia que cae en una determinada región.

Esta información no sirve ya que las lluvias más intensas se concentran en unos pocos minutos, y se necesitan estadísticas por minuto. Es decir, que lo que interesa son los "picos" de intensidad de lluvia y no el promedio.

Si no se puede contar con información precisa sobre la intensidad de lluvias en una determinada región, se puede obtener una estimación utilizando la información que aparece en la recomendación UIT-R P.837-1. (Ver recomendación, figura 3.10).

**CONTORNOS DE INTENSIDAD DE LLUVIA
mm/h) (EXCEDIDA 0.01% DEL TIEMPO EN UN AÑO
PROMEDIO)**

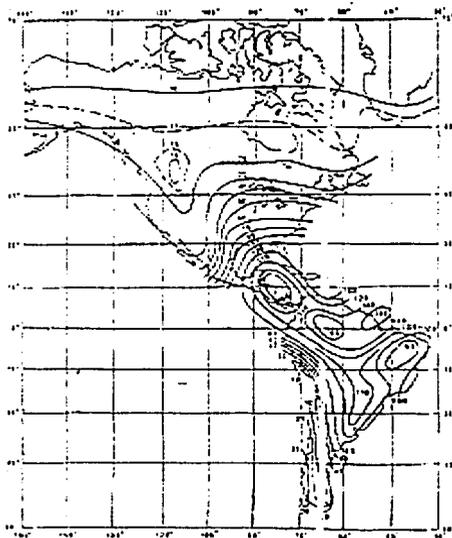


Fig. 3.10

PROBABILIDAD DE INTERRUPCIÓN POR LLUVIA

El método para estimar la probabilidad de interrupción por lluvia utilizando las estadísticas tomadas durante un largo periodo de tiempo que se presenta en la recomendación UIT-R P.837, consiste en los siguientes pasos:

- Obtener la intensidad de lluvia prevista para 0.01% del tiempo (con un tiempo de integración de 1 minuto)
- Obtener la atenuación específica, γ_R (dB/Km) para la frecuencia de polarización e intensidad de lluvia de interés usando la tabla presentada en la Rec. UIT-R P.838.

Ver tabla 3.3.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

COEFICIENTE DE ATENUACIÓN POR LLUVIA

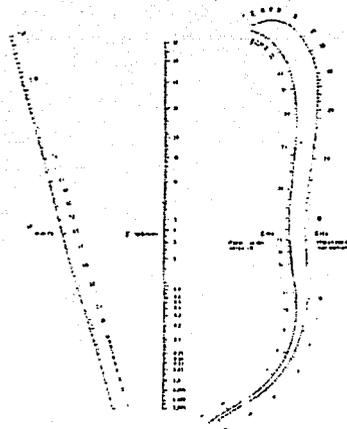


Tabla 3.3 Recomendación UIT-R P.838

El procedimiento es trazar una línea recta que una los datos de nuestro sistema acerca de la polarización, la intensidad de lluvia y la frecuencia.

Obtener la longitud efectiva del trayecto (L_e) del enlace multiplicando la longitud real del trayecto (L) por un factor de reducción (r). Este factor se puede estimar por:

$$r = \frac{1}{1 + 0.045L}$$

y si se toma en cuenta que la intensidad de lluvia rebasa el 0.01% del tiempo $R_{0.01}$, la ecuación queda así:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{L}{L_e}}$$

$$L_e = 35^{(-0.015 R_{0.01})}$$

$$\text{si } R_{0.01} \leq 100 \text{ mm/hr}$$

$$L_e = 35^{(-0.015 \times 100)}$$

$$\text{si } R_{0.01} > 100 \text{ mm/hr}$$

La razón de ser de este factor de reducción, es por que se ha observado que las zonas de mayor precipitación se concentran en celdas de unos cuantos kilómetros, por lo cual no siempre abarcan todo el trayecto de las microondas. Si no se tomara en cuenta el factor de reducción, sería como si la intensidad de la lluvia fuera constante en todo el trayecto, cuando por lo general se concentra más en una porción del trayecto. Es por ello que el factor de reducción es inversamente proporcional a la longitud del trayecto ya que en un trayecto mayor es menor la proporción del mismo que sufre de precipitaciones severas.

También es más exacta la ecuación anterior, ya que toma en cuenta la intensidad de la lluvia para calcular el factor de reducción. Esto se debe a que cuanto mayor sea la intensidad de la lluvia, generalmente el área que cubre es menor.

Para obtener la probabilidad de interrupción por lluvia de un sistema se recurre a las siguientes expresiones:

Para una estimulación de la atenuación del trayecto excedida durante el 0.01% del tiempo viene dada por la Rec. U'II-R P.530-7:

$$A_{0.01} = \gamma_R I_{ef} = \gamma_R Lr$$

Las atenuaciones excedidas para otros porcentajes de tiempo, p en el rango de 0.001 % al 1 % pueden deducirse de la siguiente expresión:

$$\frac{A_p}{A_{0.01}} = 0.12 p^{-0.516 \cdot 0.043 \log p}$$

Se elaboró esta fórmula para 0.12, 0.39, 1 y 2.14, para el 1 %, 0.1 %, 0.01 % y 0.001% respectivamente.

Despejando p:
 $p = 10^k$

$$k = \frac{-0.546 + \sqrt{0.546^2 - 4(0.043) \log \frac{A_p}{0.12 A_{0.01}}}}{2 \times 0.043}$$

Donde:

p es la probabilidad de interrupción por lluvia para un sistema.
 A_p es el margen de desvanecimiento plano.

El margen de desvanecimiento plano (FFM en sus siglas en inglés) representa que tanta atenuación puede soportar un sistema sin que presente errores, es decir, sin que se rebase un determinado umbral de BER (Bit Error Rate).

BER: es la proporción existente entre el número de bits errados y el número total de bits en una trama de datos.

Entonces se tiene finalmente que la probabilidad de interrupción por lluvia esta dada por la expresión resultante al despejar p:

$$p = 10^{-k}$$

$$k = \frac{-0.546 + \sqrt{0.298116 - 0.172 \log \frac{A_p}{0.12 A_{0.01}}}}{0.086}$$

3.6 DIVERSIDAD DE FRECUENCIA

En los sistemas de radiocomunicación por diversidad de frecuencia se necesitan por lo menos dos transmisores y dos receptores que envíen y reciban las mismas señales por dos frecuencias distintas. Normalmente sólo se necesita una antena de transmisión y otra de recepción.

Las salidas de los receptores se conectan en un combinador de diversidad que suma las potencias de las dos señales para formar una sola. En la mayoría de los casos la separación de las frecuencias se sostiene dentro de la banda asignada al servicio. En algunos sistemas de microondas se utilizan frecuencias de dos bandas, obteniéndose así una separación mucho mayor. Este método también se conoce como Diversidad de Bandas Cruzadas, que puede ser:

- Diversidad en espacio (una sola frecuencia).
- Diversidad en frecuencia (dos frecuencias).

La eficiencia de la diversidad de frecuencia depende de la diferencia de longitud de onda entre las frecuencias utilizadas.

El desvanecimiento se produce cuando en el receptor, las señales siguen un mismo trayecto pero tienen diferentes longitudes de onda, es imposible que se produzca un profundo desvanecimiento simultáneo.

Al analizar los trayectos que siguen las dos señales de un sistema de diversidad de frecuencia, es fácil ver por que no se produce interferencia simultánea entre ambas. Cada una puede seguir diversos trayectos pero ninguna toma un camino con exclusión de la otra.

Cuando la componente indirecta de una frecuencia llega a perturbar la componente indirecta de la otra frecuencia, en el mismo recorrido, no sufre suficiente retardo para causar el mismo grado de interferencia en la componente directa.

En la diversidad de frecuencia, dos ondas refractadas viajan por un mismo trayecto pero no ejerce el mismo grado de interferencia sobre la onda directa.

La diversidad de frecuencia constituye una solución fácil y práctica para contrarrestar el desvanecimiento de propagación por trayectos múltiples.

Las ventajas del método de diversidad de frecuencia son:

- Utilizar dos transmisores y dos receptores, suministra dos trayectos eléctricos para las señales y protege la continuidad del servicio en caso de averías. Si un equipo falla el otro continúa en funcionamiento.
- Las pruebas y regulaciones pueden efectuarse sin interrupción del servicio. En todos los sistemas de radio transmisión por diversidad, ya sea de espacio o frecuencia, debe emplearse un método de combinación para controlar las señales en los puntos de recepción.

A continuación se menciona tres formas de combinación de señales que se emplean en los puntos terminales de recepción de los sistemas de microondas en diversidad:

- a. Combinación de igual ganancia
- b. Combinación de ganancia variable
- c. Combinación de conmutación óptima

Combinación de Ganancia Variable

En este procedimiento, las señales captadas por dos receptores en diversidad se amplifican y unen, formando una sola señal de salida.

El grado de amplificación que debe recibir cada señal depende de su relación señal ruido.

Combinación de Igual Ganancia

La tensión de las dos señales recibidas y la potencia del ruido captado se suman en la misma forma, que en la combinación por ganancia variable. Por lo tanto, la señal que pasa al circuito de banda base es la suma de las señales de los receptores.

Combinación de Conmutación Óptima

En realidad, la combinación de conmutación óptima no constituye un método de combinación, aunque comúnmente se clasifica como tal. En este procedimiento se emplea un dispositivo de conmutación automática que vigila constantemente los pilotos de continuidad y los niveles de ruido, eligiendo la mayor señal de uno u otro receptor para el circuito de banda base.

El receptor que recibe la señal más débil se desconecta del circuito.

3.6.1 DIVERSIDAD DE ESPACIO

Por lo general en los sistemas por diversidad de espacio, se transmite una misma señal a dos antenas receptoras instaladas con cierta separación vertical. Las dos salidas de los receptores se combinan en la estación.

El sistema por diversidad de espacio funciona de acuerdo con el principio de que las dos componentes de una misma señal que corren dos caminos distintos no tendrán los mismos puntos de interferencia. Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia en dos puntos espaciados verticalmente, por que dicha onda llega a las antenas por dos caminos distintos.

En la diversidad de espacio, dos ondas refractadas de igual longitud se propagan por diferentes trayectos y no ejercen la misma interferencia sobre las ondas directas.

Cuando es difícil obtener suficientes asignaciones de frecuencia, la diversidad de espacio es la mejor protección contra el desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples.

Generalmente se elige la mayor separación posible entre las antenas, teniendo en cuenta la altura máxima de las torres y otros factores mecánicos o limitaciones de orden económico. Esta solución empírica se basa en la probabilidad de que el rendimiento del sistema aumentará en relación con la separación entre antenas.

En el otro método de cálculo se emplean separaciones directas destinadas a contrarrestar la simple interferencia de las componentes reflejadas de señales que recorren dos caminos diferentes. Para el cálculo se utiliza un diagrama conocido como separación vertical, que indica los puntos de anulación y de intensidad máxima de las señales. El análisis de dicho diagrama revela que la interferencia depende de la altura que existía entre la componente directa y las superficies reflectoras del trayecto. Esta relación teórico práctico de interferencia se conoce como *Zonas de Fresnel*.

Las zonas de fresnel forman una serie de círculos concéntricos imaginarios entre el transmisor y receptor. La posición de zonas depende de la longitud de onda. Cada zona contiene componentes que viajan por trayectos que no tienen más de media onda de diferencia entre sí, en toda la longitud.

Dos trayectos que pasen por puntos correspondientes en zonas vecinas tendrán una diferencia equivalente de onda. Todo trayecto de propagación está rodeado de un número ilimitado de zonas de Fresnel. Las zonas se enumeran desde el centro de trayecto hacia afuera. El trayecto que pasa por la primera zona de Fresnel varía hasta en media longitud de onda respecto al trayecto directo de la señal. La distancia del trayecto por la segunda zona varía entre media onda y una onda completa, y así sucesivamente. Cada número de zona corresponde a un aumento de media longitud de onda en la distancia total del trayecto.

En la figura 3.11 se muestra la relación entre componentes directa y reflejada de la onda de una señal.

Rayo de visión directa (propagación en espacio libre).
Rayo reflejado en la superficie terrestre.
Rayo difractado por las irregularidades de la superficie terrestre.

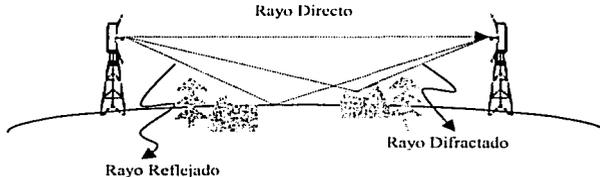


Fig.3.11

Este mecanismo de propagación es el utilizado a frecuencias por encima de VHF donde no existe propagación por onda de superficie ni propagación ionosférica.

La anulación de la componente directa se produce cuando el punto de reflexión queda ubicado dentro de una zona par. Por esta razón se procura evitar que los trayectos pasen por las zonas de Fresnel de número par.

Las zonas de Fresnel que rodean a dos ondas directas pueden llegar a coincidir. Si se produce una reflexión en las zonas 6 y 8 las ondas se anularán. Para evitar este fenómeno, el cambio de onda se obtiene variando la posición por lo menos de una de las antenas de transmisión o recepción.

Una onda reflejada puede causar interferencia en la onda directa, si en el punto de reflexión entre las dos ondas la distancia (h) es igual al radio de una zona de Fresnel de número impar, por lo tanto, se producirá un refuerzo de señales.

En cambio, si h es igual al radio de un zona de número par, las dos ondas se anularán, desvaneciéndose la señal.

Las antenas de recepción de un sistema se instalan con una separación que permita interceptar dos componentes directas de la señal de transmisión.

Si el cálculo se efectúa en base al valor K esperado, es posible determinar las componentes directas y la altura de las antenas que resultan mas adecuadas para aprovechar las zonas de Fresnel favorables.

Al modificar el factor K , se varia la altura de la onda directa, también cambia la posición de las zonas de Fresnel con respecto a la tierra. Una forma de calcular la separación entre antenas es ubicar una de modo que reciba la onda reflejada por una zona de Fresnel impar en condiciones atmosféricas normales.

La otra antena se ubica de modo que reciba la onda reflejada de una zona par, contigua a la impar.

3.6.2 DIVERSIDAD DE POLARIZACION

En este método dos señales procedentes del radiotransmisor se envían simultáneamente por dos antenas separadas, una con polarización vertical y la otra horizontal. La diversidad de polarización resulta útil para la transmisión por onda indirecta en la parte baja del espectro de frecuencias.

En cambio, este método no da resultados en la transmisión de microondas por onda espacial debido a que generalmente ambas señales polarizadas se desvanecen al mismo tiempo.

3.6.3 DESVANECIMIENTO TOTAL

Comparativamente el desvanecimiento total es raro, pero cuando se presenta, sus efectos suelen ser catastróficos, pues anulan por completo las señales. En este caso, los métodos tradicionales usados para mejorar la confiabilidad de los radioenlaces, tales como el aumento del margen contra el desvanecimiento o la aplicación de diversidad resultan prácticamente ineficaces.

Se considera como **desvanecimiento total** a cualquier atenuación excesivamente larga de las señales de microondas.

Para describir el desvanecimiento total se utilizan diversos términos, tales como:

- Formación de ductos.
- Atrapamiento del haz.
- Bloqueo o desaparición de las señales.
- Desacople de antena.

El desvanecimiento total se caracteriza por una aguda disminución de densidad atmosférica a medida que aumenta la altura, que es la causante del verdadero desvanecimiento.

Las interrupciones de señal calificadas como catastróficas se producen simultáneamente en ambas direcciones de transmisión y en los dos trayectos de diversidad. Salvo algunos casos aislados, la recepción en diversidad de espacio ha demostrado que este tipo de desvanecimiento tiene una alta selectividad.

El desvanecimiento total se confunde a menudo con el desvanecimiento por dirección u obstrucción del haz cuando se produce una curvatura inversa, pero las características de estos dos fenómenos son opuestas. El desvanecimiento total se produce por presencia de una atmósfera súper refractiva, que a veces es invisible salvo en zonas brumosas, sin embargo, en algunas ocasiones dicha atmósfera resulta visible en forma de niebla, de vapor de agua caliente o niebla que refracta el frente de la onda del haz abajo hasta una superficie acuática o terrena, antes de llegar a la antena receptora. En estos casos, generalmente ninguna parte de la señal llega a la antena receptora.

Cuando una masa de aire frío sobre zonas cálidas y húmedas o sobre regiones acuáticas templadas, la atmósfera circundante tiende a comportarse en forma superrefractiva. Como

consecuencia, los trayectos de microondas pocos despejados, ubicados en dichas zonas o regiones, se tornan susceptibles a sufrir un desvanecimiento total.

La masa de aire puede producirse:

- a. Con el paso de un frente frío sobre un terreno cálido y húmedo a cualquier hora del día o de la noche.
- b. Por decantación, que es el lento asentamiento de una masa de aire fresco en un sistema atmosférico de alta presión. La masa de aire se calienta por compresión adiabática (sin pérdida ni aumento de calor) y al asentarse va cubriendo y encerrando otra masa de aire más frío y húmedo sostenida por la superficie mojada.

Las masas o capas superrefractivas se producen con más frecuencias en las noches claras, serenas y frías, en las primeras horas de la mañana, pero raramente en las tardes. Su presencia va acompañada por:

- Calor.
- Baja humedad.
- Atmósfera heterogénea.
- Turbulencia del aire.

3.6.4 MODELO DE PROPAGACIÓN DENTRO DE UNA CAPA SUPERREFRACTIVA EN MICROONDAS

Para simplificar el análisis de la propagación de un frente de onda dentro de una capa super refractiva, se supone que existen las siguientes condiciones:

- a. El frente de onda esta representado por un solo haz.
- b. El trayecto de propagación es bilateral, es decir, que los haces de transmisión y recepción pasan recíprocamente por una misma ruta.
- c. El haz puede penetrar en la capa super refractiva antes de ser reflejado en la superficie límite.

Cuando la antena transmisora está ubicada sobre la capa se refracta, uno de los haces que pasa por encima del conductor, mientras que el otro haz se propaga dentro del conductor. El haz superior se desplaza normalmente cuando el factor K varía entre 1 y 3, según el gradiente de refracción existente sobre el conductor. Cuando la antena receptora intercepta este haz, puede recibir señales a un nivel normal o tal vez a un nivel correspondiente a una señal obstruida parcialmente.

3.6.5 DESVANECIMIENTO TOTAL POR DESACOPLE DE ANTENA

Aún cuando la antena receptora este dentro del horizonte radioeléctrico, la aparición de una capa superrefractiva hace que le haz propagado llegue a su destino con un ángulo de elevación mayor que el normal. Si en condiciones atmosféricas normales las antenas transmisoras y receptoras fueran orientadas para obtener la máxima respuesta con el mayor

nivel de señal, al variar las condiciones y formándose una capa superrefractiva, el ángulo de incidencia del haz se desplazará hacia arriba. Teniendo en cuenta que las antenas de grandes dimensiones o los reflectores pasivos tienen un lóbulo de irradiación estrecho y considerado también la longitud de los trayectos de microondas, un cambio de 0.5° o más en el ángulo de llegada del haz, puede desplazar el trayecto lejano del lóbulo principal de la antena. En este evento se producirá un desvanecimiento total.

El comportamiento característico del desvanecimiento total por desacople de antena es idéntico al que se produce cuando la antena receptora se encuentra más allá del horizonte radioeléctrico.

Cuando se anticipa o se experimenta un desacople, las antenas receptoras pueden inclinarse levemente hacia arriba, con lo cual también se introduce una pérdida de 1 o 2 dB durante la propagación normal.

En la instalación de antenas altas y bajas, la inferior puede reducirse de tamaño. Así mismo, la inclinación de las antenas trae la ventaja de aumentar la discriminación a las reflexiones superficiales durante los períodos de programación normales.

Si después de haber efectuado una instalación de microondas se descubre que el trayecto es susceptible a sufrir desvanecimiento total, se debe:

a. Estudiar la posibilidad de introducir desacople de antenas. Esta medida se toma especialmente cuando:

- Las parábolas o los reflectores son de grandes dimensiones.
- El trayecto es de gran longitud.
- Se utiliza la gama superior de 6 a 13 GHz.

