



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGÓN"**

**"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL
ESPECTRO RADIOELECTRICO EN LA BANDA
DE 7125-7425 MHz. UTILIZANDO TECNOLOGIA
SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)
EN LA ZONA CENTRO DEL PAÍS"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N:
MARIO DÍAZ NIETO
EDUARDO RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
FRANCISCO JAVIER BALLESTEROS TORRES

ASESOR: ING. RAUL BARRON VERA



MÉXICO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2001



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.

PAGINACION DISCONTINUA

Agradezco a Dios que me permitió terminar mis estudios.

A mi familia por todo el apoyo que me brindo durante la carrera.

A mis sinodales que me proporcionaron su valiosa orientación para enriquecer este trabajo.

Al ing. Raúl Barrón Vera por apoyarme en todo momento de la carrera y durante la realización de este trabajo.

A mis amigos que me alentaron para concluir esta etapa de mi vida profesional.

Gracias

Mario Díaz Nieto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A mi familia:

Mis Padres

**Sr. José Carmen Rodríguez Martínez y
Sra. Imelda González Piña**

Mis hermanas

**Patricia y
Rosa**

**Por su ejemplo y apoyo, que son lo más valioso que he
aprendido en la vida**

A mis amigos

**Javier Ballesteros
Mario Díaz
Enrique Guerrero
José Antonio Venegas**

Por compartir conmigo los años en la Universidad

MIL GRACIAS

EDUARDO RODRÍGUEZ

AGRADEZCO LA OPORTUNIDAD QUE ME DA DIOS POR VIVIR Y A MI MAMA FELIPA TORRES QUE CON SU APOYO PUDE CULMINAR MIS ESTUDIOS PROFESIONALES Y A MI PAPA JOSE C. BALLESTEROS QUE FUE UN GRAN EJEMPLO PARA MI, GRACIAS POR LA MEJOR REFERENCIA QUE ME DIERON.

MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO PARA MI BELLA ESPOSA J. VERÓNICA TAPIA QUE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS DE MI CARRERA ME TUVO PACIENCIA Y ME IMPULSO PARA FINALIZARLA.

A MIS HERMANOS LIBORJO, EDITH, ALFREDO, OSCAR, JORGE, MA. DEL CARMEN QUE ME IMPULSARON PARA PODER FINALIZAR MIS ESTUDIOS Y SIEMPRE ESTUVIERON CON MIGO.

UN AGRADICIMIENTO A TODOS MIS AMIGOS EDUARDO RODRÍGUEZ, J. LUIS VARGAS, ENRIQUE GUERRERO, MARJO DIAZ, CARLOS ALANIS, SALVADOR RODRÍGUEZ, EDUARDO CUETO Y JOEL ZAVALETA QUE CON SU APOYO DIRECTO O INDIRECTO APORTARON PARA PODER TERMINAR UNA META MAS EN MI VIDA.

A TODOS CON EL MAS SINCERO RESPETO

MUCHAS GRACIAS.

FCO. JAVIER BALLESTEROS TORRES

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	7
CAPITULO 1: SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS	8
1.1 Definición de sistemas de relevadores radioelétricos	8
1.1.1 Ventajas y limitantes de la implementación de sistemas de relevadores radioelétricos	9
1.2 Conformación de un sistema de microondas terrestres	11
1.3 Factores a ser considerados en el diseño de los sistemas de relevadores radioelétricos	14
1.4 Terminología	29
1.5 Arquitectura de los sistemas de relevadores radioelétricos digitales	41
1.5.1 Transmisor de radio	41
1.5.2 Receptor de radio	42
CAPITULO 2: SISTEMAS DE MULTIPLEXACIÓN	44
2.1 Definición de sistemas de multiplexación por impulsos codificados (PCM).	49
2.2 Señales digitales	69
2.3 Estructuras jerárquicas	77
2.4 Estructura PDH y SDH	83
2.5 Características y diferencias entre los sistemas PDH y SDH	98
2.6 Recomendaciones para el uso de PDH y SDH	101

CAPITULO 3: PLAN DE CANALIZACIÓN DE LA BANDA 7125-7425 MHz	107
3.1 Plan de canalización actual de la banda de frecuencias de 7125-7425 MHz	107
3.2. Ocupación de la banda de 7125-7425 MHz en la zona centro del país	109
3.3 Nuevo plan de canalización de la banda de 7125-7425 MHz	109
3.4 Posibilidad de convivencia de la tecnología actual y la que se propone	112
CAPITULO 4: IMPACTOS DE LA NUEVA CANALIZACIÓN	118
4.1 Beneficios que generaría esta nueva canalización	118
4.2 Efectos que se generarían en los actuales usuarios de la banda	118
4.3 Comparación de los sistemas de microondas analógicos y digitales	119
4.3.1 Esquemas de modulación analógica	121
4.3.2 Técnicas de modulación digital	122
4.3.3 Compatibilidad electromagnética en los sistemas de microondas terrestres	123
4.3.4 Efectos de las interferencias en radiofrecuencia	126
CONCLUSIONES	127
LISTADO DE ACRONIMOS	129
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	143

INTRODUCCIÓN

Toda una diversidad de técnicas y Servicios de Radiocomunicaciones constituyen, en nuestros días, medios esenciales para las economías de los países, el bienestar y la seguridad de sus poblaciones. Todos esos servicios aprovechan un mismo recurso "el espectro de frecuencias radioeléctricas, dado que es precisamente a través de tales que resulta posible el envío y recepción de voz, datos, signos, imágenes, textos y sonidos de manera controlada" para poder hacer realidad unas comunicaciones efectivas que respondan a los fines siguientes:

- Proporcionar radioenlaces esenciales en las redes de telecomunicación públicas;
- Asegurar la eficacia y seguridad del transporte marítimo, aeronáutico y terrestre;
- Promover la integración de cada país, apoyando a las actividades de la agricultura, ganadería, pesca, minería, comercio, etc.
- Prestar servicios de radiodifusión informativos y de entretenimiento;
- Coordinar acciones de auxilio y emergencia en los casos de desastre y seguridad nacional;
- Realizar pronósticos del tiempo;
- Estudiar los recursos naturales del planeta; y,
- Realizar muchas otras funciones necesarias en la sociedad actual.

El espectro radioeléctrico difiere completamente de otros recursos tales como los minerales, el agua, los combustibles fósiles, etc., y para entender la complejidad del problema es preciso tener en cuenta las características siguientes:

- Es un recurso que se utiliza, no se consume y que se desperdicia cuando, en caso de poder adquirir la infraestructura correspondiente, no es usado.

La Administración del recurso exige la atribución de ciertos segmentos para necesidades previstas, pero no comprobadas, a fin de permitir el desarrollo de los equipos, las técnicas y los servicios propuestos. Sin embargo, puede resultar inútil reservar indefinidamente una banda de frecuencias para una necesidad futura prevista si se ha comprobado ya la necesidad de esas bandas para otras aplicaciones.

- Este recurso tiene dimensiones de espacio, tiempo y frecuencia, estando interrelacionadas las tres.

Como ejemplo, las dimensiones de espacio y frecuencia del espectro permiten la reutilización del recurso en distintas regiones geográficas, con arreglo a las características físicas de propagación de la frecuencia específica elegida. Asimismo, el tiempo y la frecuencia son intercambiables en la misma región. Es decir, en donde no puede aprovecharse el factor geográfico sólo cabe una compartición de las frecuencias, como es práctica corriente en la actualidad.

- Es un recurso internacional disponible para todos.

Por su naturaleza y características de propagación las ondas radioeléctricas no pueden ser limitadas a los contornos de las fronteras nacionales, por lo que existirán las mismas probabilidades de que pueda interferir inadvertidamente a las atribuciones del espectro de un país vecino, y de que sufra interferencia del mismo modo, lo que en ambos casos aumentará el derroche de espectro de todo el mundo.

- Este recurso está sujeto a contaminación.

El ruido radioeléctrico contamina y reduce la utilidad de ciertos segmentos del espectro en el momento actual.

Así, el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado cuya utilización compartida requiere de una regulación cuidadosa, a fin de evitar la aparición de interferencias que interrumpen o resten eficacia a los diversos servicios de radiocomunicaciones.

Al respecto, actualmente existe un cúmulo vertiginoso de posibilidades, resultado de los progresos que se realizan en los países desarrollados, en tecnologías tales como la microelectrónica y la informática, que cada 12 a 18 meses duplican la

capacidad de tratamiento y la rapidez de transferencia de datos, y que al aplicarse en el ámbito de las radiocomunicaciones han vigorizado el crecimiento de los sistemas nombrados "digitales", obteniéndose con éstos un mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.

Sin embargo, México enfrenta enormes retos para comunicar a su población, debido a diferentes causas y una de ellas es precisamente la alta dependencia de dichas tecnologías; la infraestructura de telecomunicaciones necesaria es por ende diversa, tanto en tecnología como en extensión y volumen, según la región y la población a la que se sirve.

Por otra parte, así como han ido desarrollándose las diferentes tecnologías de radiocomunicaciones, el espectro utilizado se ha extendido a frecuencias cada vez más altas. Esto a su vez ha incrementado de sobremanera la necesidad de una regulación del espectro radioeléctrico cada vez más especializada en cuanto a la diversidad de tipos de servicios de radiocomunicaciones, y de tecnologías existentes y futuras. De modo que, dentro del esquema regulatorio de los organismos nacionales (de la mayoría de los países) encargados de vigilar el uso de las frecuencias radioeléctricas (o radiofrecuencias), los aspectos concernientes a los servicios fijos y móviles se regulan en forma separada de los aspectos referentes a los servicios de radiodifusión. En México se ha seguido tal esquema.

El primer capítulo expone las nociones acerca del funcionamiento de los enlaces radioeléctricos, en el cual se definen los conceptos que se han de utilizar en

capítulos posteriores, así como una idea precisa de la naturaleza de la propagación de las señales y como es necesario tomar en cuenta sus características en el diseño e implementación de nuevos sistemas de microondas. También se mencionan las características de operación de un transmisor y un receptor de radio.

El segundo capítulo está dedicado a la explicación de los sistemas SDH, en él se muestran desde los principios de la multiplexación, que permiten obtener una mejor comprensión de la conformación de las tramas SDH, los sistemas de multiplexaje, velocidades de transmisión, conversiones analógico digital y viceversa, preparando al lector para una combinación de los elementos de enlaces radioeléctricos y sistemas de multiplexaje de alta velocidad.

El tercer capítulo abarca el estado actual de la banda de 7125 - 7425 MHz, es decir, muestra el plan de canalización actual, basado en tecnología analógica que no optimiza al máximo el espectro radioeléctrico, muestra además, como es posible crear un nuevo plan de canalización que permita la convivencia de la tecnología de los enlaces ya existentes con enlaces basados en nuevas tecnologías que puedan manejar velocidades mayores de transmisión.

Finalmente el cuarto capítulo explica el porque es benéfico la creación de este nuevo plan, ya que permite optimizar recursos y satisfacer los requerimientos de nuevos enlaces en la banda mencionada, asimismo se hace una comparación de los sistemas analógico y digital.

Se incluyen además algunas descripciones de las normas que rigen los lineamientos de los sistemas SDH, como complemento y referencia al capítulo 2.

OBJETIVO:

Proponer un nuevo plan de la banda de frecuencias que permita el uso de un mayor número de radiocanales en la banda de 7125 - 7425 MHz, utilizando tecnología SDH, con el fin de optimizar el uso del espectro radioeléctrico en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Distrito Federal, México, Morelos, Puebla y Querétaro.

Analizar la factibilidad de una nueva segmentación en la banda de 7125 - 7425 MHz, en la zona centro del país.

Debido a la gran cantidad de enlaces via microondas en la banda de 7125 - 7425 MHz, en la zona centro del país, es necesario optimizar técnicamente el uso eficiente del espectro, utilizando una tecnología que permita ampliar la capacidad de canales para nuevos enlaces y a su vez tener un mayor número de radiocanales en dicha banda.

Por tal motivo es que se ha elaborado esta investigación, sin embargo, dado que son muchas las aplicaciones posibles de los servicios fijos de radiocomunicaciones, ya que pueden comprender enlaces punto a punto, punto a multipunto y estudio-planta, en esta tesis se tratara solo sobre los enlaces punto a punto que operan en la banda de frecuencias de 7125 - 7425 MHz.

CAPITULO 1

SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELECTRICOS

1.1 DEFINICION DE SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELECTRICOS

Los sistemas de relevadores radioeléctricos constituyen sistemas de radiocomunicación del servicio fijo funcionando en frecuencias superiores a 30 MHz, que utilizan la propagación troposférica y que normalmente incluyen una o varias estaciones intermedias. Existen factores que definen los aspectos que rigen la operación de estos sistemas, como son el ancho de banda, la velocidad de transmisión, el método de modulación empleado y la susceptibilidad a la interferencia, todos ellos definen el tipo de información a transmitir, así como las limitantes en cuanto a operación se refiere, esto es, capacidad en la velocidad de transmisión y alcance de la señal.

Los sistemas radioeléctricos son usados en muchas aplicaciones para transportar señales de teléfono y televisión así como una gran variedad de señales de datos entre dos o mas sitios; las distancias entre ellos pueden variar desde uno hasta varios cientos de kilómetros, utilizando varios saltos; asimismo, las capacidades de estos enlaces varían desde una señal E1 ó T1 con capacidades de 2.048 Mbps ó 1.544 Mbps, hasta 1000 Mbps.

1.1.1 Ventajas y limitantes de la implementación de sistemas de relevadores radioeléctricos

La operación en la región de las microondas resuelve muchos de los problemas de congestión del espectro electromagnético. El mayor beneficio de la transmisión de señales en las bandas destinadas a microondas (en este caso la banda de 7 GHz), es el espacio espectral disponible para los servicios de comunicaciones. En virtud de que la gama de frecuencias del espectro de radio está congestionada, existe la tendencia a utilizar cada vez más la región de las microondas para diversos servicios.

Además, existen otras ventajas que hacen que los sistemas de relevadores radioeléctricos sean lo suficientemente rentables como para que se continúe en su desarrollo, las más importantes son las siguientes:

- **Bajo costo.** La relación costo-efectividad en comparación con otros sistemas alternativos como fibra óptica y cable. La instalación de cable y el cable en sí pueden resultar demasiado caros, además de la dificultad para la instalación en áreas urbanas.
- **Rápido despliegue.** Los equipos de radio pueden ser fácilmente trasladados hacia nuevos sitios para resolver rápidamente los requerimientos de la red, los requerimientos de infraestructura son mínimos.

Cabe mencionar que las antenas de comunicación pueden ser utilizadas en una gran variedad de torres previamente establecidas para otros sistemas, lo cual abarata el costo de implementación del sistema, inclusive es posible instalarlas en edificios y en construcciones las cuales no tienen como propósito fundamental el albergar a este tipo de sistemas.

En cuanto a las limitantes de los sistemas de microondas terrestres, podemos mencionar que para manejar equipo que trabaja a frecuencias tan elevadas se requiere conocimiento especial y experiencia considerablemente diferente a los equipos electrónicos convencionales. Incluso la implementación de dispositivos pasivos como resistores, inductores y capacitores es más difícil. Además a altas frecuencias el análisis de circuitos se vuelve más complejo. Las relaciones corriente-voltaje usadas en circuitos que trabajan por debajo de 30 MHz no se pueden usar a las frecuencias de microondas; en su lugar, la mayoría de los circuitos y componentes electrónicos se analizan en términos de campo eléctrico y magnético. Las técnicas de medición también son diferentes; son más comunes las mediciones de potencia que las de voltajes y corrientes.

A causa de la muy corta longitud de onda, las señales de microondas son fácilmente reflejadas y desviadas por objetos grandes y pequeños. La lluvia, smog, niebla y otras condiciones atmosféricas, pueden absorber y atenuar gravemente a las señales de microondas.

Otro problema es que las señales de microondas como las ondas de luz, viajan en línea recta. Esto quiere decir que la distancia de comunicación está limitada a un intervalo de línea de vista, por lo que las trayectorias deben estar libres de obstáculos.

1.2 CONFORMACION DE UN SISTEMA DE MICROONDAS TERRESTRE

Básicamente podemos definir a una estación de este tipo como un módulo transmisor y receptor necesario para establecer el servicio de transmisión de información en un punto determinado y que interactúa con otra u otras estaciones o bien, como uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación, cuya disposición se muestra en la figura 1.1

Aplicaciones de los sistemas de microondas terrestres

Existen varios enfoques con los que se pueden analizar las aplicaciones de los sistemas de microondas terrestres como son los enlaces punto a punto y punto a multipunto.

Los enlaces punto a punto son los que comúnmente se conocen como enlaces de microondas. En la actualidad, estos enlaces están conformados de una terminal transmisora y una terminal receptora, entre las cuales puede haber algunos repetidores trabajando como transreceptores como se muestra en la figura 1.2.

Estos transreceptores están encargados de amplificar una señal para retransmitirla posteriormente

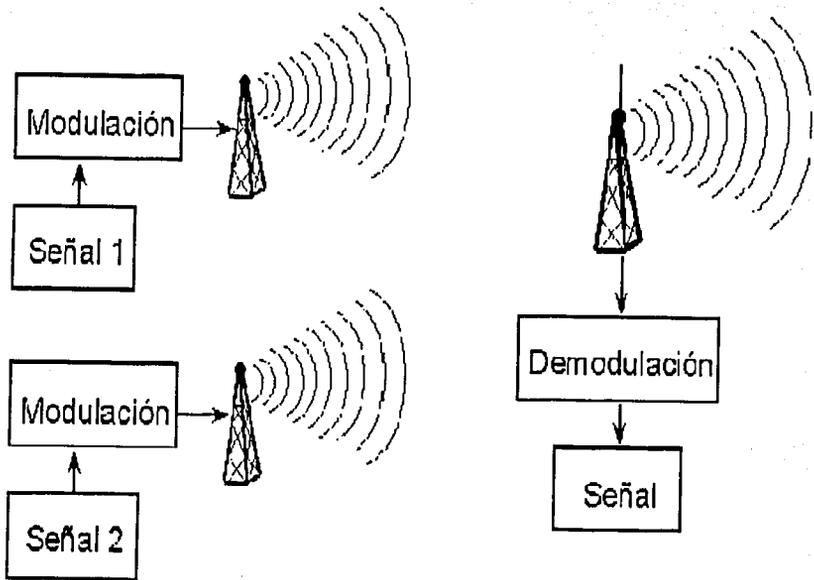


Figura 1.1 Sistema de microondas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

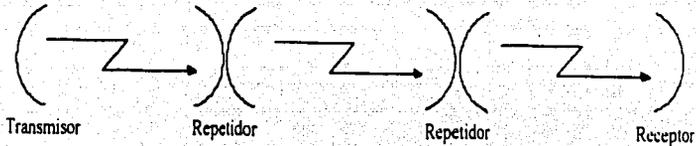


Figura 1.2 Enlace punto a punto

- Los enlaces punto a multipunto corresponden a aquellos en los que un solo transmisor radia a varios receptores, como se muestra en la figura 1.3. Dentro de esta clasificación entran los sistemas de comunicación móvil, los sistemas de difusión y las redes locales inalámbricas. En estos sistemas a diferencia de transmitir una señal con una ganancia que no permita que el ángulo de abertura de la señal se disperse, tratan de cubrir un área bien definida llamada "área de cobertura" en la cual las estaciones móviles o portátiles que se encuentren dentro de ella pueden tener acceso a la comunicación, esta configuración permite la habilitación de servicios como la comunicación entre grupos de trabajo, los cuales tienen una frecuencia asignada que les permite comunicarse entre sí; dándose la posibilidad que existan otros grupos de trabajo dentro de la misma área de cobertura pero operando en otra frecuencia, lo cual impide la interferencia entre las comunicaciones de diferentes grupos.