Si inicialmente la posición de una o de ambas antenas transmisoras se desvía levemente hacia abajo con respecto al ángulo normal de incidencia del haz, la capa superrefractiva puede desplazar el haz en tal forma que no llegue el lóbulo principal a la antena receptora. En estas condiciones se producirá un desvanecimiento total, en este caso la mayor o la menor de las dos antenas puede reorientarse verticalmente hasta encontrar un trayecto adecuado. Sin embargo, en vez de reorientar las antenas grandes para evitar un posible desacople, conviene utilizar una pequeña antena receptora de prueba, de 60 cm a 1.20 m para efectuar el rastreo del trayecto. A veces suele colocarse una pequeña antena fija para evitar el efecto de desacople entre las antenas grandes.

b. Si la antena receptora queda más allá del horizonte visual, en vez de quedar solamente desorientada o desacoplada, se debe investigar si a lo largo del mástil o torre de soporte de la antena se encuentra presente alguna señal estable de nivel inferior al normal. El trayecto de la señal posiblemente queda a una altura de 3 a 9 m sobre el nivel del terreno o bien debajo de la línea normal de visión directa. Si se comprueba la existencia de este trayecto durante el desvanecimiento total, los receptores deben disponerse para funcionar en diversidad de espacio. Si ya se cuenta con este tipo de recepción debe utilizarse además diversidad de antenas sobre la torre.

Dado que el desvanecimiento total obstruye el trayecto simultáneamente en ambos sentidos, el sistema de transmisión debe estar provisto de equipo de reserva activo con conmutación automática o manual, o con combinadores de antena.

c. Aumentar la altura libre del trayecto a un mínimo de $K=1$, sobre una capa de 50 m de altura. Si se sospecha la existencia de una capa reactiva en la mitad del trayecto, a veces es inevitable la presencia de desvanecimiento total en algunas zonas geográficas durante ciertas épocas del año cuando existe una combinación desafortunada de factores determinantes, tales como la densidad atmosférica y la naturaleza del terreno.

3.7 CONFIABILIDAD DE SISTEMAS DE RADIOTRANSMISION POR MICROONDAS

Las normas de seguridad de funcionamiento de los sistemas de microondas han alcanzado gran rigidez. Por ejemplo, se utiliza un 99.98% de confiabilidad general en un sistema patrón de 6000 Km de longitud, lo que equivale a permitir solo un máximo de 25 segundos de interrupción del año por cada enlace.

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas. El enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas. De acuerdo con las recomendaciones del CCIR, los enlaces, deben tener una longitud media de 40 Km.

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.9999%, o sea un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de largo alcance.

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por *fallas de propagación*, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. Los resultados de dichos cálculos generalmente se dan como tiempo fuera de servicio (TFS) anual por enlace o porcentaje de confiabilidad por enlace.

La confiabilidad de los enlaces de microondas puede darse según *fallas de equipo*, aplicándose cálculos de probabilidad.

Los resultados de los cálculos de confiabilidad de los equipos de microondas se expresan como disponibilidad del equipo por enlace (D).

$$D = \frac{TES}{TTD}$$

Donde:

TES = es el tiempo en servicio dentro de un período determinado.

TTD = es el tiempo total disponible.

D = disponibilidad del equipo por enlace.

Una aplicación lógica de este método de cálculo es sumar las interrupciones por enlace durante el año, causadas por:

- averías del equipo
- malas condiciones de propagación

Con el resultado se obtiene el TFS total que se puede aplicar como cifra de mérito de confiabilidad del enlace.

Ninguno de los parámetros mencionados a continuación, proporcionan una dirección adecuada de la seguridad de funcionamiento del equipo, en el caso de sistemas super confiables:

- Tiempo fuera de servicio anualmente,
- Confiabilidad en porcentaje o
- Disponibilidad del equipo

Los cálculos de TES y de TFS de los equipos de microondas siempre descansan en dos factores básicos:

- El tiempo medio de funcionamiento entre falla (TMEF).
- El tiempo medio de interrupción hasta el servicio (TMHR).

El TMHR incluye las siguientes demoras:

- Notificación de falla.
- Viaje hasta el lugar de instalación del equipo averiado.
- Determinación del carácter de la falla y tiempo que realmente se ocupa para efectuar la reparación o el remplazo necesario.

Por lo tanto el TMHR, representa el promedio de tiempo real fuera de servicio debido a fallas.

La conexión entre el TMEF y el TMHR determina la relación de TFS de servicio debido a fallas.

La conexión entre el TMEF y el TMHR determina la relación de TFS (tiempo no disponible o ND).

$$TFS (ND) = \frac{TMHR}{TMEF}$$

$$TES (D) + 1 = ND$$

$$TFS \text{ anual} = 8760 * (ND) \text{ horas}$$

El concepto de confiabilidad esta dado por:

$$\text{confiabilidad} = TES * 100\%$$

En un sistema redundante:

$$ND = \frac{5}{5000} = 0.001 = 0.1\%$$

Para el TMHR se ha tomado como ejemplo un valor de 5 horas que incluye todo el tiempo que transcurre desde el instante en que se produce una avería hasta que el equipo ha sido reparado y puesto nuevamente en servicio. También se supone un TMEF de 5000 horas para cada juego de equipo. Comprende aproximadamente a un procedimiento de dos fallas por año, fallas reales por que no hay duplicación de equipo.

$$D = 1 - 0.001 = 0.999 = 99.9\%$$

$$\text{TFS anual} = 0.001 * 8760 = 8.76 \text{ horas}$$

En un sistema redundante, se supone que se utilizan dos juegos de equipos, interconectados por conmutadores y detectores automáticos para la conmutación instantánea del equipo en servicio, al de reserva en caso de avería.

3.8 FALLAS DE PROPAGACIÓN

El número de fallas de propagación y el tiempo fuera de servicio del sistema de transmisión se basan en las siguientes características:

- Protección del sistema de transmisión mediante diversidad de espacio o frecuencia.
- Margen de 40 dB para contrarrestar el desvanecimiento, presencia de desvanecimiento de Rayleigh en ambas ramas del sistema de diversidad.
- Introducción de un factor de 100 a 1 por mejora de diversidad

La tabla 3.4 se indica el número de fallas de propagación y el tiempo fuera de servicio que se basan en la suposición de que el sistema de transmisión tiene las características anteriores.

	FALLAS DE PROPAGACION	FALLAS DE EQUIPO
Número de fallas en una rama por año	1000	21/570
Número de interrupciones por año	20	180000 seg.
Duración media de cada interrupción	1.5 seg.	-30 seg.
Total de FTS anual	30 seg.	99.9999 %
Porcentaje de confiabilidad	99.99999 %	

Tabla 3.4 Fallas de propagación y fallas de equipo de sistemas de microondas.

Para el cálculo de confiabilidad ultra elevada de sistemas de microondas, el análisis y la descripción de la confiabilidad de propagación debe ser independiente de la confiabilidad del equipo.

Los valores de confiabilidad ultra elevada significan que existe un alto porcentaje de probabilidad de que el número de interrupciones por fallas del equipo, dentro de cualquier año, será cero.

Si llega a ocurrir una avería, ésta será de larga duración (comparativamente) y es probable que absorba el TFS anual calculado para cientos de años.

El pronóstico mencionado de ultra confiabilidad del equipo, basado en un promedio de interrupciones de varios segundos o pocos minutos por año por cada enlace de un sistema, presenta un serio problema si se aplica en la práctica.

Si dicho pronóstico se usara en las especificaciones del sistema de comunicaciones (en lugar de emplear sólo cálculos de valores estimados), para que los fabricantes o proveedores de equipos pudieran satisfacer tal requisito no tendrían que producir ninguna falla por el período especificado o durante la vida útil del equipo, lo que desde luego es imposible anticipar.

Otro problema es que no existe una forma de evaluar realmente el mérito relativo de invertir los valores de probabilidad de que ocurra o no interrupciones de funcionamiento en un período determinado.

La limitación descrita es de carácter clásico y no depende de la validez de los cálculos, es por el resultado de tres factores:

- La distribución de los sistemas de microondas dentro de una amplia zona geográfica.
- El número de estaciones retransmisoras (y a menudo también las estaciones terminales) que funcionan inatendidas.
- Las interrupciones de servicio debido a fallas del equipo que, a diferencia de las fallas de propagación, necesitan la intervención de personal para efectuar la reparación.

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta en las especificaciones de confiabilidad de sistemas de microondas es el hecho de que en los cálculos de TMEF sólo se consideran aquellas interrupciones o averías que ocurren por circunstancias imprevistas y fallas de los componentes por causas imposibles de predecir. Por lo tanto se excluye la mayoría de las averías que ocurren en la práctica, tal como:

- Averías ó errores humanos en el proyecto.
- Planeación.
- Instalación.
- Manejo o mantenimiento de los equipos.
- Fallas prematuras o por desgaste.
- Fenómenos raros de propagación de señales que afectan ambas ramas de los sistemas redundantes.

De todas las razones expuestas se desprende que es necesario tratar con suma precaución los cálculos a priori para determinar la confiabilidad de los equipos de los sistemas de radio transmisión por microondas.

3.9 UMBRAL DE RECEPCIÓN Y MARGEN DE DESVANECIMIENTO

En el diseño del enlace se debe especificar la confiabilidad y el margen de desvanecimiento. Si el umbral de recepción es U (dB) y el margen de desvanecimiento es M (dB), cada vez que haya un desvanecimiento que exceda M (dB) se perderá la señal y se registrará una interrupción del circuito. Si la probabilidad de este hecho es P , el circuito estará cortado durante un 100% del tiempo por término medio y su confiabilidad será de $100(1-P)\%$.

Fijada una cierta confiabilidad, se determina M para un vano dado y conocido U , que depende del equipo, se determina la potencia de transmisión necesaria. La relación entre la profundidad de desvanecimiento y probabilidad de rebasarlo, se da en curvas, empleándose como parámetro la longitud del vano.

Existen juegos de curvas para diferentes valores de la frecuencia y rugosidad del terreno.

La tabla 3.5 contiene valores de porcentaje de tiempo en que se excede un desvanecimiento de 40 dB, confiabilidad del circuito y tiempo medio de interrupción por día si $M = 40$ dB para $f = 6$ a 7 GHz y un vano de 40 Km, en función de la rugosidad. Se observa que a medida que el terreno es más liso, el efecto del desvanecimiento resulta más perjudicial..

RUGOSIDAD (M)	PORCENTAJE DE TIEMPO %	CONFIABILIDAD %	TIEMPO DE INTERRUPCIÓN %
100	0.00036	99.99964	0.31
50	0.00085	99.99915	0.73
15	0.006	99.994	5.2

Tabla 3.5

3.10 RUIDO EN SISTEMAS DE MICROONDAS

Un problema importante para los sistemas en comunicaciones, es la interferencia constante del ruido que siempre será inevitable. En un sistema de microondas se trata de disminuir el ruido en:

- El diseño del equipo.
- En los niveles de operación.
- En la localización de los puntos de repetición.

El nivel de ruido permitido en un circuito telefónico, de un circuito de un sistema de microondas de cierta capacidad, determina el nivel de salida de los transmisores, el factor de ruido de los receptores, el tamaño y ganancia de las antenas y la máxima separación entre estaciones repetidoras.

Estos factores son determinantes en el costo total del sistema.

3.10.1 RUIDO

Ya existen recomendaciones internacionales, las cuales determinan los requisitos de calidad de transmisión que debe satisfacer un sistema de microondas; con el fin de obtener circuitos con un nivel de ruido mínimo.

Al transmitirse una señal empieza inmediatamente a perder potencia y claridad, estando constantemente bajo la influencia del ruido. Esta señal se atenúa constantemente mientras el ruido se genera a su máximo nivel en los diferentes pasos de la transmisión.

El ruido total en un sistema de microondas, se puede dividir en dos partes:

- a) Ruido Básico, que constantemente se genera en el equipo, independientemente de la modulación.
- b) Ruido de intermodulación, que aparece cuando el sistema transmite señales de información.

Para aclarar mejor las diferentes fuentes de ruido, se pueden dividir los dos grupos mencionados como sigue:

Ruido Básico en :

- a) Ruido de propagación.
- b) Ruido térmico.

Ruido de intermodulación en:

- a) Ruido del MODEM.
- b) Ruido de la frecuencia intermedia.
- c) Ruido de las líneas de transmisión.

Además, se tiene otra fuente adicional de ruido producida por trayectorias múltiples de la señal.

El ruido de propagación, se genera por fuentes ajenas al sistema, como ruido cósmico, ruido por variaciones atmosféricas o por interferencias de otros sistemas de microondas o transmisores.

El Ruido Térmico, se genera principalmente en la entrada del receptor y depende del ancho de banda, la temperatura y el factor de ruido del receptor. Para compensar los posibles desvanecimientos de la señal, se dispone siempre en el receptor de un circuito de control automático de ganancia (ACG) el cual mantendrá a un nivel constante dentro de cierto rango, la señal de salida.

El ruido térmico tiene una distribución uniforme sobre el espectro de frecuencias y se denomina "ruido blanco" comparándose con la luz blanca que incluye todas las frecuencias del espectro visible.

El ruido del MODEM, se genera por las distorsiones de la señal debido a no linealidades en los circuitos.

El ruido de la frecuencia intermedia (F.I.), se debe a retardos de fase en el amplificador y circuitos de F.I.

El ruido de las líneas de transmisión, es producido por reflexiones y distorsiones de la señal de alta frecuencia en las guías de onda y en los radiadores de las antenas.

3.11 CÁLCULO DE NIVELES

Los elementos que contribuyen a la ganancia en un sistema de comunicaciones son, la potencia del transmisor y la ganancia de las antenas receptoras y transmisoras.

Los elementos que constituyen las pérdidas son, la atenuación en las líneas y la atenuación en el espacio libre.

Los diversos factores que intervienen en el sistema son presentados en la figura 3.12.

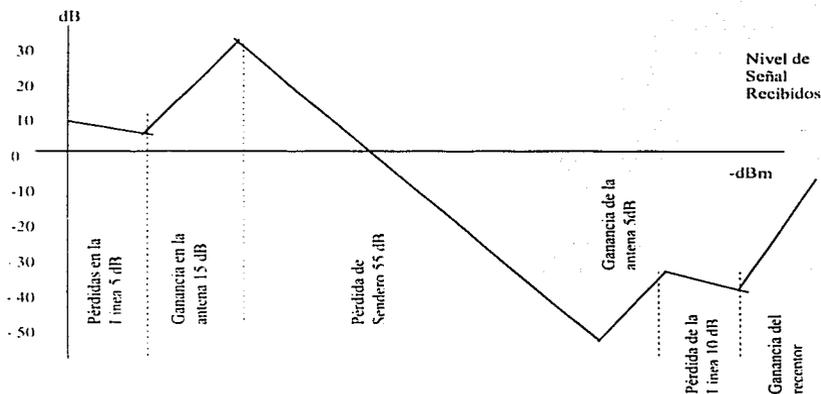


Fig. 3.12

Los niveles de señal empieza con la potencia del transmisor, sigue la atenuación de la línea, ganancia de la antena, atenuación de la trayectoria, ganancia de la antena receptora, pérdida en la línea y ganancia del receptor. Ésta ultima señal deberá estar sobre el nivel de ruido.

$$P_{R\lambda} = RSL = P_{TX} + GANT_{TX} - P_{TL} + GANT_{RX}$$

Donde:

- P_{RX} = Potencia de recepción
- RSL = Nivel de señal recibido
- P_{TX} = Potencia de transmisión
- $GANT_{TX}$ = Ganancia de la antena de Tx
- PEL = Pérdidas en el espacio libre
- $GANT_{RX}$ = Ganancia de la antena de Rx

Consideraciones:

- a) La potencia del transmisor se da en Watts y se convierte a dB con referencia a un miliwatt.
- b) La pérdida en la línea se da en dB y depende del tipo de línea usado.
- c) En los sistemas de comunicación de punto a punto la energía radiada por la antena se pierde si no está dirigida hacia la antena receptora. Para obtener gran ganancia se usan antenas direccionales que incrementan el nivel varios dB.
- d) La atenuación del sendero se debe a que la energía se propaga en forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Para determinar el margen de desvanecimiento posible, el nivel de entrada del receptor tiene que ser comparado con el ruido que este presente en la entrada.

3.12 CALCULO DE ENLACE

Hasta este momento se a explicado los parámetros que intervienen en un cálculo de enlace.

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (FSL)

Para calcular las pérdidas en espacio libre utilizaremos la siguiente ecuación;

$$FSL(dB) = 32.4 + 20 \log D \text{ (km)} + 20 \log F \text{ (Mhz)}$$

Donde :

- D es la distancia entre puntos dada en Km
- F la frecuencia a la que operara el enlace en MHz.

Cabe mencionar que los parámetros para un cálculo de enlace como son FSL, presión (P), temperatura (T), y humedad (H) se consideran para enlaces con una frecuencia inferior a 10 GHz para frecuencias mayores se consideran parámetros como el de pérdidas por lluvia.

FACTOR K

Nos permite determinar el comportamiento de la señal de radio y microondas asociado con la curvatura de la Tierra y nuestro enlace.

$$K = r/r_0$$

Donde:

- r = radio efectivo de la Tierra
- r_0 = radio de la Tierra 6,370 km

LA REFRACTIVIDAD R

Para el caso de línea de vista óptica y línea de vista eléctrica, necesitamos el cálculo de este parámetro el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{77.6}{T(P + \frac{4810 \text{ es}}{T(RH)})}$$

Donde:

- T = Temperatura °k
- es = Presión de vapor de agua en saturación en milibars
- RH = humedad relativa
- P = Presión en mbars (presión atmosférica)

Manejaremos dos parámetros de refractividad

Ns: en Superficie

No: a nivel del mar

$$Ns = No \exp(-0.1057 \text{ hs})$$

Donde:

- hs = altura sobre el nivel del mar (Km)
- r = $r_0 (1 - 0.04665 \exp(0.005577) Ns) - 1$

ATENUACIÓN POR LLUVIA

Se calcula para frecuencias mayores a 10 Ghz

$$L \text{ (dB)} = 32.4 + 20 \log D(\text{km}) + 20 \log F(\text{Mhz})$$

$$L \text{ (dB)} = 92.45 + 20 \log D(\text{km}) + 20 \log F(\text{Mhz}) + a + b + c + d + e$$

Donde:

- a: Atenuación por vapor de agua.
- b: Atenuación por niebla.
- c: Atenuación por oxígeno.
- d: suma de pérdida por gases.
- e: suma de pérdida por lluvia.

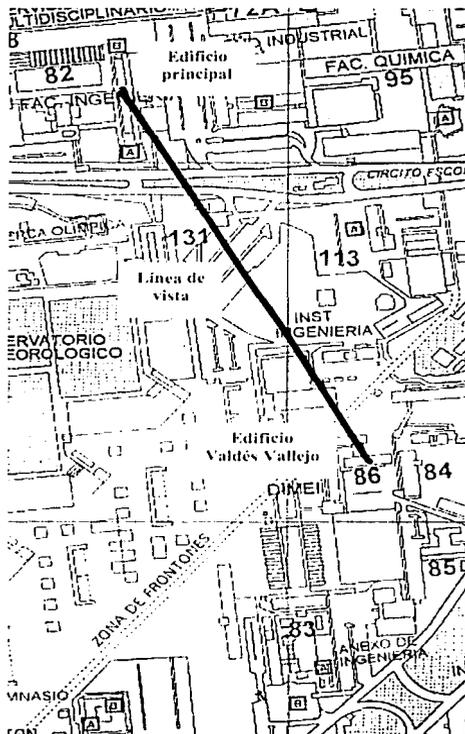
Los factores b y d pueden ser considerados nulos, los factores a y c los agruparemos en atenuación atmosférica, el factor e lo vamos a calcular para $f > 22$ Ghz.

3.13 CÁLCULO DE ENLACE ENTRE LOS EDIFICIOS VALDÉS VALLEJO Y EL EDIFICIO PRINCIPAL FACULTAD DE INGENIERIA

Una vez mencionado los parámetros que intervienen en un cálculo de enlace de microondas, se muestra en la siguiente figura los puntos a enlazar; para esto se mencionan

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

los datos técnicos del equipo de microondas, la frecuencia de operación, así como la distancia existente entre dichos puntos.



DATOS NECESARIOS PARA EL CALCULO DE ENLACE

Antena:
Diámetro 0.6 mts
Ganancia 39 dBi

Frecuencia de operación del enlace:
F = 23 GHz

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Distancia entre los puntos a enlazar:
 $D = 0.450\text{km}$

Configuración del enlace 1 + 0.

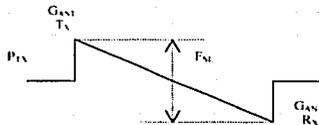
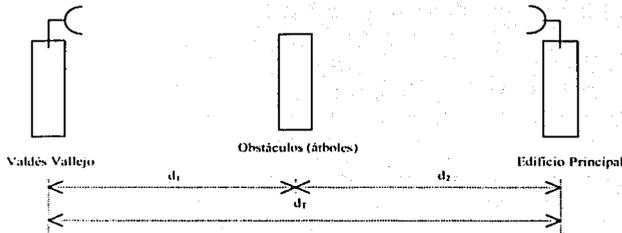
CÁLCULO DEL ENLACE ENTRE LOS DOS EDIFICIOS

Frecuencia de operación 23.575 Ghz

Potencia de salida $P_{Tx} = 18\text{ dBm}$

$G_{ANT} = 39\text{ dBi}$

$\phi = 0.6\text{ m} = 2\text{ ft}$



$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{ANT} - F_{SL} + G_{ANT}$$

Nivel de señal recibida (-dBm)

Margen de desvanecimiento

$$\begin{aligned} P_{EL} = F_{SL} &= 32.4 + 20 \log D (\text{km}) + 20 \log F (\text{Mhz}) \\ &= 32.4 + 20 \log (0.450) + 20 \log (23575) \\ &= 32.4 (-6.936) + 87.45 \\ F_{SL} &= -112.914 \text{ dB} \end{aligned}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$P_{RX} = 18 \text{ dBm} + 39 \text{ dBi} - 112.914 \text{ dB} + 39 \text{ dBi}$$

$$P_{RX} = -16.914 \text{ dBm}$$

Como se observa en el mapa tenemos un obstáculo entre los dos puntos a enlazar (línea de vista), tenemos una zona de árboles, por tal motivo es necesario calcular en la 1ª zona de Fresnel, para obtener el margen de libramiento, por lo tanto:

$$d_1 = 0.350 \text{ km}$$

$$d_2 = 0.100 \text{ km}$$

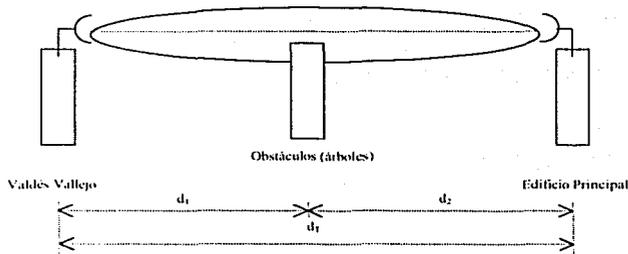
$$d_T = 0.450 \text{ km}$$

sustituyendo en:

$$R = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{F(\text{GHz})(d_T)}}$$

$$R = 17.3 \sqrt{\frac{(0.350)(0.100)}{(23.575)(0.450)}} = \frac{0.035}{10.60875} = 17.3 \sqrt{0.0033}$$

$$R = 17.3 \sqrt{0.0033} = 0.9938088 \text{ m.}$$



Para obtener el margen de libramiento se tiene que:

El 60 % de $R = 0.5962 \text{ m.}$

Para obtener la Potencia Isotrópica Efectiva Radiada (PIRE).

$$PIRE = P_{OTX} + L_{TX} + G_{TX}$$

Datos:

$$P_{OTX} = 18 \text{ dBm}$$

$$G_{TX} = 39 \text{ dBi}$$

$$L_{TX} = 0$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Sustituyendo:

$$\text{PIRE} = 18 \text{ dBm} + (-0) + 39 \text{ dB}$$

$$\text{PIRE} = 57 \text{ dBm}$$

Para calcular el Nivel Isotrópico de Radiación (IRL).

$$\text{IRL} = \text{PIRE} + L_{\text{Trayectoria}}$$

Datos:

$$\text{PIRE} = 57 \text{ dBm}$$

$$L_{\text{Trayectoria}} = \text{FSL} = -112.914 \text{ dB}$$

Sustituyendo:

$$\text{IRL} = 57 \text{ dBm} + (-112.914) \text{ dB}$$

$$\text{IRL} = -55.914 \text{ dBm}$$

Para obtener el Nivel de Recepción (RSL):

$$\text{RSL} = \text{IRL} + G_{\text{RX}} + L_{\text{RX}}$$

$$\text{RSL} = -55.914 + 39$$

$$\text{RSL} = -16.914 \text{ dBm}$$

Para calcular la atenuación por lluvia (A) para $f > 10 \text{ Ghz}$.

Pérdidas por lluvia.

Recomendación UIT-P 838.

Para una disponibilidad del 99.999 %

Donde:

R = tasa de lluvia [mm/hr]

Para la ciudad de México $R_M = 80$

Según Rec. UIT-R. P. 838

Se muestra en tabla 3.3 que en la ciudad de México el coeficiente de atenuación por lluvia es 80 mm/hr, es decir que $R = 80 \text{ mm/hr}$

De ahí que en la gráfica con una polarización vertical a una frecuencia de 23 GHz se obtiene:

$$\gamma = \Lambda_{0.01} = 92 \text{ dB/km}$$

$$r = \frac{1}{1 + 0.045 L}$$

Distancia 0.450 m.

Sustituyendo:

$$r = \frac{1}{1 + 0.045 (0.450)}$$
$$r = 0.98$$

Entonces una estimación de la atenuación del trayecto excedido durante el 0.01 % del tiempo viene dada por la Rec. UIT P.530-7

$$\Lambda_{0.01} = \gamma \times r \times L$$

$$\Lambda_{0.01} = 44.1 \text{ dB}$$

Pérdidas totales en la trayectoria:

$$L_{\text{Total}} = \text{FSL} + \Lambda_{0.01}$$

$$L_{\text{Total}} = 112.14 + 44.1$$

$$L_{\text{Total}} = 156.24 \text{ dB}$$

Para el Nivel Isotrópico de Radiación

$$\text{IRI} = \text{PIRE} + L_{\text{Trayectoria}} + \Lambda_{\text{lluvia}}$$

$$\Lambda_{\text{lluvia}} = \Lambda_{0.01}$$

Datos:

$$\text{PIRE} = 57 \text{ dBm}$$

$$\Lambda_{0.01} = 44.1 \text{ dB}$$

$$L_{\text{Trayectoria}} = 112.914 \text{ dB}$$

Sustituyendo:

$$\text{IRI} = 57 \text{ dBm} - (112.914 + 44.1) \text{ dB}$$

$$\text{IRI} = -100.014 \text{ dBm}$$

Finalmente el nivel de recepción considerando pérdidas por lluvia con f de 23 GHz:

$$\text{RSL} = \text{IRI} + G_{\text{RX}} + L_{\text{RX}}$$

$$\text{RSL} = -100.014 + 39 \text{ dB}$$

$$\text{RSL} = -61.014 \text{ dBm}$$

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO IV

4.1 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL ENLACE

4.1.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

El medio de transmisión es la trayectoria física entre transmisor y receptor, usada para interconectar dos entidades, para crear una red que transporte mensajes entre las mismas.

Las líneas de transmisión son esenciales, por ellas se transmite la información entre los distintos nodos. Para efectuar la transmisión de la información se utilizan varias técnicas, pero las más comunes son:

- La banda base (base band).
- La banda ancha (broad band).

Para el diseño de redes locales se adopta la técnica de transmisión de banda base, ya que no es necesario el uso de módems y porque la señal se puede transmitir a alta velocidad.

Banda base significa que la señal no esta modulada, por lo que esta técnica no es muy adecuada para transmisiones a larga distancia ni para instalaciones sometidas a un alto nivel de ruido e interferencias.

La técnica de banda ancha consiste en modular la información sobre ondas portadoras analógicas.

Varias portadoras pueden compartir la capacidad del medio de transmisión, mediante técnicas de multiplexion por división de frecuencias, es decir, que aunque varios usuarios utilicen la misma línea, es como si estuviesen utilizando varias diferentes.

Los medios de transmisión de banda base son el cable de pares trenzados (twisted pair cable) y el cable coaxial de banda base (base band coaxial cable), así como la fibra óptica.

Los medios de transmisión de banda ancha son el cable coaxial de banda ancha (broad band coaxial cable), el cable de fibra óptica (fiber optic cable), satélite, microondas.

Los cables conducen una señal eléctrica a lo largo de un hilo de metal (alambre), que normalmente es de cobre. La fibra óptica lleva un haz luminoso a través de un hilo de cristal o de un plástico especial.

El canal de comunicación determina la velocidad máxima de transferencia de información.

La elección del medio apropiado, se determina bajo los siguientes parámetros de diseño:

- Cubrir el ancho de banda necesario.
- Cubrir la velocidad necesaria.
- Cubrir las distancias requeridas.
- Cubrir la eficiencia mínima necesaria (fallas mínimas).
- Cubrir instalación y mantenimiento con menores costos posibles.
- Proveer futuras expansiones de conexión (capacidad de crecimiento).
- Soportar servicios actuales y futuros, con infraestructura económicamente óptima.
- Adecuación al medio físico geográfico.

4.2 CARACTERISTICAS BASICAS DE UN MEDIO DE TRANSMISION

4.2.1 RESISTENCIA

Todo conductor, aislante o material opone una cierta resistencia al flujo de la corriente eléctrica.

Un determinado voltaje es necesario para vencer la resistencia y forzar el flujo de corriente. Cuando esto ocurre, el flujo de corriente a través del medio produce calor. La cantidad de calor generado se llama potencia y se mide en watts, y esta energía se pierde.

La resistencia de los alambres depende de varios factores:

- Material o metal que se usa en su construcción (ver tabla 4.1).

Conductor	Resistencia Relativa a un Conductor de Cobre (Valor 1)
PLATA	0.92
ORO	1.32
ALUMINIO	1.59
ACERO	8.62

Tabla 4.1

- Los alambres de acero, que podrían ser necesarios debido a las altas fuerzas de tensión, pierden mucha más potencia que los conductores de cobre en las mismas dimensiones.
- El diámetro y el largo del material también afectan la pérdida de potencia.
 - a mayor diámetro, menor resistividad (largo constante).
 - a mayor largo, mayor resistividad (diámetro constante).
- A medida que aumenta la frecuencia de la señal aplicada a un alambre, la corriente tiende a fluir más cerca de la superficie, alejándose del centro del conductor.
- La resistividad usualmente se mide en *ohms* (Ω) por unidad de longitud.

4.2.2 REACTANCIA

Es una medida de la oposición al flujo de corriente alterna. Se simboliza como X , y la cantidad de reactancia se expresa en ohms (Ω).

Los tipos de reactancia son:

- Reactancia inductiva X_L , causada por inductores.
- Reactancia capacitiva X_C , causada por capacitores.

Todos los alambres, independientemente de su largo, tienen cierta impedancia. La línea de transmisión puede ser dividida en segmentos o secciones, cada uno compuesto de una cantidad fija de inductancia.

La inductancia esta en serie con el circuito.

La fórmula de la reactancia inductiva es:

$$X_L = 2 \pi f L$$

Donde:

- f = frecuencia
- L = inductancia

La inductancia es aquella propiedad de los conductores que tienen a oponerse a cualquier cambio en el campo magnético existente alrededor del alambre y que depende de variables tales como:

- tamaño del alambre
- forma
- valor del flujo instantáneo de corriente
- proximidad a otros conductores.

Un capacitor se define como dos conductores separados por un material dieléctrico. Las líneas de transmisión son dos conductores separados por un material dieléctrico.

La capacitancia depende del:

- tamaño absoluto de los conductores
- tamaño relativo respecto al otro
- espacio entre los conductores
- tipo de material dieléctrico que los separa.

4.2.3 IMPEDANCIA

Es una combinación de los factores de reactancia y resistencia que son parte de cualquier línea de transmisión. Se simboliza por la letra Z y se expresa en ohms (Ω).

La fórmula de la impedancia es:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_s - X_r)^2} \quad (\Omega)$$

Donde:

R = es la resistencia

X = reactancia

Si $X_s = X_r$, entonces $Z = R$, por tanto, la impedancia de la línea es igual a la resistencia de la misma, es decir, la impedancia mínima de cualquier sección de una línea de transmisión debe ser igual a la resistencia de esa sección.

Cualquier diferencia entre X_s y X_r , aumentará el valor de Z, por encima de R.

4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

La calidad de la transmisión de datos depende del medio de transmisión empleado.

La selección del medio físico a utilizar depende de:

- tipo de ambiente donde se va a instalar
- tipo de equipo a usar
- tipo de aplicación y requerimientos
- capacidad económica (relación costo / beneficio esperada)
- oferta

Los medios físicos se dividen en:

- terrestres (guiados)
- aéreos (no guiados)

Medios terrestres { Cable de par trenzado
Cable coaxial
Fibras ópticas

Medios aéreos { Microondas
Rayos Infrarrojos
Rayo Láser
Satelital

4.3.1 CABLE DE PAR TRENZADO

Es el medio más común, usado también en PBx (Private Branch Exchange), centrales de conmutación de voz digital y datos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura 4.1 se muestra un corte transversal y la recomendación de instalación:

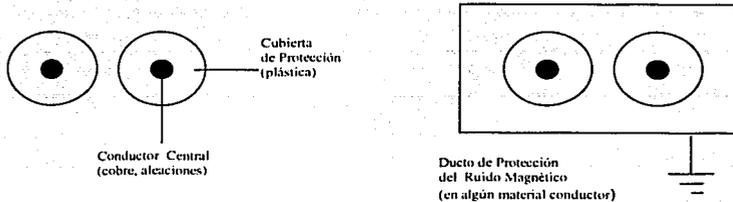


Fig. 4.1 Corte transversal de un par trenzado.

Sus características son:

- Un par puede transportar de 12 a 24 canales de grado de voz.
- Son validos en cualquier topología: anillo, estrella, bus, árbol.
- Pueden transportar tanto señales digitales como analógicas.
- Una red típica puede tener conectados con este medio hasta 1000 dispositivos del usuario.
- Tiene alcance hasta de 100 m. (por norma) para datos y 3 km para voz.
- Permite trabajar en HDX o FDX.
- Ancho de banda hasta 1 Mbps (se considera bastante limitado).
- Bajo costo.
- Alta tasa de error a grandes velocidades.
- Baja inmunidad al ruido, interferencia.
- Requiere protección especial como blindaje, ductos, etc.

4.3.2 CABLE COAXIAL

El cable coaxial se ha estado usando durante muchos años en la red telefónica (conmutador), en aplicaciones que requieren prestaciones muy similares a las de una red local. También se usa en sistemas de antenas colectivas de televisión.

Hay dos tipos de cables coaxiales:

- Cable coaxial de banda angosta (Base Band).
- Cable coaxial de banda ancha.

Aunque ambos están constituidos en forma muy similar, su instalación y aplicación son diferentes.

Estos cables pueden ser de varios tipos y anchos, su principal característica, es que pueden transportar una señal a mayor distancia entre más grueso sea el conductor. El cable grueso es más caro y menos flexible lo cual limita su instalación de acuerdo al lugar donde se implante la red.

Comúnmente el cable coaxial tiene un grosor de entre 0.2 in. para cable delgado y de 0.4 in. para cable grueso.

Por lo tanto, la aplicación que le corresponde a cada uno de ellos es la siguiente:

- Para el cable coaxial de banda base es común utilizarlo en redes con topología en bus.
- Para el cable coaxial de banda ancha tiene su aplicación en redes con topología en estrella.

En la figura 4.2 se muestra las partes básicas de un cable coaxial.

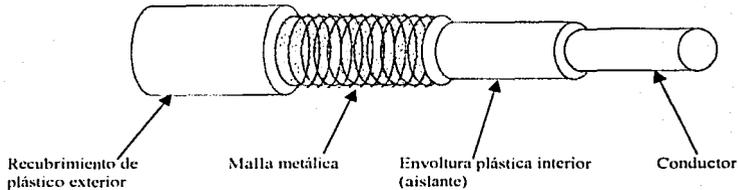


Fig. 4.2 Cable coaxial

4.3.3 CABLE COAXIAL DE BANDA BASE (BASE BAND)

En la figura 4.3 se muestra las partes que integran un cable coaxial de banda base:

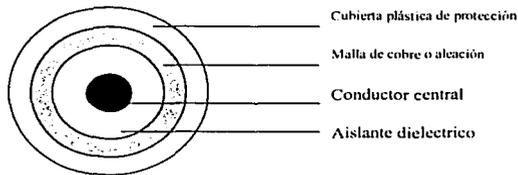


Fig. 4.3 Corte de un cable coaxial de banda angosta (Base Band).

Este cable es de 50 Ω , conocido como base band (Banda Base) que es un medio rápido pero de un solo canal. Éste es exclusivo de la transmisión digital, la codificación Manchester es la que se usa comúnmente y su rango de datos es superior a 10 Mbps.

En transmisiones de alta velocidad se puede llegar a 50 Mbps.

Características:

- Existen 150 variedades de cables
- Transmiten una señal digital simple en HDX.
- No hay modulación de frecuencia.
- Diseñados para comunicaciones de datos y transmite la voz en forma digital.
- Es un medio pasivo donde la energía es provista por las estaciones del usuario.
- Uso de enchufes especiales para conexión física.
- Se conectan al transmisor-receptor: tranceptor (transeiver).
- Se usa una unidad de interconexión a la red (NIU: Network Interface Unit) independiente o integrada, para conectar la estación del usuario a la red.
- Con el uso de repetidores, se alargan distancias (Regeneradores de la señal).
- Generalmente usado con topología de canal (bus) , árbol y anillo.
- Una red típica contiene 200-1000 dispositivos.
- Alcance de hasta 10 Km.
- Alcance sin necesidad de repetidores o amplificadores:
 - Para el cable de 0.2 in. (delgado) 300 mts.
 - Para el cable de 0.4 in. (grueso) 500 mts
- Ancho de banda, 10 Mbps.
- Bajo costo, fácil de instalar y bifurcar.
- Poca inmunidad a los ruidos. Se puede mejorar con filtros.
- El ancho de banda puede transportar solamente un 40 % de su carga para permanecer estable.
- Se requieren conductos en ambientes hostiles, para aislamiento.
- Confiabilidad limitada.

4.3.4 CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA

En la figura 4.4 se muestra las partes que integran un cable coaxial de banda ancha:

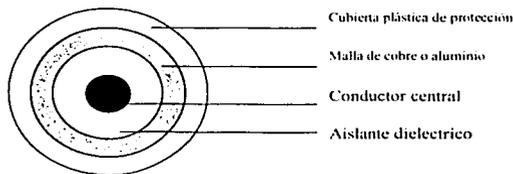


Fig. 4.4 Corte de un cable coaxial de banda ancha.

Características de transmisión:

- Es el mismo que se usa en redes de televisión por cable.
- Se usa FDM (Frecuencia Modulada - Multiplexion por división de frecuencia).
- Se combina voz, datos y video simultáneamente.
- Se permite voz y video en tiempo real.

- La señal en el cable es en modo analógico de radio frecuencia (RF) y por lo tanto los datos deben ser modulados antes de la transmisión, usando un MODEM RF.
- Todas las señales son HDX, pero usando 2 canales se obtiene FDX.
- El cable coaxial de banda ancha se considera un medio activo ya que la energía se obtiene de los componentes de soporte de la red y no de las estaciones del usuario conectadas.
- Instalación más difícil que la de banda base (Base Band).
- Se usan amplificadores y no repetidores (regeneradores).
- Debido a las ampliificaciones y al alto número de canales, se pueden conectar hasta 25000 - dispositivos con un alcance de 5 Km.
- Alcance sin necesidad de repetidores a 600 mts.
- Puede transportar entre 50 y 100 canales de televisión, o miles de canales de voz y de datos a baja velocidad, a velocidades comprendidas entre 9.2 y 50 kbps (Kbits por segundo).
- Las topologías que usa son, la de bus y árbol.
- Ancho de banda máximo es de 400 MHz. Puede transportar el 100 % de su carga.
- Mejor inmunidad a los ruidos que el de banda base (Base Band).
- Es un medio resistente que no necesita conducto.
- Su costo es alto. Se necesitan módems en cada estación del usuario, lo que aumenta aún más el costo y limita las velocidades.