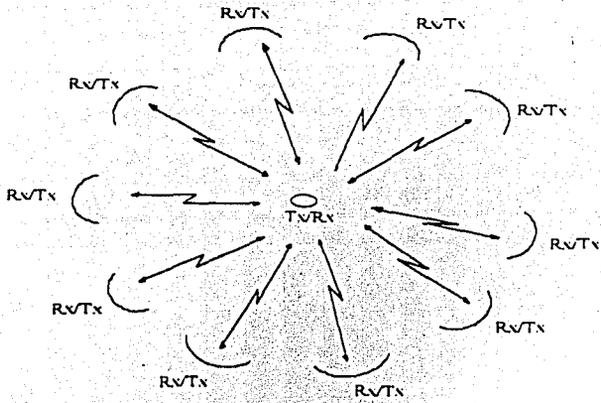


Figura 1.3 Enlace punto a multipunto

1.3 FACTORES A SER CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS.

Como ya se ha mencionado, entre los factores a ser considerados en el diseño de los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales se encuentran los siguientes:

- Categorización de los sistemas de relevadores de radio de acuerdo a la capacidad:
 - Baja capacidad.- Sistemas que ocupan velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps.

- Mediana capacidad.- Sistemas que ocupan velocidades de transmisión desde 10 Mbps hasta 100 Mbps.
- Alta capacidad.- Sistemas que ocupan velocidades de transmisión de más de 100 Mbps.

- Técnicas de modulación y codificación.

Las técnicas de modulación se enfocan a la transferencia de la información de la señal de banda base a una señal portadora de radiofrecuencia (RF) para la transmisión de la información. La codificación consiste en una transformación del formato de la señal analógica a un formato digital.

- Eficiencia en la utilización del espectro radioeléctrico

La eficiencia en la utilización del espectro radioeléctrico es un factor importante a ser considerado en el diseño de los sistemas de relevadores radioeléctricos, y esta determinado por la información transmitida sobre una distancia en relación a la utilización del ancho de banda de la frecuencia, así como a la utilización espacial (geométrica) y al tiempo de uso denegado a otros usuarios potenciales. La medida de la utilización esta dada por:

$$U = (B_{RF})(S)(T)$$

Donde:

B_{RF} : Ancho de banda ocupado de la radiofrecuencia

S: Espacio geométrico ocupado (usualmente el área para sistemas de radiorelevadores)

T: Tiempo

La eficiencia en la utilización (E) para un sistema operando continuamente en el tiempo esta expresada por:

$$E = \frac{(2)(N)(B)}{(B_{RF})(S)}$$

Donde:

N: total de canales de ida y retorno en la banda de radio B_{RF}

B: Grosor de la tasa de transmisión

El diseño de este tipo de enlaces está en función del fin para el cual están destinados, es decir, a la utilización que se va a dar a ese enlace, por lo que se tiene un modelo de referencia que es tomado como modelo general a partir del cual se diseñan nuevos circuitos particularizando los aspectos mencionados anteriormente, dicho circuito se define a continuación:

Circuito ficticio de referencia para telefonía. Circuito telefónico completo (entre terminales de frecuencias vocales en ambos extremos) establecido en un sistema hipotético de telefonía internacional por corrientes portadoras; tiene una longitud

definida y supone un número definido de modulaciones y demodulaciones de grupos primarios, grupos secundarios y grupos terciarios, siendo tal número razonablemente elevado pero sin alcanzar sus valores máximos posibles.

Asimismo, la disposición de las frecuencias utilizadas en el diseño está clasificada de la siguiente manera:

Cocanal (ortogonal). Designa una disposición de las radiofrecuencias de un radioenlace en la cual la misma frecuencia central nominal es reutilizada mediante dos polarizaciones ortogonales para la transmisión de dos señales independientes o no.

Intercalada.- Designa una disposición de los radiocanales de un radioenlace en el cual se insertan canales suplementarios entre los canales principales; las frecuencias centrales de los canales suplementarios están separadas de las frecuencias centrales de los canales principales por una cantidad fija que es una proporción importante (por ejemplo, la mitad de la anchura de banda de un canal).

Antenas.- Debido a la diversidad de características y al hecho de que la operación de una antena depende en gran parte de su geometría, se ha desarrollado una amplia variedad de ellas con aplicaciones en microondas, algunas de las cuales se presentan en la figura 1.4, en particular, las antenas para microondas tienen como característica principal el poder dirigir su energía radiante hacia el objetivo o dirección determinada, con lo cual se permite además de reducir la potencia del

transmisor, optimizar la utilización del espectro radioeléctrico, ya que la señal no se dispersa en el espacio.

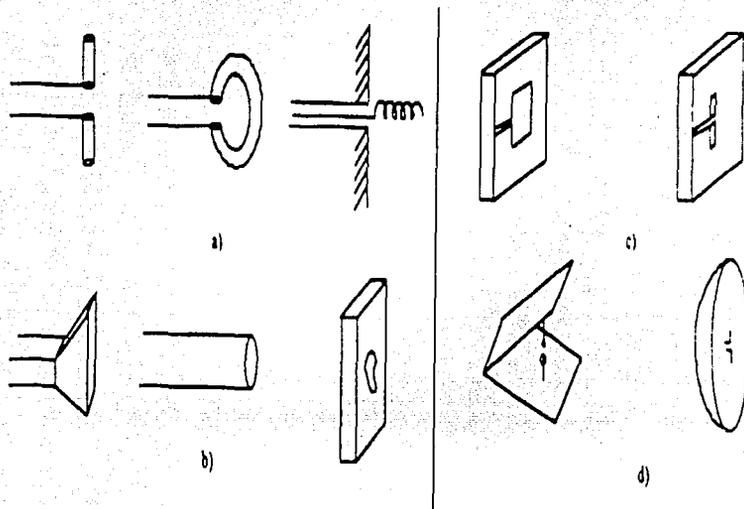


Figura 1.4 Ejemplos de diferentes tipos de antenas: a) Antenas de alambre; b) Antenas de apertura; c) Antenas de microcinta y d) Antenas de reflector.

Otro punto de relevancia de las antenas direccionales empleadas en los enlaces de microondas terrestres, es la relación que existe entre los lóbulos principal y el posterior. Tanto en los sistemas punto a punto (que emplean repetidores), como en los sistemas punto multipunto (donde se pueden llegar a utilizar varias antenas en un mismo sitio transmisor o receptor), es importante que la señal no sea

captada por la propia antena receptora. La principal causa es la energía radiada por la parte posterior de la antena transmisora. En la figura 1.5 se muestra que además del lóbulo principal hay un conjunto de lóbulos laterales con menor ganancia y un lóbulo posterior.

La relación de la potencia efectiva radiada hacia el frente a la potencia efectiva radiada hacia atrás de una antena, es llamada razón lóbulo principal/posterior y generalmente se expresa en dB. Para una antena receptora esta relación es un factor usado para indicar la selectividad a oscilaciones incidentes en la dirección del lóbulo trasero, respecto a las señales incidentes en la dirección del lóbulo principal. Esto se determina midiendo la razón del campo en esas dos direcciones. La ecuación que determina esta relación es:

$$\text{Relación } \frac{\text{potencia}}{\text{potencia}} = 10 \log \left(\frac{P \left(\frac{W}{m^2} \right) \text{ lóbulo principal}}{P \left(\frac{W}{m^2} \right) \text{ lóbulo posterior}} \right)$$

y está expresada en dB.

Se requiere una relación lóbulo principal/posterior elevada para poder reutilizar las frecuencias en el mismo sistema y con otros sistemas y obtener una ganancia de antena elevada (cerca de 40 dB) que permita utilizar transmisores de baja potencia.

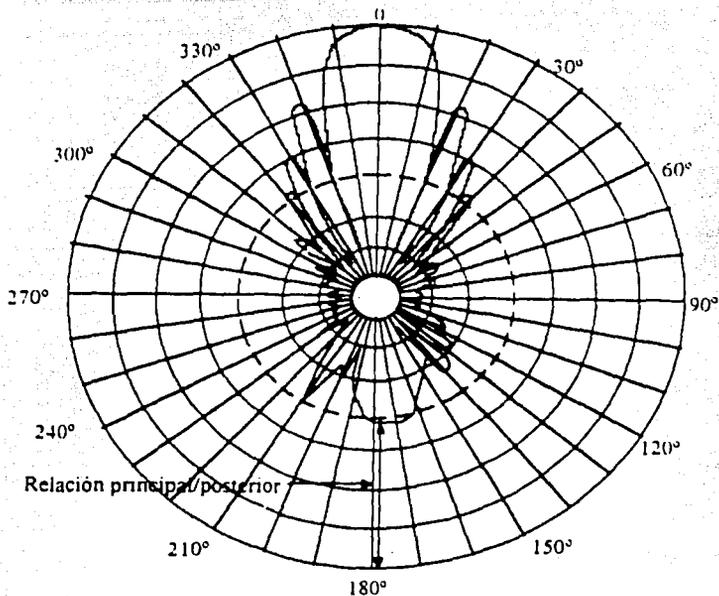


figura 1.5 Patrón de radiación de una antena con alta ganancia. Relación lóbulo principal/posterior.

A fin de adecuar el patrón de radiación de una antena para aplicaciones en sistemas punto a punto, generalmente se usan reflectores para incrementar la ganancia del lóbulo principal y reducir lo suficiente la radiación del lóbulo trasero. Varios tipos de reflectores se ilustran en la figura 1.6, los más usados comúnmente consisten en un plato reflector, un reflector de esquina y un reflector parabólico. Muchas otras formas son posibles dependiendo del patrón de directividad deseado y las consideraciones del espacio.

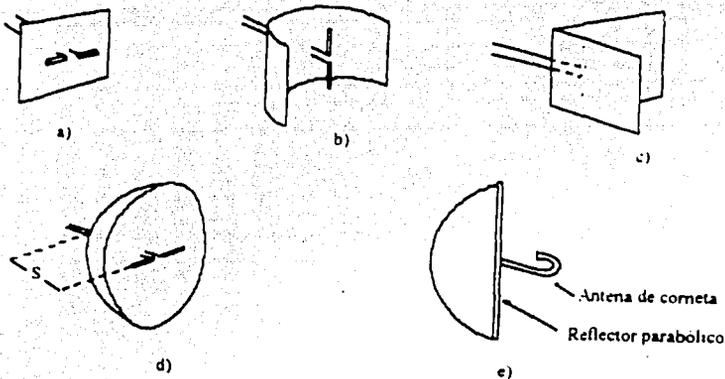


Figura 1.6 Reflectores típicos para antenas de microondas: a) reflector de superficie plana, b) reflector parabólico cilíndrico, c) Reflector de esquina, d) reflector parabólico, e) Alimentador de corneta para un reflector parabólico

Esencialmente un reflector intercepta la energía de las ondas de radio y la radia en otra dirección, de la misma forma en que lo hace un espejo con la luz. Sin embargo, al igual que la luz, la potencia de un haz de radio se dispersa por el reflector. La cantidad de potencia dispersada depende de la pulidez y el tipo de material usado en el reflector. La pulidez puede definirse como la longitud de las irregularidades de la superficie reflejante y la longitud de onda en operación. Ya que la mayoría de los reflectores de antena se exponen a la lluvia es conveniente utilizar una pantalla o rejilla la cual no introduce modificaciones apreciables en la señal reflejada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Un reflector tiene la cualidad de convertir un patrón de radiación bidireccional a uno prácticamente unidireccional disminuyendo la radiación trasera. Es decir, un reflector incrementa la ganancia del lóbulo principal.

Por otra parte, es necesario considerar en el diseño de un nuevo circuito que todos los enlaces radioeléctricos instalados o por instalar deben de sujetarse a una gestión del espectro, esto significa que existe una legislación que rige el uso de las frecuencias, así como la ubicación de los enlaces. Este tipo de legislaciones contemplan los siguientes servicios:

Servicio de radiocomunicación.- Servicio definido en esta sección que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.

Servicio Fijo.- Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Fijo por satélite.- Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas situadas en puntos fijos determinados, cuando se utilizan uno o más satélites; en algunos casos, este servicio incluye enlaces entre satélites que pueden realizarse también dentro del servicio entre satélites; el servicio fijo por satélite puede también incluir enlaces de conexión para otros servicios de radiocomunicación espacial.

Servicio Móvil.- Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o estaciones móviles.

Servicio de explotación de la Tierra por satélite.- servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas y una o varias estaciones espaciales, que puede incluir enlaces entre estaciones espaciales y en el que:

- Se obtiene información sobre las características de la Tierra y sus fenómenos naturales por medio de sensores pasivos o de sensores activos a bordo de satélites de la Tierra;
- Se reúne información análoga por medio de plataformas situadas en el aire o sobre la superficie de la Tierra.
- Dichas informaciones pueden ser distribuidas a estaciones terrenas dentro de un mismo sistema;
- Puede incluirse asimismo la interrogación de las plataformas.

Servicio de investigación espacial.- Servicio de radiocomunicación que utiliza vehículos espaciales u otros objetos espaciales para fines de investigación científica o tecnológica.

Atribución de una banda de frecuencias.- Inscripción en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por

el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas. Este término se aplica también a la banda de frecuencias consideradas. Ver tabla 1.1.

No. de Banda	Banda de frecuencias	Longitud de onda (λ)	Abreviación (Inglés)	Clasificación
4	3 a 30 kHz	100 a 10 Km ondas miriámétricas	VLF	Very low frequency
5	30 a 300 kHz	10 a 1 Km ondas kilométricas	LF	Low frequency
6	300 a 3000 kHz	1000 a 100 m ondas hectométricas	MF	Médium frequency
7	3 a 30 MHz	100 a 10 m ondas decamétricas	HF	High frequency
8	30 a 300 MHz	10 a 1 m ondas métricas	VHF	Very High frequency
9	300 a 3000 MHz	1 a 0.1 m (dm) ondas decimétricas	UHF	Ultra High frequency
10	3 a 30 GHz	0.1 a 0.01 m (cm) ondas centimétricas	SHF	Super High frequency
11	30 a 300 GHz	0.01 a 0.001 m (mm) ondas milimétricas	EHF	Extremely high frequency
12	300 a 3000 GHz	0.01 a 0.0001 m ondas decimimétricas		

Tabla 1.1 Bandas de frecuencias.

El significado de los prefijos utilizados es: k=kilo (10^3), M=mega (10^6), G=giga (10^9), d=deci (10^{-1}), c=centi (10^{-2}) y m=mili (10^{-3}). Así. Mundialmente se ha acordado que las frecuencias se expresen en kHz hasta 3000 kHz; en MHz por encima de 3 hasta 3000 MHz; y en GHz por encima de 3 hasta 3000 GHz.

La selección de la banda más adecuada depende, entre otros factores de la distancia que se va a comunicar, considerando la altura y efectos de las capas de la ionosfera. Algunas características de las bandas antes listadas son:

Las ondas de la banda VLF (ondas largas) se transmiten como ondas de superficie ya que la reflexión de la onda de espacio es muy buena a altitudes correspondientes a la región D; la atenuación causada por la tierra es baja y poca la absorción de la atmósfera, por tanto, las ondas reboten tanto en la tierra como en la ionosfera y se reparten de manera casi uniforme por la zona intermedia. El sistema de antenas es grande y costoso, la propagación es afectada por el ciclo solar, es decir, por las manchas solares y tormentas magnéticas, pero durante el día el alcance llega a unos miles de kms. Tienen la propiedad de propagarse en el agua y se utilizan para establecer comunicaciones con submarinos que se encuentren a unos 30 m de profundidad.

En la banda LF la onda de superficie se atenúa más que en VLF. En las últimas frecuencias de esta banda, la absorción de la onda de espacio aumenta durante el día y reduce el alcance a algunos cientos de kms. Casi

toda la energía que llega a más de 1000 kms viaja por onda de superficie. Como la transmisión depende casi de la onda de superficie por lo general no es muy pronunciado el efecto de la ionosfera por la variación diurna o por las estaciones del año. Por debajo de 100 KHz la atenuación de la onda de superficie es baja, la onda de espacio regresa, reflejada, tras una ligera penetración y absorción en la ionosfera ; el cambio de magnitud es muy gradual, por lo que prácticamente no hay desvanecimiento.

Las ondas de la banda MF (ondas medias), comparten hasta cerca de los 500 kHz ciertas características similares a las de la banda LF; al viajar por la superficie terrestre pierden energía a causa de los obstáculos, por lo cual su alcance queda limitado por la atenuación de la superficie terrestre. La transición entre la reflexión a altitudes de la región D y a altitudes de la región E tiene lugar en esta banda. La onda de superficie reduce su alcance y en verano hay problemas de recepción la cobertura se extiende a unos 160 kms de la antena y hay mayor alcance en la noche. En frecuencias superiores a 1600 kHz, la onda de superficie se atenúa rápidamente. Esta banda tiene su principal aplicación en comunicaciones a grandes distancias sobre la superficie del mar, o a medias distancias para comunicaciones terrestres. Permite una comunicación eficaz durante las 24 horas del día ya que depende de la onda de superficie.

En la propagación de las ondas de la banda HF las capas E y F actúan como zonas de reflexión de la onda y permiten su propagación a larga distancia. La

región D actúa como zona de absorción, provocando una atenuación de la señal. Esta banda se utiliza principalmente para servicios marítimos y de radioaficionados.

Las ondas de la banda VHF (ondas cortas) no pueden captarse más allá de ciertos límites, ya que cuando la emisión es casi horizontal, inciden en la ionosfera con un ángulo muy pequeño, se reflejan y vuelven a la superficie terrestre, pero si se emiten verticalmente, la atraviesan y no reflejan en ella. En esta banda, la absorción atmosférica de la energía electromagnética es muy pequeña. La onda de superficie es afectada por los fenómenos de reflexión y refracción. Esta banda es empleada para la radiodifusión sonora en frecuencia modulada y de televisión comercial canales 2 al 13, comunicaciones punto a punto y otros sistemas. La calidad de la recepción depende sobre todo de la hora, la estación del año y las condiciones meteorológicas.

La banda UHF comparte algunas características de las últimas frecuencias de VHF. La absorción se incrementa al igual que la frecuencia. La refracción atmosférica permite que la transmisión de "línea de vista" se consiga más allá del horizonte óptico. En esta banda continúa el espectro para los canales 14 al 83 de televisión. Desde 890 MHz se utiliza para comunicaciones gubernamentales, privadas y servicios públicos, así como para enlaces fijos punto a punto y punto a multipunto.