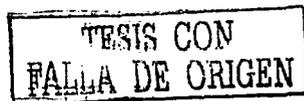
Este cable para red local es de 75 ohms, estándar de los sistemas de televisión de antena comunitaria CATV (Cable de TV) (Antena Colectiva de televisión), que es usado para señalización analógica en FM-FDM, el cual es un canal lento pero incluye varios canales a la vez. Este cable CATV también puede manejar señales digitales.

Para señalización analógica el ancho de banda posible es de 300 a 400 MHz, tales como el video y el audio que pueden ser manejados sobre el mismo medio ya que un canal de televisión ocupa 6 MHz de ancho y un canal de audio (radio) ocupa 200 KHz.

Los datos digitales en este tipo de cable pueden transportarse con diferentes técnicas de modulación como: ASK, FSK Y PSK.

VENTAJAS

- Fácil instalación.
- Se pueden aprovechar alguna instalación previa (ductos, cajas, registros, etc.).
- Capacidad de transmisión de voz, datos y video (gran ancho de banda).
- Compatible con los estándares de redes de datos (Ethernet, Token Ring).
- Muy buena tolerancia a interferencias externas o ambientales.
- Relación costo-beneficio, muy buena.



A las líneas de cable coaxial (banda base y banda ancha) se pueden conectar los siguientes dispositivos:

MODEMS DE RADIOFRECUENCIA (RF)

Se usan como interfaz de la red. Los sistemas de banda ancha necesitan módems para convertir datos en señales analógicas y viceversa. El modem es capaz de transmitir y/o recibir, utilizando una amplia gama de frecuencias.

AMPLIFICADORES

Se usan para amplificar señales. Los amplificadores llamados también repetidores, se utilizan cuando hay que transmitir señales a distancias muy grandes, tal como es el caso de una red que cubre varios pisos de un edificio o varios edificios.

ACOPLADORES DE DIRECCIÓN

Éstos aseguran que las señales transmitidas por cualquiera de los dispositivos de la red solo se van a enviar en dirección al dispositivo de control.

DERIVADORES

Son tomas independientes con dos conectores, uno para transmisión y otro para recepción. Las estaciones se pueden conectar y desconectar sin que resulte afectado el resto de los usuarios.

TERMINADORES

Éstos se instalan al final de la línea. Se usan para reducir el ruido y las señales no deseadas (señales armónicas).

4.4 PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UN CABLE COAXIAL

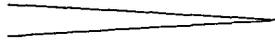
Se le llama así a un conjunto de variables que definen el comportamiento eléctrico de un cable coaxial. Los parámetros más importantes y por lo tanto los más utilizados son los siguientes:

- Z₀: Impedancia característica
- V_p: Velocidad de propagación
- C₀: Capacidad característica
- A: Atenuación
- RL: Pérdida de retorno

4.4.1 IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA

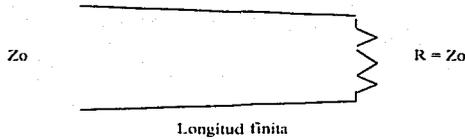
Se define como impedancia característica a la impedancia que presentaría una línea de transmisión de longitud infinita.

$$Z_0 = \frac{V}{I}$$



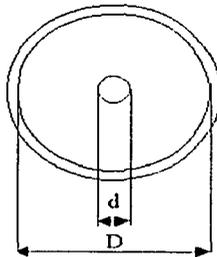
Longitud - ∞

En la práctica:



En un sistema que trabaja a máxima eficiencia la impedancia del transmisor, la del receptor y la del cable deben ser iguales, de no ser así se producirán reflexiones que degradarán el funcionamiento del sistema.

Para el caso del cable coaxial sería:



$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{D}{d}$$

Donde:

Z_0 = Impedancia característica en Ω

ϵ_r = Constante Dieléctrica del núcleo (relativa al vacío).

D = Diámetro del núcleo en mm.

d = Diámetro del conductor central en mm.

La impedancia característica no depende de la longitud del cable ni de la frecuencia.

4.4.2 VELOCIDAD DE PROPAGACION

Se llama así a la velocidad a la que la señal viaja a través del cable. En el vacío, las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz.

En el cable, viajan a velocidades ligeramente inferiores.

La velocidad de propagación se expresa como un porcentaje de la velocidad de la luz en el vacío y está dada por la relación:

$$V_p = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} 100$$

Donde:

V_p = Velocidad de propagación (% de la velocidad de la luz en el vacío)

ϵ_r = Constante dieléctrica del núcleo (relativa al vacío)

Nótese que la velocidad de propagación sólo depende del material con que esta hecho el dieléctrico y que si el dieléctrico fuera vacío, la velocidad de propagación sería 100 %, es decir, la velocidad de la luz.

4.4.3 CAPACIDAD CARACTERÍSTICA

Es la capacidad eléctrica entre el conductor central y el blindaje.

Su fórmula es la siguiente:

$$C_o = \frac{55.55 \epsilon_r}{\ln \frac{D}{d}}$$

Donde:

C_o = Capacidad característica en pF/m.

D = Diámetro del dieléctrico en mm.

d = Diámetro del conductor central en mm.

ϵ_r = Constante dieléctrica del núcleo (relativa al vacío)

4.4.4 ATENUACIÓN

Es la pérdida de potencia eléctrica a lo largo del cable.

Su fórmula es la siguiente:

$$A = \frac{27463}{Z_o} \left(\frac{\sqrt{rd}}{d} + \frac{\sqrt{rD}}{D} \right) \sqrt{f} + 9.094 \sqrt{\epsilon_r} df f$$

Donde:

A = Atenuación en db/100 m.

rd = Resistividad del conductor central en Ω m.

rD = Resistividad del conductor externo en Ω m.

d = Diámetro del conductor central en mm.

D = Diámetro del dieléctrico en mm.

Z_o = Impedancia característica del cable en Ω .

f = Frecuencia en MHz.
 ϵ_r = Constante dieléctrica del núcleo (relativa al vacío).
 df = Factor de disipación del dieléctrico.

4.4.5 PÉRDIDAS DE RETORNO

Si la impedancia de carga no es igual a la impedancia característica de la línea, se producirán reflexiones, es decir, parte de la energía que llegue a la carga será absorbida por esta y parte se reflejará hacia el transmisor. Cualquier irregularidad en la impedancia a lo largo del cable hará las veces de carga desadaptada y provocará una reflexión.

Se define como pérdidas de retorno, a la relación en dB entre la onda reflejada y la onda incidente.

$$RL = 20 \log \frac{V_r}{V_i}$$

Donde:

RL = Pérdidas de retorno en db.
 V_r = onda de tensión reflejada.
 V_i = onda de tensión incidente.

4.5 FIBRA ÓPTICA

Las fibras ópticas son filamentos flexibles de una pequeña sección transversal, de un diámetro externo típico de alrededor de 2 a 125 micrómetros; están hechas de materiales dieléctricos transparentes tales como vidrio, plástico y silicatos a altas temperaturas, su característica es que varían con el índice de refracción que les permite ser guías de onda de la luz.

Está constituida por un hilo flexible de óxido de silice, vidrio, rodeado por una capa también de vidrio pero de índice de refracción menor, y protegido el conjunto por una cubierta opaca y absorbente de luz.

En las telecomunicaciones las fibras ópticas son ya un medio de transmisión competitivo tanto en costo, manejo e instalación como en sus aplicaciones, debido al gran ancho de banda que manejan.

La estructura es simple de una fibra óptica, se constituye de un material dieléctrico interno llamado núcleo o core, el cual está rodeado de otro dieléctrico con un índice de refracción menor al anterior, llamado revestimiento o cladding. Una envoltura plástica y de otros materiales estratificados, llamada coating, envuelve al exterior de la fibra para protegerla de daños mecánicos (ralladuras, raspaduras, esfuerzos mecánicos, etc.), contra humedad, el ambiente y contra señales extremas.

En la figura 4.5 se muestra las partes básicas de la fibra óptica.

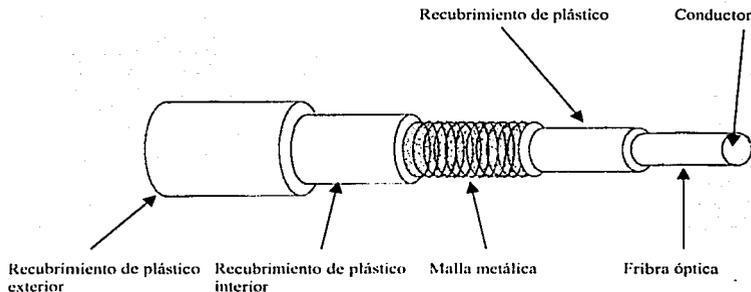


Fig. 4.5 Cable de Fibra óptica

4.5.1 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN

La fibra óptica transmite rayos de luz de señal codificada por medio de una reflexión interna total, la cual puede ocurrir a través de un medio transparente con un alto índice de refracción respecto al índice del medio de cobertura. Así la fibra óptica actúa como una guía de onda de la luz para frecuencias de entre 10^{14} a 10^{15} Hz. Se utilizan fuentes de luz como el diodo emisor de luz (LED) y el rayo láser.

Las diferencias más significativas son las siguientes:

- **LED:** es un emisor de baja potencia y precio relativamente económico que se utiliza para cortas y medias distancias. En general, se utiliza en 850 nm y en 1300 nm en fibras multimodo.
- **LASER:** es un dispositivo de alta potencia y por tanto utilizado para grandes distancias, además de tener un precio más elevado que el del LED. Su aplicación se centra en 1300 nm en fibras monomodo.

El detector óptico se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica y por tanto actúa como un transductor óptico-eléctrico.

La cantidad de información que un sistema de comunicación puede transportar, es aproximadamente proporcional a la frecuencia de la señal portadora. En los sistemas de comunicación por señal luminosa, la frecuencia de la portadora es del orden de 300,000 GHz y su ancho de banda potencial es de 25,000 GHz en el rango de longitudes de onda de 1.45 a 1.65 micrómetros.

Las fibras ópticas están divididas en dos grupos:

- monomodo
- multimodo

4.5.2 FIBRAS MULTIMODO

El término multimodo indica que pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un costo inferior (LED). Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 km.

4.5.3 FIBRAS MONOMODO

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 km, junto con dispositivos de elevado costo (LASER). Los sistemas de comunicación por fibra óptica utilizan actualmente fibras multimodales de índice de refracción gradual que trabajan con una longitud de onda de emisión de entre 0.82 a 0.9 micrómetros, con una distancia máxima entre repetidores de alrededor de 10 Km y una atenuación de 2 a 4 dB·km.

4.5.4 CARACTERÍSTICAS

Ancho de banda:

La capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables de cobre.

Bajas pérdidas:

Las pérdidas indican la distancia a la cual la información puede ser enviada. En un cable de cobre, la atenuación crece con la frecuencia de modulación. En una fibra óptica, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.

Inmunidad electromagnética:

La fibra no irradia ni es sensible a las radiaciones electromagnéticas, ello las hace un medio de transmisión ideal.

Seguridad:

Es extremadamente difícil intervenir una fibra, y virtualmente imposible hacer la intervención indetectable, por ello es altamente utilizada en aplicaciones militares.

Bajo peso:

Un cable de fibra óptica pesa considerablemente menos que un conductor de cobre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.5.5 VENTAJAS

- Aplicaciones de alta velocidad.
- Ancho de banda de hasta 600 Mbps.
- Puede propagar una señal sin necesidad de amplificador desde 2 hasta 10 Km.
- Transmisión de voz, datos y video por el mismo canal.
- No genera señales eléctricas y/o magnéticas a su alrededor.
- Baja atenuación de menos de 0.2 a 0.5 dB/km.
- Inmune a interferencias electromagnéticas externas (líneas de alta tensión, relámpagos, etc.), al agua.
- Excelente tolerancia a factores físicos ambientales.
- Los estándares que se han desarrollado o que han adoptado la fibra óptica son, FDI, Ethernet, Token-Ring, entre otros.
- Ofrece la mayor capacidad de adaptación a nuevas normas de comunicación.

4.6 COMUNICACIONES INALAMBRICAS

La comunicación inalámbrica de datos en la forma de microondas y enlaces de satélites se usa para transferir voz y datos a larga distancia.

Los canales inalámbricos se utilizan para la comunicación digital cuando no es económicamente conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además son ampliamente utilizados para interconectar redes locales (LANS) con sus homologas redes de área amplia (WANS) sobre distancias moderadas y obstáculos como autopistas, lagos, edificios y ríos, etc.

Los enlaces vía satélite permiten no solo rebasar obstáculos físicos sino que son capaces de comunicar continentes enteros, barcos, rebasando distancias sumamente grandes.

Los sistemas de satélites y de microondas utilizan frecuencias que están en el rango de los MHz y GHz, usualmente utilizan diferentes frecuencias para evitar interferencias pero comparten algunas bandas de frecuencias.

4.6.1 COMUNICACIÓN POR MICROONDAS

En un sistema de microondas se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión.

La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (a pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto.

Las estaciones consisten de una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando el sistema de microondas pertenece a la compañía de teléfonos, parte de la red telefónica por cables interviene en el circuito.

Dependiendo del país y de su legislación, a veces es necesario obtener una licencia especial para uso privado y esto puede constituirse en un contratiempo, y elevar el costo.

La transmisión es en línea recta. (lo que esta a la vista) y por lo tanto se ve afectada por accidentes geográficos, edificios, árboles, mal tiempo, etc. El alcance promedio es de 40 km, en la Tierra.

Una de las ventajas importantes es la capacidad de poner miles de canales de voz a grandes distancias a través de repetidoras, a la vez que permite la transmisión de datos en su forma natural.

Tres formas son las más comunes de utilización en redes de procesamiento de datos:

- Redes entre ciudades, usando la red telefónica pública, con antenas repetidoras terrestres.
- Redes metropolitanas privadas y para aplicaciones específicas.
- Redes de largo alcance con satélites.

En las redes intraciudades, se instalan antenas para un grupo de dispositivos en los puntos altos de la misma:

- edificios
- cerros

En el caso de utilización de satélites, las antenas emisoras, repetidoras receptoras pueden ser fijas (terrenas) o móviles (barcos, etc.).

En los casos que no se cuenta con acceso a comunicación alámbrica, se emplean enlaces inalámbricos para conducción de voz, datos y videoconferencia.

En la figura 4.6 se muestra un diagrama un diagrama de videoconferencia utilizando como medio de comunicación un enlace de microondas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

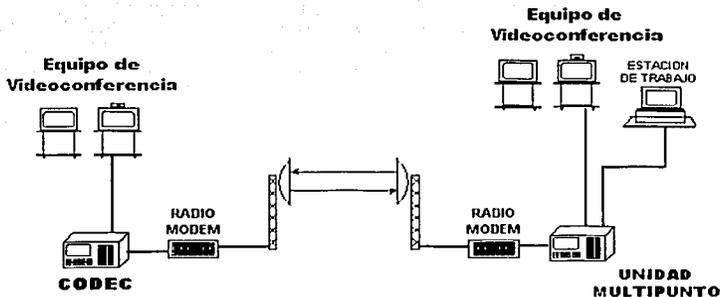


Fig. 4.6 Diagrama de un enlace de videoconferencia.

4.6.2 COMUNICACIÓN POR SATÉLITE

El satélite de comunicaciones es un dispositivo que actúa como reflector de las emisiones terrenas.

Los satélites reflejan un haz de microondas que transporta información codificada. La función de reflexión se compone de un receptor y un emisor, que operan a diferentes frecuencias.

Básicamente, los enlaces satelitales son iguales a los de microondas excepto que uno de los extremos de la conexión se encuentra en el espacio, como se había mencionado un factor limitante para la comunicación microondas es que tiene que existir una línea recta entre los dos puntos pero como la Tierra es esférica, esta línea se ve limitada en tamaño, entonces colocando el receptor o el transmisor en el espacio se cubre un área más grande de superficie.

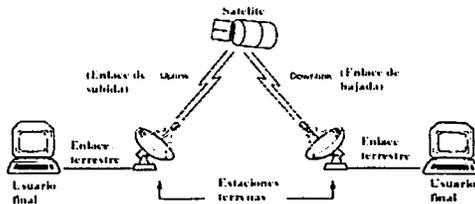


Fig. 4.7 Enlace satelital.

En la figura 4.7 se muestra un diagrama sencillo de un enlace vía satélite, los términos UPLINK y DOWNLINK, se refiere al enlace de la Tierra al satélite y la segunda del satélite a la Tierra.

Las comunicaciones vía satélite poseen numerosas ventajas sobre las comunicaciones terrestres, entre las cuales estan:

- El costo de un satélite es independiente a la distancia que valla a cubrir.
- La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
- Las poblaciones pueden ser cubiertas con una sola señal de satélite, sin tener que preocuparse en gran medida del problema de los obstáculos.
- Grandes cantidades de ancho de bandas están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, datos y video sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.

Estas ventajas poseen sus contrapartes, alguna de ellas son:

- El retardo entre el UPLINK y el DOWNLINK esta alrededor de un cuarto de segundo o de medio segundo para una señal de eco.
- La absorción por la lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda.
- Conexiones satelitales multiplexadas imponen un retardo que afectan las comunicaciones de voz, por lo cual son generalmente evitadas.

Los satélites de comunicación están frecuentemente ubicados en lo que se llama Órbitas Geosíncronizadas, lo que significa que el satélite circulará la Tierra a la misma velocidad, en que ésta rota, lo que lo hace parecer inmóvil desde la Tierra. Una ventaja de esto es que el satélite siempre esta a la disposición para su uso. Un satélite para estar en este tipo de órbitas debe ser posicionado a 13937.5 Kms. de altura, con lo que es posible cubrir a toda la Tierra utilizando solo tres satélites como lo muestra la figura 4.8.

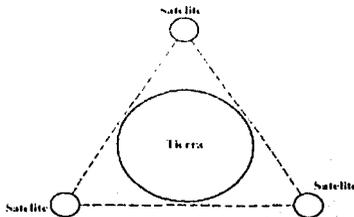


Fig. 4.8

Un satélite no puede retransmitir una señal a la misma frecuencia a la que es recibida, si esto ocurriese el satélite interferiría con la señal de la estación terrestre, por esto el satélite

tiene que convertir la señal recibida de una frecuencia a otra antes de retransmitirla, para hacer ésto, se hace con algo llamado "Transponders". En la figura 4.9 se muestra la imagen de como es el proceso.

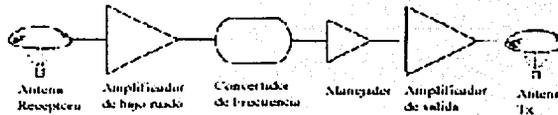


Fig. 4.9 Transpondedor

Al igual que los enlaces de microondas las señales transmitidas vía satélites son también degradadas por la distancia y las condiciones atmosféricas.

Otro punto que cabe destacar es que existen satélites que se encargan de regenerar la señal recibida antes de retransmitirla, pero éstos solo pueden ser utilizados para señales digitales, mientras que los satélites que no lo hacen pueden trabajar con ambos tipos de señales (análogas y digitales).

4.6.3 COMUNICACIÓN POR INFRARROJO

El uso de la luz infrarroja se puede considerar muy similar a la transmisión digital con microondas.

El haz infrarrojo puede ser producido por un láser o un LED. Los dispositivos emisores y receptores deben ser ubicados a la vista uno del otro.

Velocidades de transmisión de hasta 100 kbps pueden ser soportadas a distancias de hasta 16 kms, pero si se reduce la distancia a 1.6 Km se puede alcanzar una velocidad de transmisión de 1.5 Mbps.