En SHF (ondas ultracortas) al utilizar frecuencias superiores a 10 GHz la atenuación causada por la precipitación pluvial es muy pronunciada. Al disminuir la longitud, reduce también al poder reflector que tiene la ionosfera, y la reflexión llega a ser nula por encima de los 30 GHz. Los sistemas de antenas tienen que ser muy directivos por lo que se utilizan antenas parabólicas para concentrar el haz de radiación. Esta banda es altamente empleada por los "sistemas de microondas".

Microondas es el nombre arbitrario dado a un segmento del ER. Estrictamente hablando se especifica que a partir de los 300 MHz (banda 9, UHF) hacia arriba del espectro, sin fijar su límite superior, que se supone son los rayos infrarrojos, los equipos utilizados en comunicaciones de banda ancha se les denomina genéricamente de microondas.

Éstas no son afectadas por la ionosfera. Cuando la lluvia y las capas atmosféricas en las regiones con climas extremos las afectan, se debe a que, por su posición en el espectro de radiación electromagnética, comparten propiedades de la radiación infrarroja y las ondas hertzianas, las cuales terminan aproximadamente en $\lambda=10^{-4}$ m, donde empieza propiamente la radiación infrarroja. La transmisión por ondas infrarrojas no es adecuada a cierta distancia, pues el vapor de agua que contiene la atmósfera absorbe toda la energía.

Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).- Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal determinado en condiciones especificadas.

Comunicación punto a punto.- Comunicación proporcionada por un enlace entre dos puntos especificados.

Comunicación punto a multipunto.- Comunicación proporcionada por enlaces entre un punto fijo especificado y varios puntos fijos especificados.

1.4 TERMINOLOGÍA

Antes de comenzar con la estructura de los sistemas de relevadores radioeléctricos, es conveniente establecer conceptos que serán de utilidad en el desarrollo de los siguientes temas.

- **Espectro Radioeléctrico.**- Antes de establecer una definición sobre lo que es espectro radioeléctrico, es conveniente dar primero una breve explicación acerca del origen de estas radiaciones que forman parte de lo que es el llamado espectro electromagnético, el cual se divide en secciones o "subespectros" de frecuencias con características muy diferentes entre ellos, pero que de una forma u otra, gran parte de éstos se puede emplear en sistemas de comunicaciones.

- **Espectro electromagnético.**- En el espectro electromagnético se clasifican todas las ondas electromagnéticas existentes en el universo.

Ahora bien, una onda electromagnética se constituye de una variación de un campo eléctrico y otro magnético, los cuales a su vez surgen de las cargas y sus movimientos.

Una carga eléctrica en reposo tiene solamente un campo radial de Coulomb que disminuye en función de la inversa del cuadrado de la distancia y no se propaga alejándose de ella. Una carga en movimiento con velocidad constante no difiere realmente de una carga en reposo, ya que el campo que la rodea seguirá siendo un campo Coulombiano, pero si existe un movimiento relativo de la carga con respecto a un punto determinado, existirá además un campo magnético, el cual estará localizado en la región del campo de Coulomb. De este modo los campos eléctricos y magnéticos permanecen con la carga en movimiento de velocidad constante sin ser irradiadas al exterior.

Si ahora aceleramos una carga, se inicia un pulso de campos magnético y eléctrico perpendiculares en movimiento. Es decir, que la radiación electromagnética es generada por cargas aceleradas, y puede ser obtenida por fuentes naturales como el Sol o por fuentes artificiales como un oscilador klystron o un láser.

Las ondas de la radio y las microondas que proceden de los electrones que se mueven en los conductores; los rayos infrarrojos emanados de los objetos calientes; la luz visible emitida por los objetos incandescentes; los rayos ultravioleta generados por las descargas gaseosas y de arco; los rayos X obtenidos de los electrones que inciden sobre un blanco; así como los rayos gamma producidos por los núcleos de los átomos radioactivos; todas ellas son radiaciones electromagnéticas que transportan energía, se propagan a la velocidad de la luz 3×10^8 m/seg. (aunque lo más propio sería nombrarla como velocidad de radiación electromagnética) y surgen de las cargas aceleradas.

De tal manera que el espectro electromagnético es una escala continua de radiación que se extiende desde los rayos gamma a las ondas de la radio (tal como se muestra en la figura 1.9). Los nombres descriptivos de las diferentes secciones del espectro son históricas; simplemente, suponen una clasificación conveniente relacionada con la fuente de la radiación. La naturaleza física de la radiación es la misma en toda la escala. En todas las secciones posee la misma velocidad y la misma naturaleza electromagnética y la única diferencia de una parte del espectro a otra es su frecuencia y longitud de onda.

Las principales características de cualquier tipo de onda son la amplitud y la longitud o frecuencia de la onda. La amplitud al cuadrado es proporcional a la energía. La longitud determina la naturaleza y el empleo de la onda.

- **Frecuencia.**- Es el número de variaciones de una onda, desde un punto con una determinada fase hasta donde vuelve a repetir dicha fase, que ocurren en un segundo, sus unidades de medida son los ciclos por segundo (c/seg.) o los Hertz (Hz).

- **Longitud de onda.**- Es la distancia entre dos puntos consecutivos de una onda que tiene una misma fase.

Por la relación que existe entre la velocidad de la radiación electromagnética y la longitud de onda, al dividir las obtenemos la frecuencia de la onda:

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

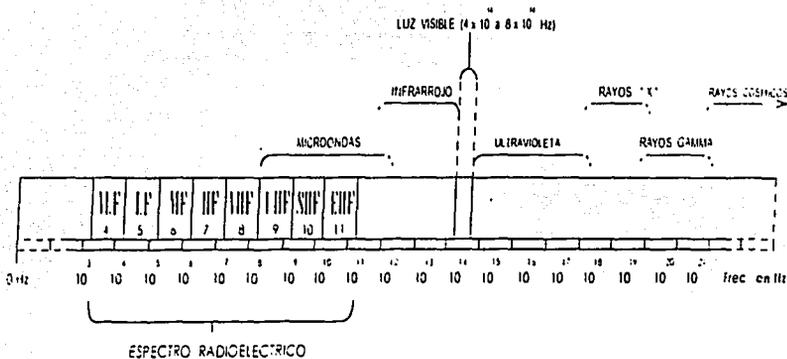


Figura 1.9 División del espectro electromagnético

- **Espectro Radioeléctrico.**- Las telecomunicaciones no se hubieran desarrollado tanto sin el descubrimiento de las ondas de radio o Hertzianas, nombre que se adoptó desde que en 1888 el alemán Heinrich Hertz experimentalmente envió ondas electromagnéticas de estas frecuencias para demostrar el fenómeno de radiación. Sin embargo, el uso de las ondas radioeléctricas para las comunicaciones empezó hasta 1896 con el telégrafo inalámbrico. Desde entonces, los ingenieros empezaron a ascender en el espectro, empezando con frecuencias de voz en líneas telefónicas, después el radio y la televisión, y por último las microondas, las cuales llevan un amplio rango de comunicaciones electrónicas modernas. La capacidad de las ondas de energía electromagnética para llevar señales de comunicaciones es una función de su frecuencia o de su longitud de onda. Entre más corta sea la longitud de onda mayor será la frecuencia y por lo tanto, el rango de frecuencias útiles para canales de transmisión de información será mayor.

Tal radiación se logra al acelerar las partículas cargadas en una dirección a otra dirección opuesta en una antena sucesivamente, con una frecuencia determinada. Los campos eléctricos radiantes que se desprenden de la antena poseen esta misma frecuencia de oscilación. El campo eléctrico oscilante de estas ondas, a su vez, impulsa a las cargas de la antena receptora con la misma frecuencia, y finalmente estas señales de radio son detectadas sintonizando un circuito oscilante en el receptor.

Variando los circuitos y las antenas pueden conseguirse transmisores que emitan ondas de radiofrecuencias (RF) comprendidas entre 10^4 Hz y 3×10^{11} Hz. Las de longitud de onda larga se difractan alrededor de cualquier obstáculo; pero a medida que crece la frecuencia se comportan cada vez más como la luz, propagándose en línea recta y reflejándose y refractándose claramente como las ondas luminosas.

Ahora bien, es muy común encontrar en diversos textos y documentos que se define al espectro radioeléctrico como: el espacio que permite la propagación sin guía artificial de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3000 GHz.

No obstante, en base a lo estudiado sobre lo que son las ondas electromagnéticas se puede decir que el espectro radioeléctrico no es "el espacio que permite la propagación, sino más bien, se trata de una disposición ordenada de valores de frecuencias de ondas electromagnéticas que, como su nombre lo indica tienen la propiedad de ser radiadas, es decir, "propagarse sin guía artificial a través del espacio libre", a diferentes distancias según la frecuencia, la amplitud o intensidad de la señal y el elemento radiador o antena.

- **Radiación (radioeléctrica).**- Flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de ondas radioeléctricas, o esta misma energía.

- **Emisión.-** Radiación producida, o producción de radiación, por una estación transmisora radioeléctrica.

Por ejemplo, la energía por el oscilador local de un receptor radioeléctrico no es una emisión, sino una radiación.

- **Clase de emisión.-** Conjunto de características de una emisión, a saber; tipo de modulación principal, naturaleza de la señal moduladora, tipo de información que se va a transmitir, así como también, en su caso, cualesquiera otras características; cada clase se designa mediante un conjunto de símbolos normalizados.

- **Emisión fuera de banda.-** Emisión en una o varias frecuencias situadas inmediatamente fuera de la anchura de banda necesaria, resultante del proceso de modulación, excluyendo las emisiones no esenciales.

- **Emisión no esencial.-** Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera de la anchura de banda necesaria, cuyo nivel puede reproducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de la conversión de frecuencia están comprendidos dentro de las emisiones no esenciales, pero están excluidas las emisiones fuera de banda.

- **Emisiones no deseadas.**- Conjunto de las emisiones no esenciales y de las emisiones fuera de banda.

- **Banda de frecuencias asignadas.**- Banda de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada, la anchura de esta banda es igual a la anchura de banda necesaria mas el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia. Cuando se trata de estaciones espaciales, la banda de frecuencias asignada incluye el doble del desplazamiento máximo debido al efecto Doppler que puede ocurrir con relación a un punto cualquiera de la superficie de la Tierra.

- **Frecuencia asignada.**- Centro de la banda de frecuencias asignada a una estación.

- **Tolerancia de frecuencia.**- Desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por una emisión, o entre la frecuencia de referencia y la frecuencia característica de una emisión.

La tolerancia de frecuencia se expresa en millonésimas o en Hertz.

- **Anchura de banda necesaria.**- Para una clase de emisión dada, anchura de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la

información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones especificadas.

- **Ganancia de una antena.**- relación, generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. Salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización especificada.

- **Potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.).**- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica en una dirección dada (ganancia isotrópica o absoluta).

- **Potencia radiada aparente (p.r.a.).**- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada.

- **Potencia radiada aparente referida a una antena vertical corta (p.r.a.v.).**- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena vertical corta en una dirección dada.

- **Interferencia.**- Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones, o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía.

- **Interferencia admisible.**- Interferencia observada o prevista que satisface los criterios cuantitativos de interferencia y de compartición, que figura en el Reglamento de Radiocomunicaciones del CCIR o UIT-R en acuerdos especiales, según lo previsto en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

- **Interferencia aceptada.**- Interferencia de nivel más elevado que el definido como interferencia admisible, que ha sido acordado entre dos o más administraciones sin perjuicio para otras administraciones.

- **Interferencia perjudicial.**- Interferencia que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente, o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación explotado de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones.

- **Relación de protección.**- Valor mínimo, generalmente expresado en decibelios, de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del

receptor, determinado en condiciones especificadas, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor.

-Simplex, semiduplex.- Designa o pertenece a un método de funcionamiento en el que la información se puede transmitir en cualquiera de los dos sentidos, aunque no simultáneamente, entre dos puntos.

- Duplex.- Designa o pertenece a un modo de explotación en el que la información se puede transmitir simultáneamente en los dos sentidos entre dos puntos.

- Unidireccional, unilateral.- Perteneciente a un enlace en que la transferencia de información de usuario es posible en un sentido solamente, fijado previamente.

- Bidireccional, bilateral.- Relativo a un enlace en que la transferencia de informaciones del usuario puede efectuarse simultáneamente en los dos sentidos entre dos puntos.

- Modulación.- Proceso por el que se obliga a una magnitud característica de una oscilación u onda, a seguir las variaciones de una magnitud característica de una señal o de otra oscilación.

Como ya se ha mencionado, una forma eficiente de comunicar información mediante ondas de radio es codificando (o más correctamente, modulando) una portadora de alta frecuencia antes de la transmisión, en esta técnica de

modulación se utiliza la operación de la banda lateral única (BLU). La característica distintiva de una señal portadora de radio es su alta frecuencia en relación con el ancho de banda de las frecuencias de la señal de información. La frecuencia de la señal portadora tiene que ser alta para que se pueda propagar como onda de radio. La modulación con la portadora de audio puede seguir un régimen analógico o digital; después de la modulación, la señal modulada se amplifica y se aplica a la antena. La amplificación refuerza la intensidad de la señal suficientemente para que la antena convierta la energía de la corriente eléctrica en una onda de radio suficientemente potente.

- **Portadora.**- Oscilación u onda, usualmente periódica, alguna de cuyas características es obligada por modulación a seguir las variaciones de una señal o de otra oscilación.

- **Acceso Múltiple.**- Técnica que permite que cierto número de terminales compartan la capacidad de transmisión de un enlace en una forma predeterminada o conforme a la demanda del tráfico.

- **Emisión no esencial.**- Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera de la anchura de banda necesaria, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de la conversión de frecuencias están comprendidos en las emisiones no esenciales, pero están excluidas las emisiones fuera de banda.

- **Emisiones armónicas.**- Emisión no esencial en frecuencias múltiplos enteros de las comprendidas en la banda ocupada por una emisión.

- **Telemando.**- Transmisión de señales para iniciar, modificar o terminar a distancia funciones de un equipo.

- **Telemedida.**- Proceso en que las mediciones se realizan en algún lugar distante y los resultados se transmiten por telecomunicaciones.

- **Periodo (t).**- Dada una señal que se repite después de cierto tiempo, el periodo de la señal es el intervalo de tiempo que dura la señal antes de volverse a repetir. El periodo se expresa en segundos $T = 1/f$.

- **Fase (θ).**- Es la medida angular que indica el adelanto o retardo de una señal en relación a una referencia establecida.

1.5 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS DIGITALES

1.5.1 Transmisor de radio

La figura 1.10 ilustra un transmisor de radio simple: la señal de audio se filtra y se amplifica; a continuación la señal filtrada modula a la portadora de radiofrecuencia

(RF) generada por un oscilador, después la señal modulada se filtra nuevamente para evitar la posible interferencia con otras ondas de radio de frecuencias adyacentes. Finalmente la señal se refuerza con un amplificador de potencia y se envía a la antena en donde se convierte a la forma de ondas de radio.

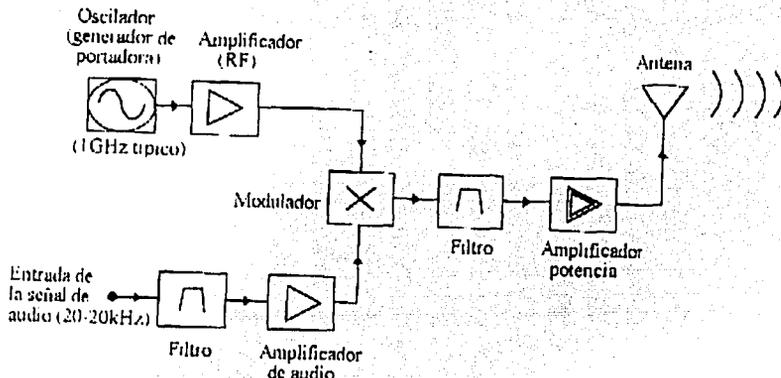


Figura 1.10 Transmisor de radio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.2 Receptor de radio

La figura 1.11 ejemplifica a un receptor simple de radio, sus componentes son similares a los del transmisor de la figura anterior. Las ondas de radio se reciben en la antena y se convierten a corriente eléctrica. Un filtro elimina las señales extrañas e interferentes antes de la demodulación. Como alternativa al filtro se puede emplear un circuito de sintonía con la antena. Este circuito permite que la

antena seleccione las frecuencias que se requieren transmitir o recibir. A continuación se tiene la demodulación. En el receptor de la figura, la demodulación se realiza mediante la eliminación de la señal equivalente a la frecuencia portadora del transmisor, dejando solo la información original.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

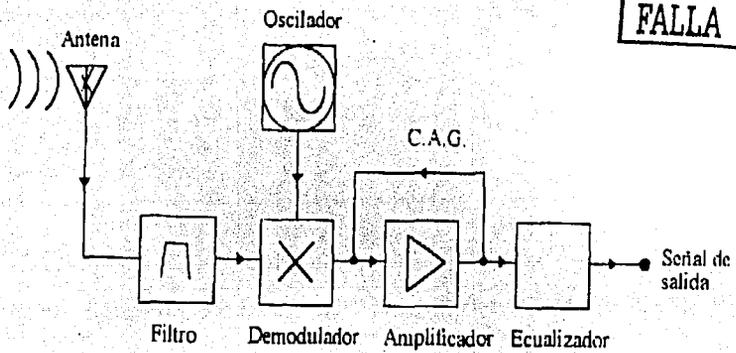


Figura 1.11 Receptor de radio

El transmisor y el receptor simplificados de las figuras anteriores se pueden usar juntos para la transmisión simplex o de una dirección. Este arreglo es equivalente a un par de la línea de transmisión de cuatro hilos. Para la transmisión duplex o de dos direcciones, equivalente al sistema de cuatro hilos, el equipo se debe duplicar empleando dos radiotransmisores y dos radioreceptores, uno en cada extremo del enlace de radio. Se usan comúnmente dos frecuencias portadoras ligeramente diferentes para las dos direcciones de transmisión, esto evita que los dos canales se interfieran entre sí.

CAPITULO 2

SISTEMAS DE MULTIPLEXACIÓN

Multiplexación es una técnica para cambiar un número de señales de baja velocidad en una señal de más alta velocidad, lo cual se consigue a través de un multiplexor, que es un dispositivo que regula la frecuencia y controla la velocidad de transmisión además de contar con una sincronía interna. La demultiplexación se refiere al proceso aplicado a una señal multiplexada para recuperar las señales independientes originales o grupos de esas señales.

Es como un camino con cuatro carriles de 30 km/h. que se convierte en un solo carril pero de 120 km/h. La función complementaria de la multiplexación es la demultiplexación, se debe descomponer la carretera de alta velocidad en sus componente de más baja velocidad, en la figura 2.1 se muestra un ejemplo de multiplexación.

Un ejemplo típico es la multiplexación de 32 canales de voz de 64 Kbps en una sola señal de 2.048 Mbps.