La conexión es punto a punto.

El haz infrarrojo es afectado por:

- El clima.
- Interferencia atmosférica.
- Obstáculos físicos.

El haz es inmune al ruido magnético, es decir, a la interferencia eléctrica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.7 ADAPTADORES DE COMUNICACIONES

El adaptador de comunicaciones es un elemento que conceptualmente existe en cada extremo de cada cable de comunicaciones.

Son piezas de hardware independientes (tarjetas de circuitos impresos), aunque pueden estar integrados en el dispositivo.

Su función principal es preparar los datos para su transmisión a través de la línea, serializándolos, insertando caracteres de control en el mensaje, permitiendo la sincronización, respondiendo a los comandos de control. En la mayoría de los casos maneja los métodos de detección y corrección de errores y el encuadre de los datos dentro de un bloque transmisible.

Para todas las funciones de control del tiempo, los adaptadores de comunicaciones tienen integrados uno o varios relojes de programación independientes. Cuando la comunicación es local o con modems asíncronos, provee la sincronización, si el modem es sincrónico, es éste quien se encarga de ésta función.

Existen muchos adaptadores que son igualmente útiles en caso de transmisión sincrónica o asíncrona, algunos soportan múltiples protocolos y tienen la capacidad de poder emplear varias interfaces físicas diferentes, controlando muchas líneas que usan protocolos diferentes, simultáneamente.

4.7.1 MODEM

Los modems son dispositivos destinados principalmente a la conversión de señales digitales en analógicas y de señales analógicas a digitales.

Se dividen en sincrónicos y asíncronos, dependiendo del tipo de mensaje a transmitir. Pueden tener diagnósticos residentes y disponer de mecanismos de detección y corrección de errores. La rapidez de reacción de los circuitos del modem, es una variable que juega en los tiempos de respuesta de las terminales remotas.

4.7.2 PUENTES

Son dispositivos de hardware cuyo cometido principal es contribuir a economizar líneas, modems, puertos del procesador y adaptadores de comunicaciones.

Tipos de puentes:

- Alto orden.
- Bajo orden.

Una conexión de alto orden, es cuando se trata de un enlace hacia los elementos anteriores del sistema de comunicaciones, y es de bajo orden, cuando el enlace es hacia los posteriores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.7.3 PROTECTORES DE RED (DAA: DATE ACCESS ARRANGEMENT)

Son acopladores de conexión y su función es proteger la red de posibles daños debidos a sobrecarga o cortocircuitos.

4.7.4 MULTICANALIZADORES (MULTIPLEXOR)

Son dispositivos inteligentes, que básicamente consisten en un procesador con su memoria, un mecanismo de barrido y un conjunto de adaptadores de comunicaciones.

Su función principal es proveer un medio para compartir una línea de comunicaciones, entre diversas estaciones de trabajo y/o unidades de procesamiento que operan a distinta velocidad y con diferente protocolo. Esta acción de compartir una línea, normalmente reduce el costo de operación ya que se economizan:

- puertos del procesador central
- modems
- adaptadores
- líneas telefónicas

4.7.5 ALGUNOS TÉRMINOS

PROTOCOLO

Conjunto de reglas para gobernar las comunicaciones entre dos entidades.

RUIDO

Es una señal eléctrica no deseada que se introducen por imperfecciones en los componentes de los circuitos o por perturbaciones naturales, las cuales tienden a degradar la función de los canales de comunicaciones.

SONDEO

Esta técnica también llamada Polling, es utilizada en servicios multipuntos, para determinar cual terminal está lista para enviar o recibir un mensaje. La estación principal, generalmente el conmutador central, emite mensajes de interrogación a cada estación secundaria, según un criterio establecido para determinar si éstas tienen un mensaje listo para la transmisión. Ninguna terminal puede enviar un mensaje hasta que reciba la *invitación correspondiente*. El conmutador central emite códigos de selección (select) para determinar si la terminal puede aceptar una transmisión de salida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTERCONEXION

En hardware, se aplica al límite entre dos unidades, a través del cual todas las señales que pasan son cuidadosamente definidas. Dicha definición incluye niveles de señal, impedancia, tiempos, secuencia de operaciones y el significado de las señales.

En software, hace referencia a las características de la forma empleada para comunicar dos módulos que actúan dentro de un entorno relacionado. Comúnmente se emplea el término *interface*.

ACONDICIONAMIENTO

Es un procedimiento para eliminar los problemas de transmisión de un circuito dentro de ciertos límites, los cuales están especificados en una tarifa. El acondicionamiento es utilizado en muchas líneas telefónicas alquiladas para transmisiones de datos, para mejorar la posible velocidad de transmisión. El usuario de la línea, paga un cargo adicional por el acondicionamiento de la línea en uso.

ACONDICIONAMIENTO DE LINEA

Es un método de acondicionar la línea utilizando equipo de ecualización para reducir ruidos y distorsiones. Normalmente es utilizado en líneas privadas usadas en la banda de nivel de voz, a velocidades sobre los 1000 baudios.

4.8 TÉCNICAS DE MULTICANALIZACION

Existen dos clases:

- De conexión troncal.
- De conexión en líneas simples.

Y dos técnicas básicas de multicanalización / demulticanalización:

- FDM (Frequency Division Multiplexing) por división de frecuencias.
- TDM (Time Division Multiplexing) por división del tiempo.

4.8.1 FDM

En esta técnica se divide el ancho de banda en rangos de frecuencias. A cada canal se asigna un rango (r_i), de amplitud suficiente como para permitir la transmisión de lo que se desea enviar.

Dado que no todos los medios físicos de transmisión admiten un gran ancho de banda, en medios económicos se tienen grandes limitaciones en el número de canales.

En un instante dado (t_i) se tienen todos los canales transmitiendo simultáneamente. Esa simultaneidad significa economía en los tiempos finales del sistema. Y ésta es la principal ventaja de esta técnica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.8.2 TDM

El tiempo se divide en periodos fijos, cada uno de los cuales se asigna a un canal. Si esta asignación es según una ronda uniforme, tenemos el TDM IGUALITARIO.

En un instante (t_i) cualquiera, solo un canal se encuentra transmitiendo y éste utiliza todo el ancho de banda del medio utilizado.

Como desventaja se tiene la falta de simultaneidad, y como beneficio, es el permitir un infinito número de canales, sacrificando el tiempo total del sistema.

Cuando la técnica TDM es PONDERADO, se tiene una ronda de canales no uniforme, sino que algunos canales se repiten más veces que otros.

Cuando la técnica es TDM ESTÁTICO (STDM, STATISCAL TIME DIVISION MULTIPLEXING), es una variante en donde se trata de aprovechar los tiempos ociosos de las líneas de comunicaciones.

4.8.3 MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS (PCM Pulse Code Modulation)

Para poder transmitir una señal de variación continua en forma discreta, es necesario recurrir a una técnica conocida como Modulación por Pulsos Codificados.

El PCM es un tipo de modulación usada para representar señales analógicas en forma de valores discretos.

4.8.4 METODO DE CODIFICACION

a) CUANTIFICACION DE LA SEÑAL

La señal analógica es dividida entre una cierta cantidad de niveles de voltaje. Si dividimos la voz humana entre 128 niveles, necesitaremos ($2^7 = 128$), 7 bits para representar cada nivel.

b) MUESTREO DE LOS NIVELES DE VOLTAJE

Puede demostrarse estadísticamente que la señal original puede ser reproducida si muestreamos al doble de la velocidad que la más alta frecuencia de la señal analógica.

Para un canal de voz de 4 KHz, un muestreo de 8000 veces / seg. reproducirá la señal original.

c) TRANSMISION DE LOS PULSOS

El valor de cada muestra se codifica como un número binario de 7 bits y ese número se transmite en forma digital. Por lo tanto, la velocidad de la línea necesaria para transmitir la voz humana será:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$8 \frac{\text{km}}{\text{s}} \times 7 \frac{\text{bits}}{\text{m}} = 56 \frac{\text{kbits}}{\text{s}}$$

Donde:

m = muestra

ALTERNATIVAS DE CONEXIÓN

Existen varias alternativas y oportunidades para conectarse a la Red, todo dependerá de los recursos con que se cuenten y facilidades de acceso a las telecomunicaciones.

-LINEA TELEFÓNICA CONMUTADA

Se puede alcanzar una velocidad de hasta 19,200 bps (bits por segundo).

-LINEA PRIVADA

Alcanza una velocidad de hasta 28,400 bps.

-FIBRA ÓPTICA

Su velocidad de transmisión es de hasta 2.048 Mbps.

-ENLACE SATELITAL

Tiene una velocidad de hasta 64.000 bps.

4.9 ENLACE DE MICROONDAS

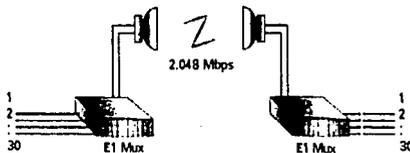
Sus velocidades de transmisión dependerán del equipo de comunicación, puede llegar hasta varios múltiplos de 64,000 bps.

A continuación se presentan los equipos que serán utilizados para llevar a cabo este proyecto.

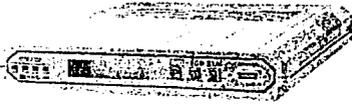
Este es el equipo que nosotros tenemos contemplado para el enlace.



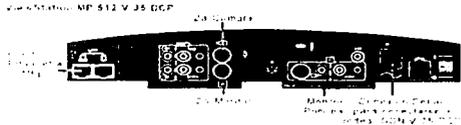
Esta es la antena modelo 950 E1.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



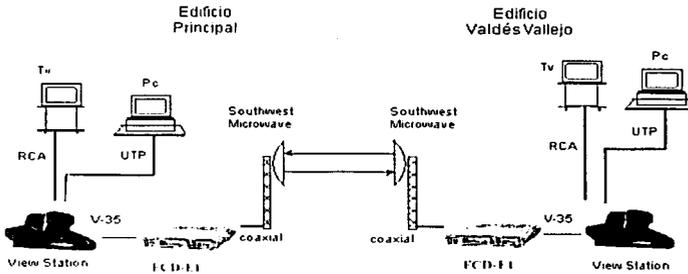
Aquí se muestra un FCD-E1, que servirá como descanalizador de la señal.



Esta es la cámara de Video Polycom.

Para el equipo POLYCOM se interconecta un conector Winchester a DB-25 hacia el descanalizador (FCD-E1).

Este es el diagrama para el enlace entre los dos edificios.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO V

5.1 PRUEBAS DEL ENLACE Y VIDEOCONFERENCIA

5.1.1 INTRODUCCIÓN

En éste capítulo se describe la forma de conexión de los equipos, así como las pruebas que se realizarán en cada uno de ellos por bloques, en este caso se utilizarán:

- Antenas (SOUTHWEST MICROWAVE SERIE 950E1).
- Equipo descanalizador (FCD-E1, marca RAD).
- Equipo de videoconferencia (POLYCOM).
- Televisores.
- Estaciones de trabajo (Pc's)

Estos equipos se conectará con sus respectivas interfaces, se muestran en la figura 5.1:

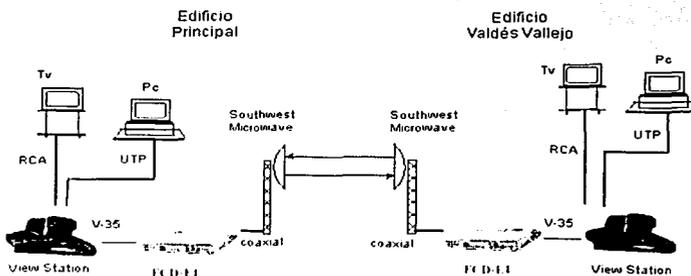


Fig. 5.1 Diagrama del enlace entre los dos edificios de la Facultad de Ingeniería.

A continuación se describe cada conexión que se deberá de realizar.

Como se comentó en los capítulos anteriores un enlace via microondas consiste en tres componentes fundamentales:

- El trasmisor.
- El receptor.
- El medio, que en nuestro caso es un canal aéreo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 ANTENA SOUTWEST MICROWAVE

Se mencionan a continuación las pruebas a realizar:

- Determinación de altura.
- Posicionamiento.
- Instalación.
- Conexión.

5.2.1 DETERMINACIÓN DE ALTURA

Para determinar la altura de las antenas primero, se tomarán las altitudes con respecto al nivel del mar, normalmente esta información se toma de las cartas topográficas, posteriormente se trazan las altitudes sobre una tierra con radio terrestre modificado, sin olvidar agregar la altura de las estaciones donde van a ir colocadas las antenas sobre la torre o mástil.

Se traza una línea recta entre el Transmisor y el Receptor, y se observa que cumpla con los criterios de libramiento, de lo contrario será necesario incrementar la altura de las antenas.

- a) Se debe asegurar la transmisión de todo el primer radio de Fresnel, $K=4/3$ para antenas principales.
- b) Para frecuencias mayores o iguales a 10GHz ($f \geq 10\text{GHz}$), se debe asegurar la transmisión de 0.6 del radio de la primera zona de Fresnel.
- c) La distancia de separación entre las dos antenas no debe ser muy grande.

5.2.2 POSICIONAMIENTO

Para obtener la ubicación y línea de vista de nuestro enlace, se realizará un estudio de planos urbanos, aquí encontraremos las coordenadas geográficas (latitud, longitud), o con la ayuda de un sistema de global de posicionamiento (GPS).

Posteriormente se realizará el método del espejo con el fin de observar el haz luminoso y de esta forma alinear las antenas del enlace.

5.2.3 INSTALACIÓN

Las antenas se instalarán sobre dos mástiles fijados en una base de concreto, los cuales se encuentran ubicados en las azoteas de los dos edificios y cuentan con una alimentación de 127 V de A.C.

Para las antenas de microondas se realizó lo siguiente:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.2.4 CONEXIÓN

Las conexiones que se realizan al enlace son las siguientes:

- Que las fuentes de alimentación de los radios operen correctamente en voltaje de alimentación (+24 VCD).
- Verificar la línea de vista.
- Realizar pruebas de lazo (loop).
- Verificar niveles de recepción.
- Verificar Nivel de ganancia.
- Verificar alarmas.

Se muestra en la figura 5.2 el equipo que cuenta la facultad para el enlace.



Fig. 5.2 Esta es la antena Southwest Microwave serie 950E1

5.3 EQUIPO DESCANALIZADOR

Se utilizará un FCD-E1 que va a servir para descanalizar la señal que se transmitirá, ya que ésta viene de la antena por un par de coaxiales en banda base.

5.3.1 CONEXIÓN Y CONFIGURACIÓN

El FCD-E1 (figura 5.3), se configurará de tal forma de dividir el E1 en canales:

- Conexión de coaxiales (BNC).
- Conexión de interfaz V.35 (DB-25 a WINCHESTER).
- Alimentación de equipo (127 VAC).
- Configuración de la trama.
- Pruebas de loops con el equipo RF (verificando alarmas locales o remotas).
- Sincronización de los canales (relojes maestro y esclavo).

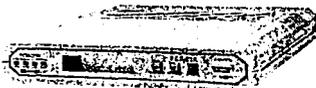


Fig. 5.3 FCD-E1, marca RAD.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.4 EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA

Se utilizará un equipo polycom versión View Station V.35, que se muestra en la figura 5.4.

5.4.1 CONEXIÓN Y CONFIGURACIÓN

Se realizará su conexión de la siguiente manera:

- El modulo (DB-25 a DIN-8) se conectará mediante el cable V.35 (polycom) al FCD-E1 y al View Station.
- Alimentación.
- Se conectarán los monitores al polycom mediante un cable RCA, a las terminales de audio y video del polycom.
- Conexión del micrófono (opcional).
- Se conectará la Pc mediante un UTP cat.5 al puerto ethernet.
- Conexión de bocinas ambientales (opcional).

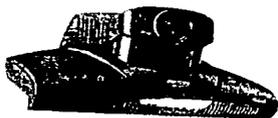


Fig. 5.4.1 Esta es la cámara de video View Station V.35 marca Polycom

Una vez configurados y conectados los equipos se realiza una videoconferencia.

5.5 ESTABLECER UNA VIDEOCONFERENCIA

Se debe verificar que en ambos extremos haya imagen y tratar de que no haya eco ni retardo en la voz.

5.5.1 TRANSMISIÓN DE DATOS

Mediante los puertos ethernet se podrá realizar la transmisión de datos, entre nuestra red.

5.5.2 TRANSMISIÓN DE VOZ

Para la transmisión de voz (conmutador), será necesario utilizar otro tipo de descanalizador el FCD-24 que tiene cuatro salidas y un sublim con conectores V.35. Del cual se usará una salida para hacer la conexión a un PBx.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.6 VIDEOCONFERENCIA

La Videoconferencia es un sistema de comunicación diseñado para llevar a cabo encuentros a distancia, el cual, nos permite la interacción visual, auditiva y verbal con personas de cualquier parte del mundo (siempre y cuando los sitios a distancia tengan equipos compatibles y un enlace de transmisión entre ellos).

Con la Videoconferencia podemos compartir información, intercambiar puntos de vista, mostrar y ver todo tipo de documentos, dibujos, gráficas, acetatos, fotografías, imágenes de computadora y videos, en el mismo momento, sin tener que trasladarse al lugar donde se encuentra la otra persona.

La comunicación se realiza a través de equipos especiales que transmiten audio, video y datos, que permiten a los usuarios la interacción simultánea entre varios sitios (teleconferencia).

En los Estados Unidos la palabra teleconferencia es usada como un término genérico para referirse a cualquier encuentro a distancia por medio de la tecnología de comunicaciones; de tal forma que frecuentemente es adicionada la palabra video a "teleconferencia" o a "conferencia" para especificar exactamente a que tipo de encuentro se esta haciendo mención. De igual forma se suele emplear el término "audio conferencia" para hacer mención de una conferencia realizada mediante señales de audio.

El término "videoconferencia" ha sido utilizado en los Estados Unidos para describir la transmisión de video en una sola dirección usualmente mediante satélites y con una respuesta en audio a través de líneas telefónicas para proveer una liga interactiva con la organización.

En Europa la palabra teleconferencia se refiere específicamente a las conferencias o llamadas telefónicas, y la palabra "videoconferencia" es usada para describir la comunicación en dos sentidos de audio y video. Esta comunicación en dos sentidos de señales de audio y de video es lo que nosotros llamaremos "videoconferencia".

El problema es que en el ambiente global de los negocios de ahora las comunicaciones cara a cara han llegado a ser una práctica costosa, con un alto consumo de tiempo por lo que es, frecuentemente omitida. Se hace uso entonces de medios como el teléfono, el fax o el modem para satisfacer las necesidades de comunicación corporativas.

La videoconferencia ofrece hoy en día una solución accesible a esta necesidad de comunicación, con sistemas que permiten el transmitir y recibir información visual y sonora entre puntos o zonas diferentes evitando así los gastos y pérdida de tiempo que implican el traslado físico de la persona, todo esto a costos cada vez más bajos y con señales de mejor calidad. Estas ventajas hacen a la videoconferencia el segmento de mayor crecimiento en el área de las telecomunicaciones.

5.7 TIPOS DE SISTEMAS

5.7.1 EQUIPOS PERSONALES (Desktop)

El sistema está instalado en una computadora personal, por lo cual una sola persona mantiene comunicación inmediata con otra y a su vez comparte programas y documentos desde su computadora.

5.7.2 EQUIPOS GRUPALES

Son sistemas de mayor tamaño porque pueden tener conectados uno o dos monitores de 27" o mayor tamaño, con el fin de que varias personas participen en la reunión.

5.8 TIPOS DE CONEXIÓN ENTRE EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA

5.8.1 VIDEOCONFERENCIA PUNTO A PUNTO

La conexión es directa y sólo se realiza entre dos equipos de Videoconferencia.

- a) En cada extremo, el audio es captado por los micrófonos, el video es captado por la cámara.
- b) Estas dos señales analógicas (audio y video) son enviadas al CODEC (CODificador-DECodificador) para ser digitalizadas, comprimidas, combinadas en una sola secuencia de datos y enviadas al procesador.
- c) El procesador agrega señales de control e información a la secuencia de datos.
- d) La secuencia de datos (audio, video, control e información) es transmitida a la interfase de red (NIU) para ser electrónicamente convertida al tipo de señalización empleada (ISDN, V.35, RS-449, E1, etc.)
- e) Esta interfase pone la señal digital en la red para que ésta sea transmitida y pueda ser recibida sin variaciones por el equipo remoto.
- f) A la señal recibida se le extraen las señales de control e información para ser procesadas.
- g) A la secuencia de datos que queda es transferida al CODEC (CODificador-DECodificador) para separarlas, descomprimirlas y convertidas en señales análogas y ser enviadas al monitor y bocinas.

5.8.2 VIDEOCONFERENCIA MULTIPUNTO

Varios sitios participan en la reunión. Se requiere de un equipo especial adicional a los sistemas de Videoconferencia llamado Unidad Multipunto, el cual permite la conexión de más de dos lugares durante la conferencia. Esta unidad multipunto es administrada por uno de los sitios, el cual enlazará a los demás sitios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conforme cada grupo participante y tome la palabra, su imagen y audio se reproduce en cada uno de los monitores de los demás sitios.

La videoconferencia puede ser dividida en dos áreas:

Videoconferencia Grupal o Videoconferencia sala a sala, con comunicación de video comprimido a velocidades desde 64 Kbps (E0, un canal de voz) hasta 2.048 Mbps (E1, 30 canales de voz).

Videotelefonía, la cual está asociada con la Red Digital de Servicios Integrados mejor conocida por las siglas "ISDN" operando a velocidades de 64 y 128 Kbps. Esta forma de videoconferencia esta asociada a la comunicación personal o videoconferencia escritorio a escritorio.

a) El proceso es exactamente igual al de la conexión punto a punto, pero, el equipo remoto es "la unidad multipunto".

b) La señal es recibida por la unidad multipunto en las tarjetas de interface a red (NIU), éstas extraen toda la señalización relacionada al medio de comunicación y transmiten la señal H.320 a las tarjetas de proceso (BPUs) aquí se separan las señales de audio, video y control y se envían, cada una de éstas por separado, para procesar.

c) La Unidad Multipunto determina cuales son los "n" sitios con nivel de audio más alto y de éstos hace una mezcla y la convierte en una nueva señal de audio, que será la señal de audio transmitida a todas las localidades.

d) La Unidad Multipunto determina cual es el sitio con nivel de audio más alto y la señal de video generada por esta localidad será la señal de video transmitida a todas las localidades.

e) Las señales de audio y video procesadas en los pasos c) y d) más unas de control son procesadas y enviadas a todas las localidades conectadas en la videoconferencia.

5.9 APLICACIONES DE LA VIDEOCONFERENCIA

Con la videoconferencia, una reunión crítica toma sólo unos cuantos minutos en organizar. Además previenen errores y la información está siempre disponible. Cancelar una reunión importante, adelantarla o aplazarla es muy fácil. En dado caso que existiera mayor distancia entre los edificios, se eliminaría gastos innecesarios.

Actualmente se utiliza la videoconferencia para:

- Administración de clientes en agencias de publicidad.
- Juntas.
- Servicio al cliente.
- Educación a distancia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Desarrollo de ingeniería.
- Reunión de ejecutivos.
- Estudios financieros.
- Coordinación de proyectos entre compañías.
- Actividad en bancos de inversión.
- Control de la manufactura.
- Diagnósticos médicos.
- Coordinación de fusiones y adquisiciones.
- Gestión del sistema de información administrativa.
- Gestión y apoyo de compra / ventas.
- Contratación / entrevistas.
- Supervisión.
- Adiestramiento / capacitación.
- Acortar los ciclos de desarrollo de sus productos.
- Comunicarse con sus proveedores y socios.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Entrevistar candidatos para un determinado cargo en la empresa.
- Manejar la unión o consolidación de empresas.
- Dirigir la empresa más efectivamente.
- Obtener soporte inmediato en productos o servicios extranjeros.
- Etc.

5.10 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA

a) CODEC (COdificador/DECodificador)

Este dispositivo convierte las señales de video y audio en señales digitales, es considerado la parte principal del sistema de Videoconferencia.

b) DISPOSITIVO DE CONTROL.

Puede ser una tableta de control, teclado, mouse, pantalla sensible al tacto o control remoto. Este dispositivo controla el CODEC y el equipo periférico del sistema.

c) CÁMARA ROBÓTICA

Es la cámara incluida en cualquier equipo, ésta es manejada a través de la tableta de control.

d) MICRÓFONOS

Capta el audio que se envía al otro sitio.

e) SOFTWARE DE COMUNICACIÓN

Es el programa que permite la acción conjunta de los elementos que integran al sistema de Videoconferencia.

f) DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN

Es el dispositivo (DCU/CSO) al que llega la señal digital desde el CODEC y la envía por el canal de transmisión (microondas, fibra óptica, etc.) lo que permite enviar y recibir la señal a los sitios remotos.

g) CANAL DE TRANSMISIÓN

Todo sistema de Videoconferencia requiere de un canal para transmitir la señal de audio y video a otro sitio, este puede ser UTP, cable coaxial, microondas, fibra óptica, satélite, etc.

h) ESPACIO

Es el área especialmente acondicionada tanto en acústica e iluminación para alojar el equipo y realizar las sesiones. El nivel de confort de la sala mejora la calidad del encuentro.

i) PERSONAL CALIFICADO

Es indispensable que cada sitio, cuente al menos con una persona que posea los conocimientos necesarios de telecomunicaciones y operación técnica del equipo.

5.11 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA

Las señales proporcionadas por las cámaras, el micrófono y equipos periféricos son enviados al CODEC, dentro de éste se realiza un proceso complejo, el cual se resume en tres etapas:

- a) El CODEC, convierte las señales de audio y video a un código de computadora. A esto se le conoce como digitalizar. La información es reducida en pequeños paquetes de datos binarios (1 ó 0). De esta forma se transmiten datos requiriendo menos espacio en el canal de comunicación.
- b) Los datos son enviados a otro dispositivo de comunicación, el cual los transmite al sitio remoto por un canal de transmisión (UTP, cable coaxial, fibra óptica, microondas o satélite) por el que viajara.
- c) A través del canal, el otro sitio recibe los datos por medio del dispositivo de comunicación, el cual lo entrega al CODEC que se encarga de descifrar y decodificar las señales de audio y video, la que envía a los monitores para que sean vistas y escuchadas por las personas que asisten al evento.

5.12 FUNCIONES BÁSICAS QUE REALIZA EL EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA

a) ESTABLECER LA COMUNICACION A OTRO SITIO

La comunicación se establece hacia la unidad multipunto.

b) CONTROL DE AUDIO

Regula el nivel de volumen del sitio local que se transmite a los demás sitios.

c) SELECCIÓN Y CONTROL DE CÁMARAS

Cuando se trabaja con dos o más cámaras, mediante el equipo de Videoconferencia se puede elegir la cámara cuya señal queremos transmitir. El equipo también puede controlar la cámara robótica para que ésta se mueva a posiciones preestablecidas por el usuario.

d) HOJA DE DIBUJO

Es un pizarrón electrónico que aparece en uno de los monitores con una barra de menús que nos permite hacer anotaciones y trazos sobre imágenes capturadas previamente.

5.12.1 PERIFÉRICOS DEL EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA

a) CÁMARA DE DOCUMENTOS

A través de ella podemos proyectar:

- Textos impresos en papel.
- Láminas de gráficas.
- Pequeños objetos tridimensionales.
- Páginas de libros y revistas.
- Señales de audio y video de una Video casetera.
- Fotografías.
- Diapositivas.
- Negativas.
- Radiografías.
- Transparencias.
- Acetatos.
- Etc.

b) VIDEOCASSETTERA

Se puede conectar directamente al CODEC y así grabar el sitio local o remoto durante la Videoconferencia o reproducir material audiovisual.

c) VIDEOCÁMARA

Apoya a la cámara robótica. Con ella podemos enfocar personas y objetos desde otro ángulo con mayor detalle y precisión.

d) COMPUTADORA

Se puede transmitir y compartir con el sitio remoto cualquier programa o documento.

5.13 REQUERIMIENTOS PARA REALIZAR UNA VIDEOCONFERENCIA

5.13.1 DESCRIPCION GENERAL

En el diseño de una sala, tanto el ambiente físico como la tecnología deberán ser tomados en cuenta, el tamaño del cuarto y la forma de éste, pueden jugar un factor significativo en cuánto y cómo interactúen los usuarios con el sistema.

Una sala de videoconferencia típica está cerca de los 7.5 metros de profundidad y los 6 metros de ancho, estas dimensiones podrán albergar a un sistema de videoconferencia

mediano y una mesa para conferencias para aproximadamente 7 personas (tres en cada lado y uno más al final de la mesa).

Hay otros tres factores a considerar en conjunción con la elección del tamaño y forma del cuarto:

- iluminación
- acústica
- amueblado

5.13.2 ILUMINACIÓN

Existen tres elementos primordiales en la consideración de la iluminación de una sala:

- niveles de iluminación.
- ángulos de iluminación.
- color de iluminación.

El objetivo es proveer iluminación del color correcto a niveles que le permitan a la cámara el representar una escena de manera natural.

La luz en un ángulo apropiado es un factor importante para obtener una imagen de buena calidad.

Existe una regla para la iluminación de las salas de videoconferencia la cual puede ser aplicada. Generalmente, una fuente luminosa deberá ser colocada 45° por encima del objeto. Las fuentes de iluminación situadas a ángulos menores de 45° estarán sobre los ojos de los participantes de la conferencia, las fuentes a más de 45° dejarán sombras notables particularmente debajo de los ojos.

Es importante que la cámara vea una escena con niveles de iluminación uniformes en todos los sitios. Aún más crítico que una escena con niveles de iluminación distribuidos equitativamente, es la cantidad de luz reflejada hacia la cámara por la pared situada al frente de la sala.

El nivel de iluminación reflejado por la pared trasera deberá ser escasamente menor y nunca deberá exceder aquella reflejada por los participantes de la conferencia.

5.13.3 ACÚSTICA

Existen cuatro elementos a considerar dentro del diseño acústico de una sala de videoconferencia:

- niveles de ruido ambiental
- tiempo de reverberación
- colocación del micrófono y bocina
- el método de cancelación de eco ha ser utilizado.

El objetivo general es proveer de una sala silenciosa con un tiempo de reverberación relativamente pequeño.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La colocación adecuada del micrófono y la bocina aumentará la calidad del sonido transmitido entre las salas de conferencia. Todo esto se combina para ayudar al cancelador de eco en su función.

El primer paso para alcanzar un audio de alta calidad es obtener una señal de la voz clara y fuerte de todos los participantes. Esto no deberá ser opacado por la obtención simultánea de ruido de fondo excesivo, sonido distante de reverberación. El ruido del fondo generalmente proviene de los ductos de ventilación, balastras de iluminación fluorescente, y los ventiladores de los equipos de enfriamiento.

La calidad de reverberación viene de la superficie de las paredes, pisos y techos que reflejan la voz de los participantes muchas veces en su camino al micrófono.

5.13.4 MICRÓFONOS

El micrófono omnidireccional permite a los participantes sentados cerca de él, a una distancia uniforme, el ser escuchados a niveles similares. Esto sólo opera cuando los participantes se sientan cerca del micrófono debido a la cantidad de ruido ambiental y de reverberación que se captaba en adición a la voz de los participantes. Esta limitación reduce el número de participantes.

La utilización de micrófonos unidireccionales en lugar de micrófonos omnidireccionales, mejorará la inteligibilidad. Un micrófono unidireccional responde a los sonidos de una manera diferente dependiendo de su ángulo de captación o entrada. Cuando el frente del micrófono está apuntando hacia el participante, la voz del participante producirá una salida más fuerte que el ruido y reverberación provenientes de la parte trasera y lados.

5.13.5 BOCINAS

El escucha binaural de los participantes ayuda a diferenciar el sonido directo de las bocinas del ruido de fondo local y reverberante, así como también del sonido producido por alguien que habla dentro de la sala. El ruido de la sala deberá ser mantenido bajo, de tal manera que el sonido de las bocinas no sea elevado excesivamente. El beneficio adicional de mantener bajo el nivel de ruido de la sala es que la cantidad de ruido transmitido a la sala distante será mínimo.

5.13.6 REVERBERACIÓN

Cuando se conecta una fuente sonora en un recinto, como consecuencia de las reflexiones, existe un crecimiento gradual de la energía, posteriormente el aumento de energía cesa después de cierto tiempo, alcanzando la energía en el recinto un valor constante. Si una vez alcanzado este valor, la fuente sonora deja de emitir, el sonido que recibe el observador no desaparece inmediatamente. Un corto tiempo después de que la fuente ha dejado de emitir, desaparece la onda directa y el observador recibe la energía de la primera onda reflejada, después la segunda, tercera, etc., ondas reflejadas y así sucesivamente, siendo la energía de estas ondas cada vez más pequeña. Después de cierto intervalo de tiempo, la energía de las

ondas que llegan al observador, ha disminuido tanto, que el oído no puede percibir las y el sonido desaparece.

El proceso de persistencia y disminución de la energía en un recinto, una vez desconectada la fuente sonora, recibe el nombre de reverberación y el tiempo que la señal sonora necesita para reducirse hasta el umbral de audición, se conoce como tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación de un recinto está en función del empleo que tenga el local, así como también del volumen del mismo. Es necesario mencionar que el tiempo de reverberación dentro de la sala es un factor importante desde el punto de vista de que si se está utilizando un cancelador de eco, cualquier señal de audio que se encuentre semejante será eliminada, pero se empleará mayor poder de procesamiento si es que el tiempo de reverberación es grande, por lo que, para el diseño de la sala, se deberá considerar un tiempo de reverberación mínimo. La reverberación ideal para una sala de videoconferencia, según pruebas experimentales, es igual o menor a 0.4 segundos.

5.13.7 AMUEBLADO

El amueblado está en función de la discreción de los propietarios de la sala de videoconferencia. La mayoría de las discusiones acerca de los muebles para las salas de videoconferencia terminan en la figura que deberá tener la mesa.

En la figura 5.5 se presenta una de las formas de mesa más populares, una mesa trapezoidal la cual es más ancha del extremo situado frente a los monitores de videoconferencia. Esta figura es popular porque permite a las personas alrededor de la mesa interactuar con cada uno de ellos fácilmente, al igual que con las personas situadas en el otro extremo del enlace de conferencia.

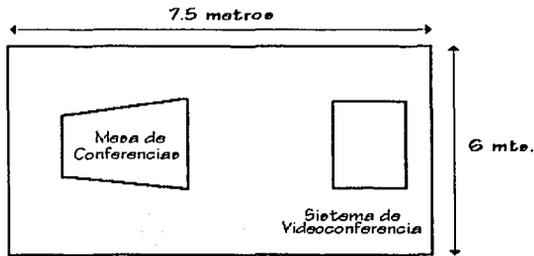


Fig.5.5 Amueblado para una sala de videoconferencia.

Es realmente una manera de preferencia individual y debería estar decidida con un buen entendimiento de los diferentes grupos que utilizan la sala.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el caso del amueblado de una sala de videoconferencia (figura 5.6), se deberá contemplar la necesidad de escritura para los asistentes, así como el espacio necesario que permita la colocación de dispositivos y materiales didácticos auxiliares (computadora, cuadernillos de estudio, etc.), además de los dispositivos propios del sistema o sala, (micrófonos si es que es el caso); esto se aplica también para el instructor.

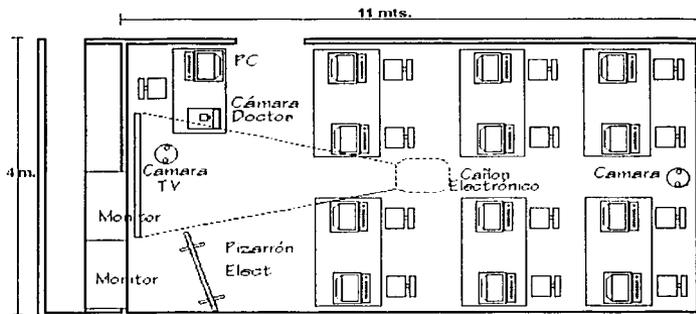


Fig. 5. 6 Distribución de amueblado en una sala de videoconferencia.

5.13.8 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE SALAS

La calidad de la audición sonora, o el ambiente acústico necesario para facilitar una escucha determinada, depende de las exigencias de empleo de los recintos, por ejemplo: en teatros, auditorios, estudios de grabación sonora, escuelas, oficinas, etc.

Los datos más característicos que deben tenerse en cuenta para obtener un buen diseño de todos los locales son:

- Niveles de ambiente de ruido.
- Tiempo de reverberación.
- Pérdidas de transmisión acústica de paredes.
- Suelos.
- Techo.

Los materiales y estructuras acústicas, se pueden describir como aquellos que tienen la propiedad de absorber o reflejar una parte importante de la energía de las ondas acústicas que chocan contra ellos.

Pueden emplearse para aislar y para acondicionar acústicamente, de diferentes maneras:

- Como estructuras para reducir la transmisión sonora.
- Como elementos para barreras y cerramientos.
- Como unidades suspendidas individuales.
- Como recubrimientos de paredes, suelos y techos.

VI RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de nuestra tesis se presentó una propuesta, para poder utilizar el sistema de videoconferencias como un medio de impartir, recibir capacitación, transmitir conocimientos e intercambiar información de manera interactiva, segura y confiable, mediante el uso del equipo View Station versión V.35 de Polycom.

Se busca introducir, tanto a los estudiantes como a los profesores, en el uso de éste método de enseñanza, con la finalidad de que puedan interactuar directamente, sin tener la necesidad de trasladarse al otro sitio, permitiendo la educación a distancia.

Analizar y explicar el funcionamiento y utilización del equipo necesario para realizar la videoconferencia, de esta forma los alumnos podrán observar la imagen y escuchar la voz del conferencista dentro de la sala asignada para ello, y permitir una interacción con el equipo y con esto retroalimentar los conocimientos teóricos.

La implementación de este servicio en la facultad aportará beneficios que ayudarán a complementar el nivel de educación impartido a los estudiantes, y si éste proyecto se integra con Red UNAM mediante DGSCA, también podrá verse como una extensión de dicha red.

Para la realización de este trabajo se solicitó apoyo a DGSCA, mediante un documento, con el fin de conseguir el equipo faltante, el descanalizador (FCD-E1) e interfaz (cable V-35), y debido a cuestiones ajenas no fue posible el préstamo de dicho equipo. Por lo cual no se implementó el enlace como se tenía previsto.

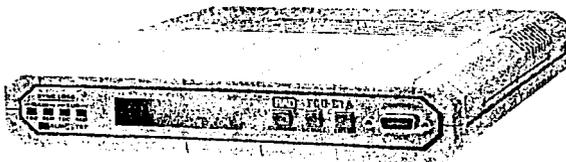
Se tomó mayor relevancia al aspecto de videoconferencia ya que el equipo View Station V.35 nos permite mandar imagen, datos y voz, y para hacer la transmisión para mandar servicio de voz (línea telefónica) se requería equipo adicional como un conmutador (PBX), así como otro descanalizador, con lo cual se incrementarían los costos los cuales no son justificables y que éste es un servicio con el que ya cuenta. Y para el caso de transmisión de datos se podría utilizar un hub o switch, conectándose al puerto ethernet, con el fin de hacer una red Lan.

Este trabajo fue con el fin de aplicar otra forma de transmitir información, ya que por el momento se encuentra ya un enlace por cable coaxial (el que se usa en el circuito cerrado de T.V), el uso de UTP y fibra óptica en el enlace de Red UNAM (de DGSCA).

Esperamos que nuestro trabajo sirva como complemento a la enseñanza que los profesores dan a nuestros compañeros de la facultad, para su desarrollo profesional.

Se anexa todas las cotizaciones que se hicieron a los proveedores, durante la realización de este trabajo.