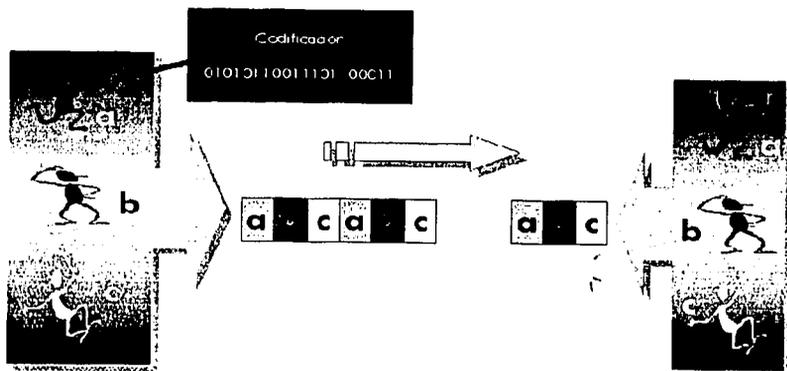
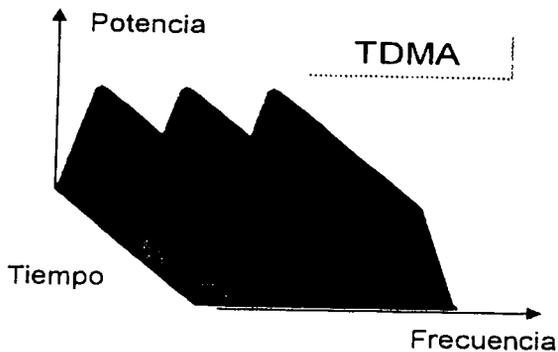


Figura. 2.1 Ejemplo de Multiplexación. Con la llegada del multiplexaje en tiempo se pudieron crear sistemas en donde se tomaban cierto número de señales y ponerlas todas juntas.

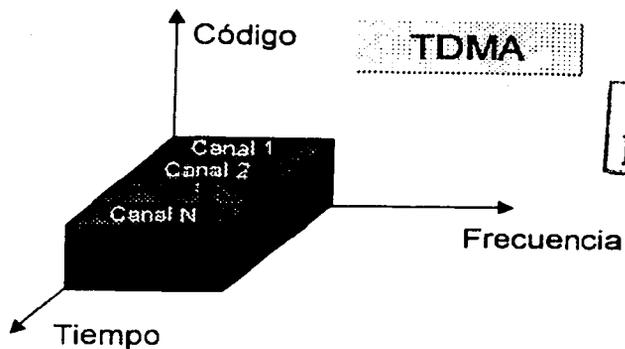
La multiplexación utiliza tres técnicas básicas:

1.- TDMA.- Técnica por la cual se emplean distintos intervalos de tiempo recurrentes para constituir canales de transmisión separados, por ejemplo, en el multiplexaje, la conmutación o el acceso múltiple. En las graficas 2.1 y 2.2 se presenta la comparación de algunos parámetros para TDMA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



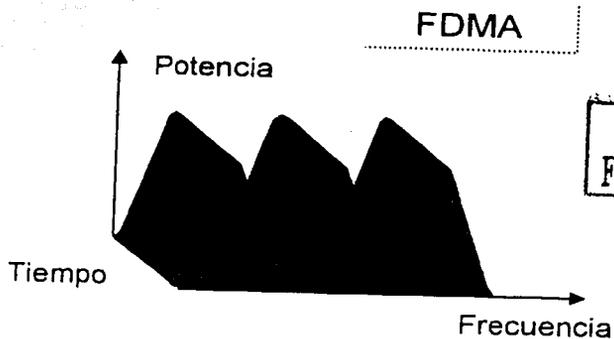
Grafica 2.1 De Potencia contra Tiempo y Frecuencia.



Grafica 2.2 De Código contra Tiempo y Frecuencia.

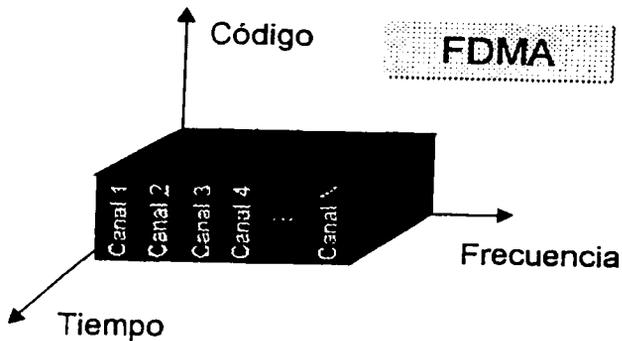
2.- FDMA.- Técnica por la cual se emplean bandas de frecuencias distintas para constituir canales de transmisión separados, por ejemplo, en el multiplexaje, la

comutación o el acceso múltiple. En las siguientes graficas, 2.3 y 2.4, se hace la comparación de parámetros para FDMA.



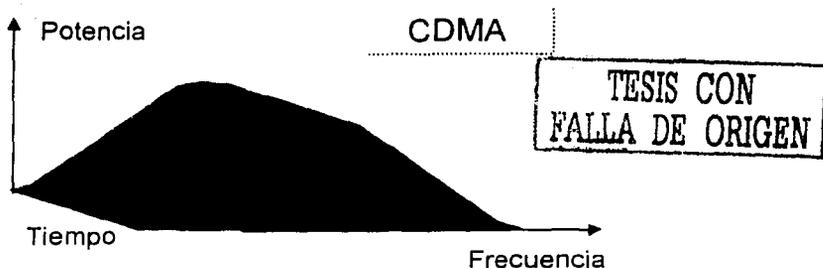
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Grafica 2.3 De potencia contra Tiempo y Frecuencia.

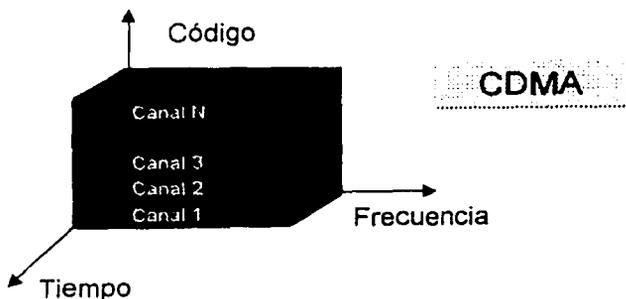


Grafica 2.4 De Código contra Tiempo y Frecuencia.

3.- **CDMA**.- Técnica por la cual se utilizan señales con codificación ortogonal para constituir canales de transmisión separados, por ejemplo, en el multiplexaje, la conmutación o el acceso múltiple; estas señales pueden distinguirse unas de otras, incluso si ocupan la misma banda de frecuencias y los mismos intervalos de tiempo. En las graficas 2.5 y 2.6 se efectúan comparaciones de parámetros para CDMA.



Grafica 2.5 De Potencia contra Tiempo y Frecuencia.



Grafica 2.6 De Código contra Tiempo y frecuencia.

2.1.- DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE MULTIPLEXACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (PCM)

La transformación de una señal analógica en digital por modulación de pulsos codificados se realiza mediante los siguientes pasos, en la figura 2.2 se observa la modulación PCM:

- Muestreo
- Cuantificación o cuantización
- Codificación

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

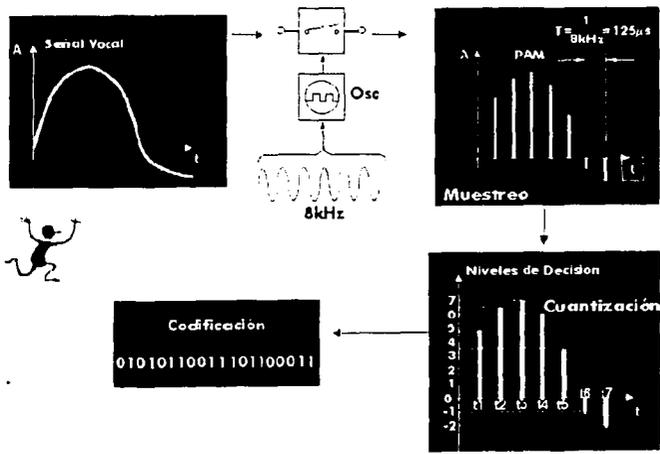


Figura. 2.2 Sistema PCM general (Modulación por Impulsos Codificados)

En la figura 2.3 se muestra como de una señal PAM se llega a la señal PCM solo agregando la codificación.

Modulación de Pulsos Codificados (PCM)

Los Pasos necesarios para transformar la señal analógica en digital por Modulación de Pulsos Codificados son:

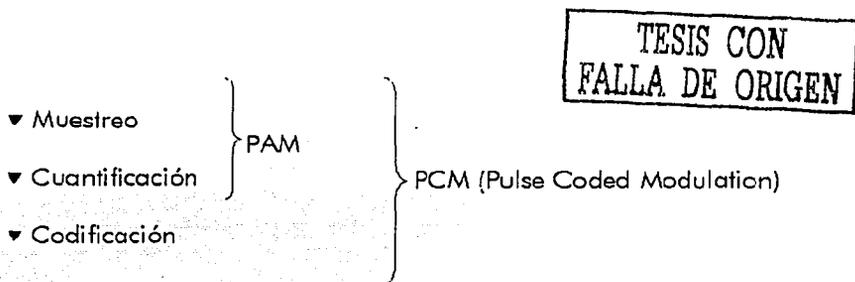


Figura. 2.3 Pasos para una señal PCM.

a) MUESTREO

Cuando se convierte una señal analógica a una señal digital, la señal analógica primero se hace un muestreo (Sampling), esto significa que la señal es medida a intervalos fijos de tiempo.

En los sistemas de transmisión de audio, por ejemplo, una frecuencia de audio es transportada en forma continua a lo largo de la portadora.

En la figura 2.4 se muestra como se realiza el muestreo de una señal.