ANEXO



CARACTERÍSTICAS

- E1 or Fractional E1 access unit
- Supports one or two data ports with selectable sync data rates: $n \times 56$ or $n \times 64$ kbps
- Optional sub-E1 drop & insert port for PABX connectivity
- Optional high performance built-in Ethernet bridge
- The E1 main link can be supplied with the following options:
 - Built-in LTU
 - Fiber optic interface
- Failure immune sub-E1 ensuring uninterrupted service (G.703 only)
- Data interfaces: V.35, RS-530, V.36/RS-449 or X.21
- SNMP agent
- Inband remote management
- Dial-in option for remote out-of-band management
- Dial-out for alarm report
- E1 interface complies with: ITU G.703, G.704, G.706, G.732, G.823
- Enhanced diagnostics include:
 - User activated local and remote loopbacks
 - Integrated BER tester
 - Fractional E1 inband loop
- Stores 24 hours of E1 network performance monitoring and last 100 alarms
- Relay activation upon alarm event
- Alarm mask configurable for any alarm

DESCRIPCION

- FCD - E1 is an access unit for E1 or Fractional E1 services. It can be used as a rate and interface converter or as an integrating multiplexer for E1 and Fractional E1 services (see Figure 2).
- FCD - E1 also operates opposite RAD's modular DXC (multiservice access node) products or other vendors, E1 equipment, for multilink star applications, such as access to SDH

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

networks. The DXCs and FCD - E1 operate together with centralized SNMP network management (see Figure 3).

- FCD - E1 can be ordered with a regular E1 (G.703) or a fiber optic link. Both configurations are also available with an optional sub-E1 drop & insert port. The unit can be ordered with either one or two data ports. The second port can be an Ethernet bridge port.

BASIC UNIT

- The basic unit includes power supply, E1 link and one data port.
- The E1 interface is compatible with virtually all carrier-provided E1 services and meets ITU recommendations G.703, G.704, G.706 and G.732. It supports either 2 or 16 frames per multiframe, with or without CRC-4. Zero suppression over the line is HDB3. The integral LTU (optional) ensures a range of up to 2 km.
- FCD - E1 can be ordered with a fiber optic link, which eliminates the need for an external fiber optic modem. The fiber optic link provides a secure link in hazardous or hostile environments. It complies with ITU standards G.921 and G.956.
- Four fiber optic interfaces are available:
 - 850 nm LED for use over multimode fiber at distances up to 5 km (3 miles)
 - 1300 nm LED for use over single mode fiber at distances up to 47 km (29 miles)
 - 1300 nm laser diode for use over single mode fiber at distances up to 62 km (38 miles)
 - 1550 nm laser diode for use over single mode fiber for extended range up to 100 km (62 miles).
- Timeslot assignment is programmable, allowing data from each data port and from the sub-E1 port to be placed into timeslots consecutively. FCD - E1 also provides additional flexibility, by giving full user control over the data ports timeslot allocation without restrictions.
- Multiple clock source selection ensures maximum flexibility for supporting different applications. The E1 main link may be clocked from the recovered receive clock, from an internal oscillator, from one of the data ports or from the sub-E1 port.
- Immunity to hardware and power failure is provided by bypassing the sub-E1 port to the main link (non fiber optic), ensuring uninterrupted service to the sub-E1 port.
- FCD - E1 is available as a standalone unit. A rack mount adapter kit enables installation of one or two standalone units, side by side in a 19" rack.

USER INTERFACE

- The following data port interfaces can be ordered: V.35, RS-530, V.36/RS-449 or X.21. The ports can operate in the following clock modes:
 - DCE transmit and receive clocks are output
 - DTE1 external transmit clock is input (coming from the user DTE)
 - DTE2 both the transmit and receive clocks are externally input
 - Invert data sampling is done using an invert clock
 - The optional built-in Ethernet bridge is a high performance remote, self-learning bridge. It is ideal as a LAN extender or segmenter over E1 link applications. The LAN table stores up to 10,000 addresses and is automatically updated. Filtering and forwarding is performed at the maximum theoretical rate of 15,000 pps (wire speed) and the buffer can hold 256 frames with a throughput latency of 1 frame. Filtering can be disabled for extender or segmenter applications.

The Ethernet port is available with either 10BaseT (UTP) or 10Base2 (BNC) interface. The Ethernet port with 10BaseT operates in full duplex mode, while the one with 10Base2 operates in half duplex.

- The optional sub-E1 port can be configured to work without CRC-4, while the E1 main link is working with CRC-4. This enables connection of E1 equipment not supporting CRC-4, over an E1 network that is working with CRC-4.

MANAGEMENT & MAINTENANCE

- Setup, control and monitoring of status and diagnostics information can be activated via:
 - Front panel LCD with three push-buttons
 - Menu-driven management
 - ASCII terminal connected to the async control port command line interpreter
- SNMP management connected to the async control port.
- FCD - E1 has an internal SNMP agent and can be controlled by any generic SNMP station or by the RADview SNMP network management application.
- FCD - E1 supports dial-in, dial-out modem connections. These connections can be used for remote out-of-band configuration, monitoring and for sending callout alarm messages using the ASCII (terminal) or SLIP protocols.
- Inband management can be performed by using the spare bits (Sa bits) on timeslot 0 or through a dedicated timeslot that supports proprietary protocol and Frame Relay RFC 1490. This allows setup, monitoring and diagnostics of the remote unit. Inband access by using spare bits on timeslot 0 is possible only if those bits are passed transparently end-to-end.
- Maintenance capabilities include user activated local and remote loopbacks at the E1 main link, sub-E1 and data ports. The user can activate a BER test for each data or sub-E1 port individually. Each data or sub-E1 port responds to an ANSI FT1 RDL (T1E1.2/93-003) inband loop code, generated from the remote FCD - E1 or DXC in a specific bundle of timeslots allocated only to that port.
- When operating with CRC-4, E1 network statistics are stored in memory according to RFC-1406. The statistic information may be retrieved locally through the control port.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APLICACIONES

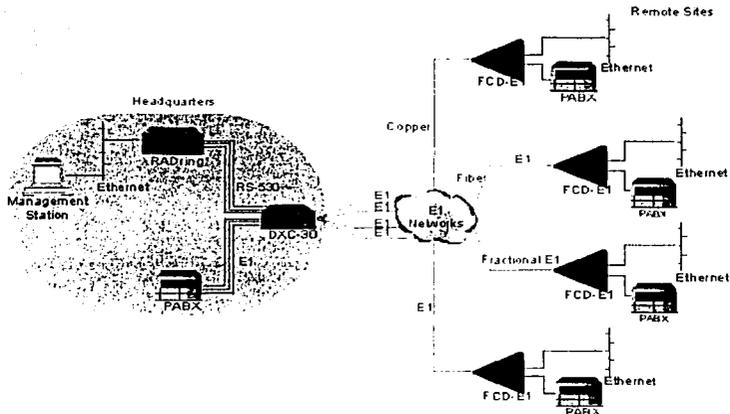


Figure 1. Extended Ethernet Management over E1 Network

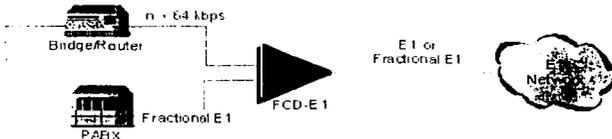


Figure 2. Connection of LAN Traffic together with PABX Traffic to E1 Network

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

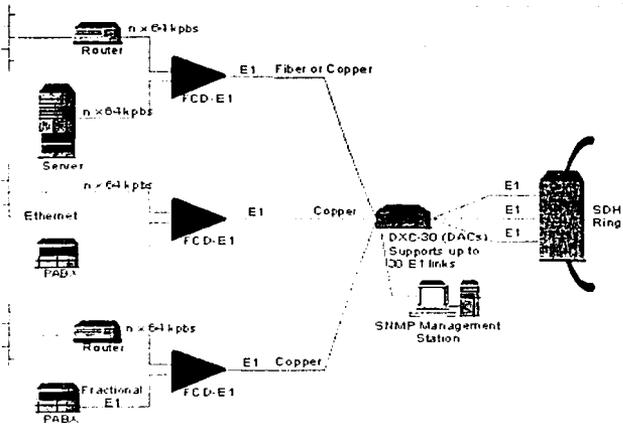


Figure 3. SDH Access Solution for Multiple Remote Sites

ORDERING

FCD - E1

E1 or Fractional E1 Access Unit

*	Specify optional drop & insert sub-link: S1 for E1 sub-link
-	Specify power supply voltage: AC for 115 VAC and 230 VAC 48 for -48 VDC
&	Specify data port interface: 530 for RS-530 interface V35 for V.35 interface X21 for X.21 interface 449 for RS-449 interface
%	Specify optional 2-nd data port interface:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	530	for	RS-530	interface
	V35	for	V.35	interface
	X21	for	X.21	interface
	449	for	RS-449	interface
	232	for	RS-232	interface
	ETU	for UTP	Ethernet	bridge (10BaseT)
	ETB	for BNC	Ethernet	bridge (10Base2)
@	Specify optional line interface: LTU for integral Line Termination Unit			
#+	Specify optional optical interface:			
#	ST for ST connector SC for SC connector FC for FC/PC connector			
+	85 for 850 nm, multimode 13 for 1300 nm, single mode 13L for 1300 nm, single mode, laser diode 15L for 1550 nm, single mode, laser diode (Default is G.703 electrical interface)			

Cables

The following cables convert the 25-pin channel connector into the respective interface. Cable length is 2m (6 ft), unless otherwise indicated.

CBL-HS2V1 to connect a V.35 DTE using DCE clock mode*

CBL-HS2V2 to connect a V.35 DCE using DTE1 clock mode*

CBL-HS2V3 to connect a V.35 DCE using DTE2 clock mode*

CBL-HS2R1 to connect an RS-449 (V.36) DTE using DCE clock mode*

CBL-HS2R2 to connect an RS-449 (V.36) DCE using DTE1 clock mode*

CBL-HS2R3 to connect an RS-449 (V.36) DCE using DTE2 clock mode*

CBL-HS2X1 to connect an X.21 DTE using DCE clock mode*

* DCE clock mode: FCD - E1 provides both transmit and receive clocks

DTE1 clock mode: FCD - E1 provides transmit clock, attached DCE provides receive clock

DTE2 clock mode: attached DCE provides both transmit and receive clocks

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Series 950 E1

23GHz Microwave Radio System

Download PDF

Download PDF Reader

Return to Product Index

**Southwest Microwave Series 950 E1
For Data and Voice Transmission
Transmission Distances from .5 mile
(800m)
to 10 miles (16km)**



FEATURES:

The Series 950 E1 Microwave Radio System is a low cost, high bandwidth, radio system capable of transporting full voice and data traffic up to 10 miles with appropriate antennas. The radio system offers the following features:

Southwest Microwave radios are designed to provide the most cost effective solutions for your data and voice communications requirements. The Series 950 E1 is the ideal choice for point to point, short distance transmission of data or voice communications.

The system consists of a modular RF unit which is housed in a weather-resistant outdoor enclosure designed to operate under a wide range of humidity and temperature conditions. An integral 2 ft. diameter antenna is standard and optional sizes are available. The data

**The Series 950 E1 23GHz
Microwave Radio System
offers the following
features:**

- CEPT1 (2.048 Mbps)
- High Reliability
- Low Power Consumption
- Integral 2 ft. Diameter Antenna
- EM/RFI protection

**The 950 E1 Radio is Ideal
for:**

- Private Networks
- VSAT Networks

TESES CON
FALLA DE ORIGEN

interface provides a standard E1 connection

The Series 950 E1 is one of a complete line of microwave radios for low capacity transmission applications for data, voice, and video

The 950's unique low power consumption and simple configuration makes the 950 an ideal choice for private data or voice networks in all regions of the world. The Series 950 provides a reliable, economical communication alternative to cables, wires or leased telco lines

Southwest Microwave's Communication Division not only offers complete engineering and installation expertise, but also comprehensive customer service and support

The Series 950 E1 is designed for rapid installation and alignment without special tools or test equipment. It is designed for ease of service and field support for years of trouble free operation in harsh weather conditions.

- Spur Feeder Routes
- PBX Trunk Lines
- Emergency Restoration



SPECIFICATIONS

General

Frequency Range	21.2 GHz - 23.8 GHz
Input Voltage	11 - 24 VDC Range
Modulation	FM
Duplex	Full Duplex
T/R Separation	1.2 GHz (Adjustable to any CCIR Rec. 637 plan)
System Gain	172 db w/2ft. Antenna
Power Consumption	35 W
Size	26 in. diameter X 14 in. depth
Weight	20 Lbs. (9 kg)
Mounting	Bracket attachment to 2.5 in. dia. pole

Antenna

Polarization	Vertical or Horizontal
Size	24 in. (60 cm) 2ft. 48 in. (120 cm) 4ft.
Gain	39 dBi - 2ft. 44 dBi - 4 ft.
Beamwidth	1.6 degrees (3 dB) 0.8 degrees (3 dB)

Environmental

Operating Temperature	-30C to +55C
Storage Temperature	-40C to +65C
Relative Humidity	Up to 100%
Wind Loading	Withstand 125 mph wind

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Emission Designator 24M0F1D
 FCC Identifier CA8950

Transmitter
 Power Output 18 dBm (Typical)
 Frequency Stability +/- .03 %
 Type Gunn Diode Oscillator

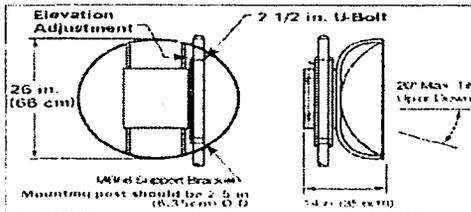
Receiver
 Sensitivity (IE-6 BER) -76 dBm
 Type Single Conversion with AFC
 Noise Figure 12 dB
 IF Frequency 140 MHz

Radio Interconnections

Data Interface CEPT1: 75 ohm RG59 2.048 Mbps +/- 50ppm
 Line Build-Out CEPT1: None
 Digital Interface Standard CCITT G.703
 Interconnection CEPT1: Two 3 position Terminal strips; Two 75 ohm BNC (female) connectors

Alarms

Transmit Alarm TXLOS
 Receive Alarm RXLOS
 Local Loopback LLB



Series 950 Mechanical Detail



E1 Voice and Data Wireless Interconnection

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



Polycom ViewStation

Video Comunicaciones de alto rendimiento, de fácil uso y a precios accesibles



- ▼ Imágenes de alta calidad—video mejorado de 15 cuadros por segundo a 128 kbps y 30 fps a 384/768 kbps
- ▼ Excepcional calidad sonora—escuche todo lo que se dice con la claridad del audio digital full duplex de Polycom, con supresión de ruido y eliminación de eco
- ▼ Tenga reuniones de videoconferencia más naturales—la cámara con seguimiento de voz y seguimiento a una ubicación predeterminada enfoca automáticamente al orador
- ▼ El sistema de presentación integrado basado en la web—hace fácil compartir gráficos y diapositivas como parte de su videoconferencia
- ▼ Sistema de fácil uso—instalación y montaje sencillos con interfaz gráfica intuitiva del usuario
- ▼ Las capacidades de concentrador y servidor de la Web incorporadas—permiten el control, el diagnóstico, así como simples actualizaciones de software a distancia a través de Internet/Intranet
- ▼ Garantía estándar de tres años

Un nuevo estándar para sistemas de comunicación de video grupales, Polycom® ofrece un modelo de videoconferencia optimizado para el tipo de empresas. Cada uno de ellos ofrece calidad y rendimiento superiores y contenidos programados en un tamaño compacto y de fácil uso solo por una fracción del precio de otros sistemas. ViewStation es ideal para la mayoría de las aplicaciones de videoconferencia y proporciona conectividad a la red a través de una variedad de protocolos y velocidades.

ViewStation es uno de los primeros sistemas en implementar la norma de video H.263+ para mejorar la calidad de video hasta 30 fps. Asimismo, es el primer sistema de comunicación de video en incluir un servidor de la Web y de conferencia a través de la Web. Para presentaciones rápidas y sencillas, es posible enviar diapositivas de PowerPoint® de Microsoft® a través de la Web desde una PC o mostrarlas localmente o a distancia, para mostrarlas durante una videoconferencia.

ViewStation V.35 ofrece video en tiempo real de hasta 768 kbps a 30 fps, y permite que los clientes en redes LAN públicas como privadas en todo el mundo utilicen ViewStation en toda su organización. Los usuarios pueden conectarse a equipos de comunicaciones de datos externos (DCE) mediante redes Ethernet, banda Base, FR1, FR1.1, E1, modems por cableado o ATM.

Todos los modelos ViewStation son compatibles con los sistemas de videoconferencia basados en IP y ofrecen además la capacidad de admitir llamadas en H.323 hasta 768 kbps.

La arquitectura QoS de Priority!™ ofrece un mejor manejo de redes y tráfico mediante diagnósticos en pantalla, precedencia IP, control de paquetes y fluctuaciones, y control de velocidad asimétrica pasiva para audio y llamadas en IP. Gracias a la introducción y soporte de este nuevo diseño QoS, Polycom puede ofrecer un medio de comunicación más eficaz a través de redes de banda ancha.

Sendo compatible con sus sistemas de comunicaciones de video actuales, cada ViewStation se basa en los estándares y puede operar junto con otros sistemas. Gracias a sus reducidas dimensiones, ViewStation cabe cómodamente sobre un monitor compuesto o de S-Video de cualquier tamaño. Adicionalmente, ViewStation ofrece la tecnología de audio de Polycom, líder en el mercado, con un micrófono extensible para ofrecer una máxima claridad sonora con sus videoconferencias pequeñas y medianas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ViewStation—ofrece un poderoso sistema de video comunicaciones para cualquier organización. Es ideal para utilizarlo en salas de conferencia medianas y grandes para una amplia variedad de aplicaciones tales como:

- ▼ Educación a distancia o capacitación empresarial—envíe materiales didácticos a lugares distantes de inmediato, o contrate a conferencistas invitados sin las implicaciones del tiempo y costo del viaje
- ▼ Llevar a cabo reuniones de personal, de comité y grupales con subsidiarias en diferentes oficinas.

Control remoto (estándar)

- ▼ Opere ViewStation desde cualquier lugar en su sala de conferencias con este control remoto práctico y de fácil uso.



Micrófono extendido (estándar)

- ▼ Use el micrófono extendido de Polycorn para una claridad sonora aún mayor en salas de conferencia de cualquier tamaño.



Especificaciones técnicas de ViewStation 128, H.323, 512 y V.35

Estándares compatibles

ViewStation 128, 512, V.35
ITU-T H.320 (parte H.321)

ViewStation H.323

H.323

Estándares de video

H.261, H.263, H.263+ Annex 1, H.264

Otros estándares compatibles con ITU

ViewStation 128, 512, V.35
ITU-T H.320 (parte H.321), H.321, H.322, H.323, H.324, H.324+ Annex 1, H.324+ Annex 2

ViewStation H.323

Control de cámara remota H.271

Resolución de video

640 x 480

Resolución gráfica

Formato de transmisión de diapositivas
640 x 480 (30 fps) a 4:3

Captura de imágenes de gráficos

640 x 480 (30 fps) a 4:3

Frecuencia de cuadro

ViewStation H.323 H.261 30 fps a 4:3
ViewStation H.323 H.263 30 fps a 4:3
ViewStation H.323 H.263+ 30 fps a 4:3
ViewStation H.323 H.264 30 fps a 4:3

Velocidad de transmisión

Velocidad de transmisión	H.323	H.323+
ViewStation H.323	64 a 256 Kbps	64 a 256 Kbps
ViewStation H.323+	64 a 256 Kbps	64 a 256 Kbps
ViewStation H.323 H.261	64 a 256 Kbps	64 a 256 Kbps
ViewStation H.323 H.263	64 a 256 Kbps	64 a 256 Kbps
ViewStation H.323 H.264	64 a 256 Kbps	64 a 256 Kbps

Entradas de video (NTSC o PAL)

Cámara principal

1 Canal de Video con Puerto

Cámara documental

1 Canal

VCR (para reproducción)

1 Canal

Salidas de video (NTSC o PAL)

Monitor principal

1 Canal de Video con Puerto

Segundo monitor

1 Canal

VCR (grabación)

1 Canal

Sistema PIP automático del monitor principal

Encendido automático, cambio automático, apagado automático

Cámara principal integrada

Sensor de imagen

1/3" CCD de 1/3 de pulgada

Lente

Acracamiento 12x, 1.8, 1.1 a 61.8 mm

1.1 a 2.7 mm enfoque automático

Equilibrio blanco

Automático

Posiciones predeterminadas

15 posiciones predeterminadas de la cámara local

15 posiciones predeterminadas para cámara remota

Técnica de seguimiento

Seguimiento de voz o sensor con 4 posiciones predeterminadas

Estándares de audio

G.723.1, G.722, G.711

Polycorn Acoustic Plus 216

Audio digital full dúplex

Análisis de voz mediante adaptación automática

Control automático de ganancia

Formación automática de ruido

Entradas/Salidas de audio

Entrada de nivel de línea

Desplazada

Conector

RCA

Salidas de audio derecha y izquierda de 1/4 pulgadas

1 canal RCA

Soporte de micrófono digital

Cobertura de 160°C

Los micrófonos tienen 3 electretos hipercardioides

Cobertura omnidireccional

Es posible conectar hasta 2 soportes

Micrófono incorporado

(donde este aprobado)

Auto-ajustado para terceros

Control a distancia

Diagnóstico extendido y actualizaciones de software

a través de PC, LAN o subredada

Compatible con Global Management System

y Global Address Book de Polycorn

Conectividad con

Ethernet/Internet/Intranet

Compatible con TCP/IP, DNS, WINS, SNMP, DHCP, ARP, WWW, Isp, Telnet

Concentrador de Ethernet 10/100 Mbps

Interfaz V.120 con ShowStation™ II, WebStation™ y

Microsoft® NetMeeting™

Teleconferencia a través de la Web

Aplicaciones Compatibles

Sistema integrado para presentaciones compatible

con Microsoft® PowerPoint y Biz2000™

Polycorn SNAP para la captura de gráficos de alta

resolución

VGA IN con convertidor de cámara opcional

Capacidades de lectura

Lectura de datos compatible con ShowStation™

opcional

Interfases de red

ViewStation 128 y 512

ISDN compatible con los protocolos Net 1, SL55,

DM5100, E.151

Configuración automática de red

Auto SPID y selección de canalizador

ViewStation V.35

192Ks a 48K; admite conversión directa a disco

RS-366

Compatible con el modo de transmisión H.311

ViewStation H.323

Actualización opcional a 512, 64K y 32K, o DCP

Electricidad

Fuente de energía con sensor automático

Voltage/energía de operación

90-260 VCA; 47-63 Hz/40 vatios

Propiedades Físicas

Dimensiones

33 cm x 20 cm x 15 cm

Peso

2,7 kg (6 libras)

Idiomas Compatibles:

Inglés, francés, alemán, español, italiano, chino y

japónes

Garantía

1 años, incluyendo repuestos y mano de obra



POLYCOM

Polycorn, Inc. 1565 Barber Lane Milpitas, CA 95035

1-408-526-9000 • Fax 1-408-526-9100

www.polycom.com

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS DE COMPUTO ACADEMICO

ACT. FABIAN ROMO
SUBDIRECTOR DE LA TECNOLOGIA PARA LA EDUCACION

Por este medio solicitamos el apoyo que se nos pueda brindar en la conclusión del proyecto de tesis de licenciatura para la Facultad de Ingeniería, en el cual se quiere transmitir voz, datos y video conferencia, por medio de microondas.

El apoyo que se solicita al departamento que tiene a su cargo, sería para el préstamo de dos descanalizadores FDC-2 o FCD-E1 y dos cables V-35 para ViewStation (equipo Polycom).

Este préstamo sería con el fin de hacer pruebas en el enlace.

Se anexa un diagrama del equipo que hasta hora cuenta dicha Facultad.

Por su atención gracias.

MIGUEL ANGEL CUEVAS GARCIA
ROBERTO CLEMENTE LOPEZ MURILLO

Asesor de la TESIS


ING. J. FERNANDO SOLÓRZANO PALOMARES

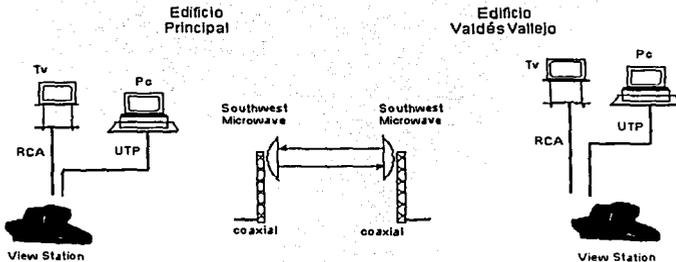
CD. Universitaria D. F. a 25 de OCTUBRE del 2002

Gracias.

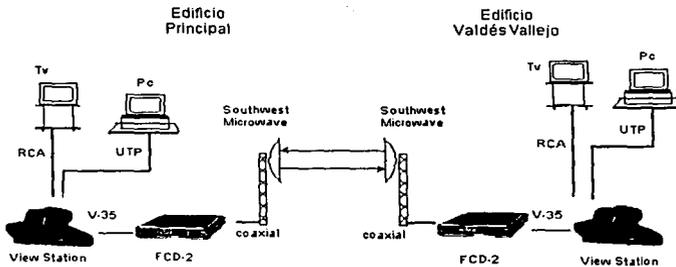

STE-DGSDA
20-10-02.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este es el diagrama del quipo con el que hasta la fecha se cuenta.

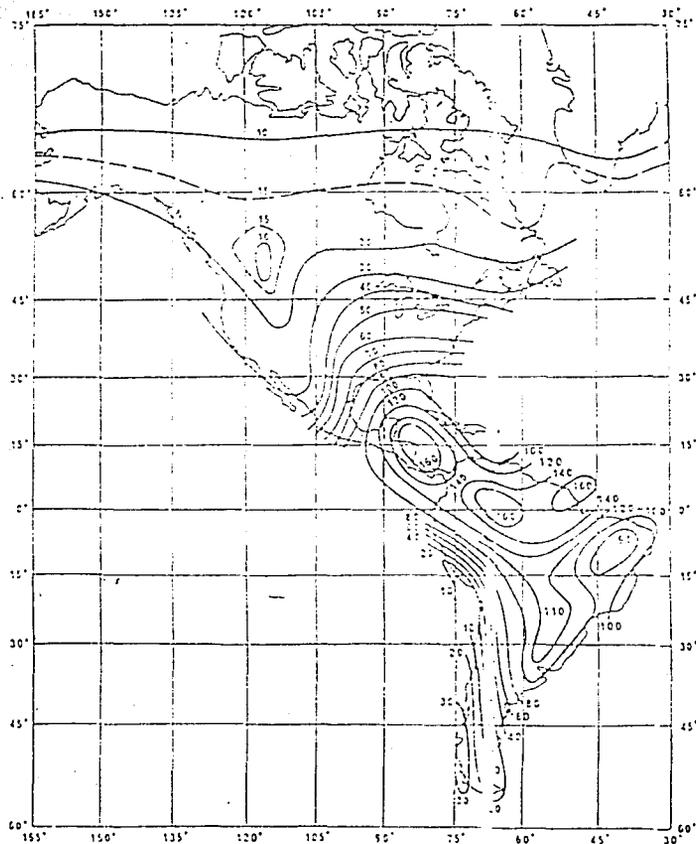


Y este es el diagrama final para poder realizar el enlace.



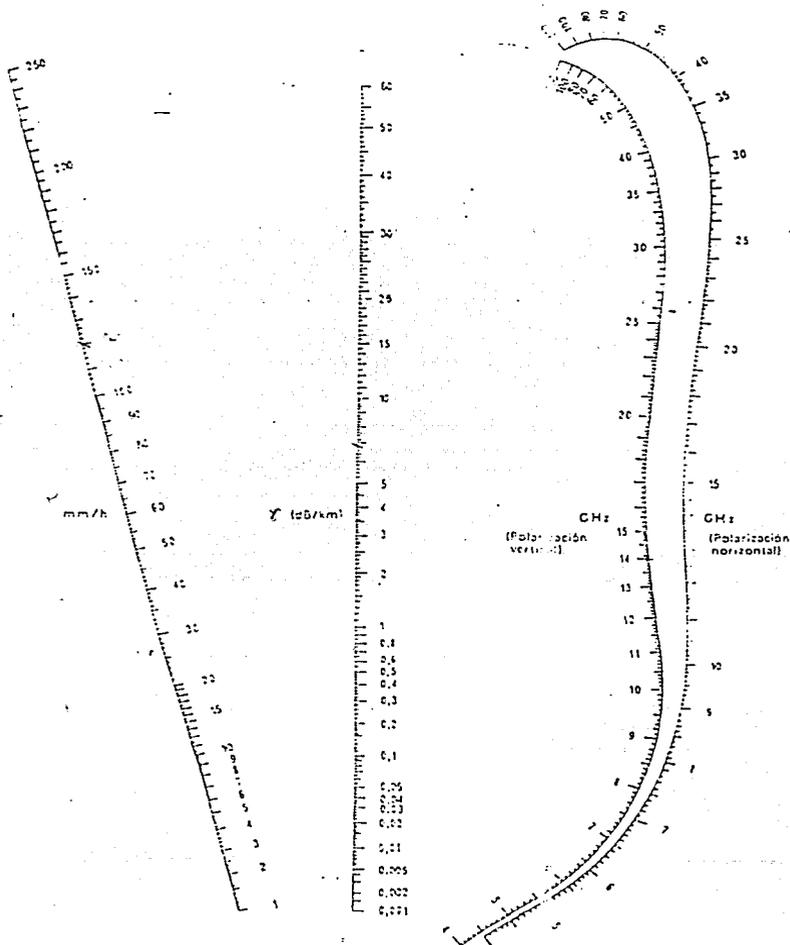
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONTORNOS DE INTENSIDAD DE LLUVIA
(mm/h)(EXCEDIDA 0.01% DEL TIEMPO EN UN AÑO
PROMEDIO)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

COEFICIENTE DE ATENUACION POR LLUVIA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



DISITEM TELECOMUNICACIONES, S.A. DE C.V.

Av. Vértiz # 886. Col. Narvarte México, D.F., C.P. 03020
Tel. Fax: 56 69 02 20, 56 69 00 97

Propuesta Económica

12 Noviembre 2002.

Institución:	UNAM- Instituto de Geografía
Dirección:	Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán México, D.F. 04510
Atención:	Ing. J. Fernando Solórzano Palomares
Teléfono:	5622 4334 ext. 44805, 45497

Propuesta de equipo de comunicaciones complementario

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (USD)	SUMA (USD)
1	1	Descanalizador Marca RAD Modelo FCD-E1, 1 puerto V.35. 115 Volts	\$ 1,416 00	Opcional
2	1	Descanalizador Marca RAD Modelo FCD-E1, 2 puertos V.35. 115 Volts	\$ 1,476 00	\$ 1,476 00
		Descuento	8%	\$ 118 08
1	1	Cable para equipo de videoconferencia POLYCOM Viewstation (DB-25 Winchester) Manufactura DISITEM	\$ 170 00	\$ 170 00

Subtotal (Usd): \$ 1,527 92

I.V.A. (15%) (Usd): \$ 299 18

Gran Total (Usd): \$ 1,757 10

disitem
TELECOMUNICACIONES

DISITEM TELECOMUNICACIONES, S.A. DE C.V.

Av. Vértiz # 886, Col. Narvarte México, D.F. C.P. 03020
Tel./Fax: 56 69 02 20, 56 69 00 97

Propuesta Económica

12 Noviembre 2002.

Institución: UNAM- Instituto de Geografía
Dirección: Cd. Universitaria , Delegación Coyoacán México, D.F. 04510
Atención: Ing. J. Fernando Solorzano Palomares
Teléfono: 5622 4334 ext. 44805, 45497

CONDICIONES COMERCIALES

PRECIOS

- Cotizados en Dólares Americanos (USD) y no incluyen el I.V.A., a menos que se especifique. Favor de verificar la abreviación USD
- No incluye viáticos. No se cobrarán viáticos en las ciudades donde DISITEM posee oficina (DF, Monterrey, Guadalajara).

FORMA DE PAGO HARDWARE

- 50 % De anticipo
- 50 % A la entrega de los equipos en sus almacenes

FORMA DE PAGO INSTALACIÓN (En caso de cotizarse)

- 100 % Al término de los trabajos de instalación, configuración y puesta a punto.

TIEMPO DE ENTREGA

- 2 semanas a partir de la fecha de recepción del anticipo y pedido

INSTALACION. (En caso de cotizarse)

- A partir de la entrega de material y/o equipo, cuando el cliente lo disponga coordinando previamente las fechas para realizar esta operación y su duración es de aproximadamente 1 día, contando con la colaboración del cliente
- Es necesario la entrega de un Plan de Trabajo que contemple las responsabilidades de DISITEM Telecomunicaciones y las correspondientes al cliente

SEGUROS

- Los equipos cuentan con un seguro de transporte, hasta la entrega al personal del cliente o su almacén.

GARANTIA

- El equipo RAD, tienen una garantía de 12 meses a partir de la instalación del sistema.

VIGENCIA DE LA PROPUESTA

- La vigencia de la propuesta económica es de 30 días a partir de la fecha de recepción por parte de la Institución

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DISITEM Telecomunicaciones, S.A. de C.V.
Calle de la Universidad 886, Col. Narvarte, México, D.F. 03020
Tel. 56 69 02 20, 56 69 00 97



Soluciones Integrales para Oficina, S.A. de C.V.
CALLE 47 NO. 187 COL. LINDAVISTA MÉXICO D.F. CP 07060 TEL: 5770194 TELS/FAX: 5772729 R.F.C. 570-930437-003

FAX

FECHA 17-10-2002

EMPRESA

UNAM/FACULTAD DE INGENIERIA

PARA: ING. J. Fernando Solórzano Palomares

DE: ING. RAFAEL TOVAR PERAFAN

Nº de Hojas: Incluyendo la portada 3

Unidad corporativa



POLYCOM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Soluciones Integrales para Oficina

Cotización

CLIENTE	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	FOLIO :	0348-2002
	FACULTAD DE INGENIERIA	FECHA :	17 Oct 02
	CUADRO UNIVERSITARIA	NO. DE HOJAS	1/2
ING. J. Fernando Salazar Palomares		AGENTE	RTP
CAN	DESCRIPCION	PRECIO DE LISTA	IMPORTE
:	CONVERTIDOR RAD MODELO FCD-E1	1,400.00	1,400.00
:	CABLE V 35 PARA VIEWSTATION	150.00	150.00

ING. RAFAEL ROVIER PERAFAN



POLYCOM
Advanced Telepresence Solutions

HEARTLAND 187 COL. LINDAVISTA MEXICO DF. TEL. 55772729 55772736 TEL/FAX 55773384

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

COT: AeD/UNAM/V1/MS&AT/01
 CLIENTE: UNAM
 CONTACTO: ING. ROBERTO LÓPEZ
 SISTEMA: FCD Y CABLE
 FECHA: NOVIEMBRE 13, 2002.

Descanalizador Marca RAD, Para E1 y Fraccional E1 con interfaz V.35.
 Cable para equipo POLYCOM V.35

ITEM	DESCRIPCION	PARTE	Q	SUBTOTAL		IMPORTE	
				USD		USD	
1	DESCANALIZADOR/CONVERTIDOR DE INTERFACE MARCA RAD CSU/DSU PARA E1 Y FRACCIONAL E1 DE UN PUERTO V.35, SOPORTA ADMINISTRACION SNMP Y ACTUALIZACIONES A 2XV.35 Y SUPLENAL E1 (CONFIGURACION VIA PANEL LCD	FCD E1/AC/V35	1	\$1,460.00		\$1,460.00	
2	Cable V.35 CABLE V.35 para equipo POLYCOM	G2452-08531-001	1	\$379.99		\$379.99	
				SUBTOTAL		\$1,839.99	
				INSTALACION		\$184.00	
				TOTAL		\$2,023.99	

CONDICIONES COMERCIALES:

- * PRECIO DADO EN DOLARES AMERICANOS SIN IVA
- * LA PRESENTE NO INCLUYE I.V.A.
- * TIEMPO DE ENTREGA DE 1 SEMANA
- * FORMA DE PAGO, 100% CONTRA ENTREGA
- * COTIZACION VALIDA POR 7 DIAS A PARTIR DE HOY

Atentamente

Ing. Ricardo Torres Sandoval
 E-mail: rts@comtel.net
 Alcatel Business Distribution

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CUADRO COMPARATIVO

	SIO	ALCATEL	DISITEM
DESCANALIZADOR MARCA RAD MODELO FCD-E1	\$ 1,400.00	\$ 1,460.00	\$ 1,357.92
CABLE V-35 PARA EQUIPO POLYCOM	150.00	379.99	170.00
IVA 15 % (Usd)	232.50	276.00	229.19
TOTAL (Usd)	\$ 1,782.50	\$ 2,115.99	\$ 1,757.10
TOTAL DE 2 DESCANALIZADORES Y 2 CABLES (Usd)	\$ 3,565.00	\$ 4,231.98	\$ 3,514.20

142

BIBLIOGRAFÍA

Joseph J. Carr., *Practical Antena, Hand Book*, Second Edition, Mc. Graw – Hill, INC.

Thomas W. Madron, *Redes de Área Local*, Grupo Noriega Editores, 1ª Edición en Español, 2ª Edición en English

Néstor González Sainz, *Comunicación y Redes de Procesamiento de Datos*, Mc. Graw–Hill

Ulyess Black, *Redes de Computadoras, Protocolos, Normas e Interfaces*, 2ª Edición

SC.T. *Técnicas y Sistemas de Microondas*. Tomo I, II, III. Edición del Departamento de Planeación

Ferrer G. Stremler. *Sistemas de Comunicación*, Edición Alga Omega

Giuseppe Biondo - Enrico Sacchi, *Manual de Electrónica y Telecomunicaciones*, Ediciones Omega S.A., Cap. VIII

Referencias de Internet

<http://esupport.polycom.com/downloads/video.html#vv>
http://www.polycom.com/la/support/product_docs/video_Video_Accessories.pdf
http://esupport.polycom.com/downloads/video/viewstation/fx/fx_rs232cable.pdf
http://esupport.polycom.com/downloads/video/viewstation/vs4000/vs_rs232cable.pdf
http://esupport.polycom.com/downloads/video/viewstation/fx/pe_fxvs_stream.pdf
http://esupport.polycom.com/downloads/video/viewstation/fx/fx_rs449_rs366cable.pdf
http://esupport.polycom.com/downloads/video/fxv35_rs366cable.pdf
http://esupport.polycom.com/downloads/video/viewstation/fx/fxv35_ascendcable.pdf
<http://esupport.polycom.com/downloads/video/viewstation/miccable.pdf>
http://www.geocities.com/coaxiales_index.htm
<http://facyt.uc.edu.ve/~rodrigu/redes/exposiciones/a2>
<http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/radio2/radio2.html>
<http://web.use.es/~elusive/simula2.html>
<http://www.inf.unitra.edu.pe/~ewrg/Teleproc/proceso4.html>
<http://www.einstrum.unam.mx/Metrologia/bvo.pdf>
<http://www.telcor.gob.ni/Documentos/Formatos/PDF/Formato5.pdf>
http://www.polycom.com/la-products/net_mgmt_family.html
http://www.polycom.com/la-products/gms/gms_faqs.html
http://www.southwestmicrowave.com/smicom_data/ds950e1.html
<http://www.telcor.gob.ni/Documentos/PDF/Documento12.pdf>
http://www.efi.gob.mx/html/9_publica_espectro/26ago98.html
<http://www.rad.com/products/family/fed-e1/fed-e1.htm>
<http://www.comunicaciones.uitronics.es/tecnologia/11.323.html#>
<http://www.famdiver.com.ar/gps1.htm>

<http://www.qsl.net/ex3no/condx.htm>

<http://inicia.es/de/canal20fm/propagac.htm>

http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/34/html/sec_8.htm

<http://www.unam.mx>

http://www.ingenieria.unam.mx/menu_principal.html

http://www.swisswireless.org/wlan_cale_es.html