Muestreo

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$$f_s = 2f_{\text{máx}}$$

la voz humana se define:

$$A \cos(\omega t)$$

donde $\omega = 2\pi f$
con $300\text{Hz} \leq f \leq 3400\text{Hz}$

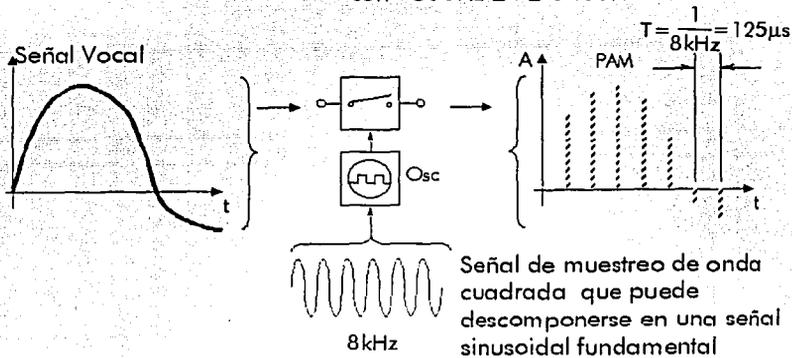


Figura. 2.4 Muestreo de una señal.

b) CUANTIFICACIÓN O CUANTIZACIÓN

La cuantificación representa la amplitud de una muestra por la amplitud de nivel discreto más cercano.

Para poder usar la transmisión digital, cada valor de la muestra tendrá que ser representado por un código. Dado que el número de códigos es limitado, los valores de la amplitud serán redondeados al valor más cercano, el cual puede representarse por un código.

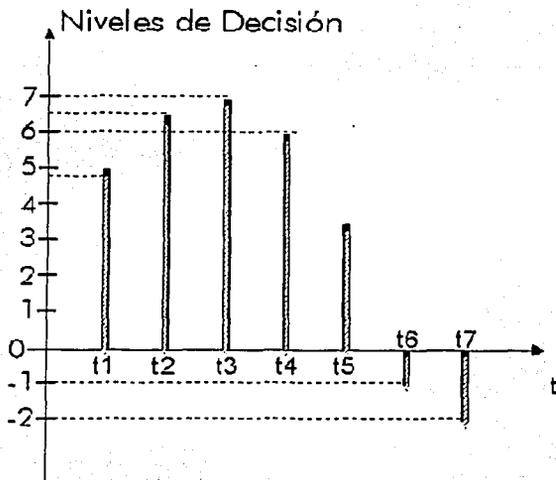
El número de niveles de cuantificación M está estrechamente relacionada con el número de bits " n " que son necesarios para decodificar una señal, en la figura 2.5 se muestra los niveles de decisión para la cuantización. En nuestro caso se usan 8 bits para codificar cada muestra, por lo tanto:

$$M = 2^8 = 256 \text{ niveles}$$

Hay dos métodos principales de cuantificar una señal:

- 1) Cuantización lineal y
- 2) No lineal.

Cuantización



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura. 2.5 Niveles de cuantización.

1) Método por cuantización lineal.

El rango total de valores de voltaje que pueden ser manejados es subdividido en un número de subrangos de voltaje iguales. Cada subrango corresponde a una combinación de códigos. En ese momento la codificación de cualquier voltaje

situado entre los límites bajo y alto de un subrango, es codificado con el mismo código.

En el momento de decodificar, un código es representado por un voltaje correspondiente a la mitad del subrango (nivel de cuantización o quantum).

En la figura 2.6 se muestra la cuantificación lineal de una señal.

El resultado es que cierta cantidad de ruido es adicionada a la señal original, esto es llamado ruido de cuantización. Este ruido es de hecho, la diferencia entre la señal codificada y la señal original.

Este ruido, en caso de cuantificación lineal, tiene un cierto nivel, dependiendo de los subrangos. Como un resultado de esto, se tiene el mismo ruido insertado tanto para pequeños valores como para altos valores de entrada. Esto quiere decir que el ruido insertado para señales de valores pequeños tendrá relativamente mucho más importancia que el ruido insertado a las señales de valores altos.

Esto implica que la razón señal a ruido (SNR) será peor para las señales pequeñas.

Cuantización Lineal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

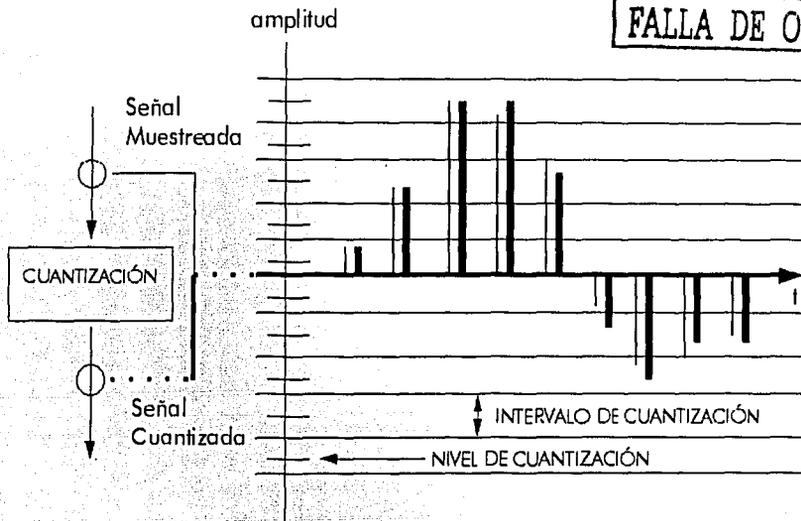


Figura. 2.6 Cuantización Lineal

2) Método de cuantificación no lineal

Como en la cuantificación lineal de señales resulta una mala relación "señal a ruido", otra clase de señalización ha sido encontrada para obtener una razón "señal a ruido", de un valor constante para cualquier nivel de la señal. Los niveles de cuantificación tiene que ser seleccionados de un modo logarítmico. Esto

significa que se usará una cuantificación no lineal. En la figura 2.7 se muestra las curvas de la cuantización no lineal.

Esto es claro que niveles de ruido altos, pueden ser permitidos para señales muestreadas con un nivel alto pero no para señales con niveles pequeños.

Leyes de compactación

Las curvas logarítmicas, tienen la desventaja que no pasan a través del origen.

Hay dos leyes para resolver este problema:

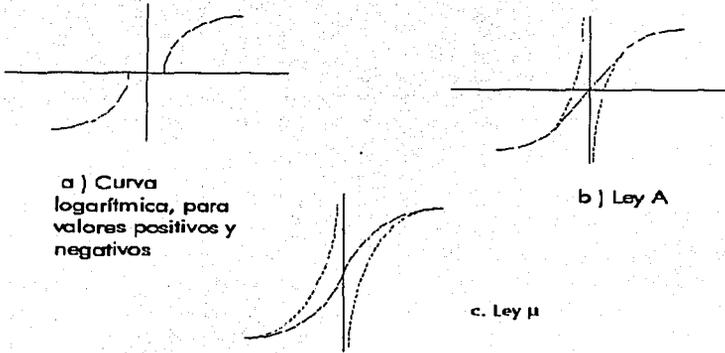
1.- Curvas de la ley "A"; estandarizado por CPET y UIT-T, usado en Europa (curva b Figura 2.7), también conocida como de 13 segmentos, esta es la utilizada en México.

Se utiliza la línea tangente a la curva desde el origen hasta los puntos de tangencial.

2.- Curva de la ley "μ"; sistema estandarizado por la North America Bell y UIT-T, obtiene una curva a través del origen al desplazar toda la curva al origen (curva c Figura 2.7).

Cuantización No lineal

En la práctica, las curvas están aproximadas por partes lineales



a) Curva
logarítmica, para
valores positivos y
negativos

b) Ley A

c. Ley μ

Figura. 2.7 Curvas de cuantización no lineal.

c) CODIFICACIÓN

Después de ser cuantificada, la muestra de entrada, está limitada a 256 valores discretos. La mitad de estas son muestras codificadas positivas, la otra mitad son muestras codificadas negativas. Hay 256 niveles, así que son necesarios 8 bits para codificar todos los niveles. Para seleccionar cual combinación correspondería con cual nivel, existen diferentes posibilidades. Existen muchos códigos diferentes, pero los códigos más usados son:

- a) Código Natural y
- b) Código Simétrico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a) Código natural.

Usando el código natural, veremos que el nivel de señal más bajo (valor más negativo) corresponderá al código con el peso menor (00000000). De acuerdo al nivel de señal más alto (nivel más positivo) corresponderá al código con peso más alto (11111111).

b) Código simétrico.

En este código, los 8 bits están divididos en 2 partes, el primer bit que corresponde al signo de la señal y los siete restantes definen la magnitud.

Cuando el bit de signo es 1, se tiene un valor positivo y cuando es 0, tiene un valor negativo. Un cierto valor positivo o negativo resultará en un código de 7 bits. La distancia entre ambas señales es hecha por medio del bit de signo.

Este código es el normalmente usado, en la tabla 2.1 se muestra la comparación de los dos tipos de códigos mencionados anteriormente.

Codificación

Comparación entre el código natural y simétrico

Valor cuantizado	Código natural (ley μ)	Código simétrico (ley A)
Valor más positivo	11111111	11111111
	10000000	10000000
Cero	-----	-----
	01111111	00000000
Valor más negativo	00000000	01111111

Tabla 2.1 Comparación de Códigos.

En la siguiente figura 2.8 se observa la Ley A. Se divide en 13 segmentos . En la mitad inferior caen las muestras con polaridad negativa y en la mitad superior, las positivas. Cada segmento contiene 16 niveles, excepto el nivel 7 que tiene 64 niveles (realmente son cuatro niveles en uno). Sumando todos los niveles obtenidos por esta ley.

Codificación

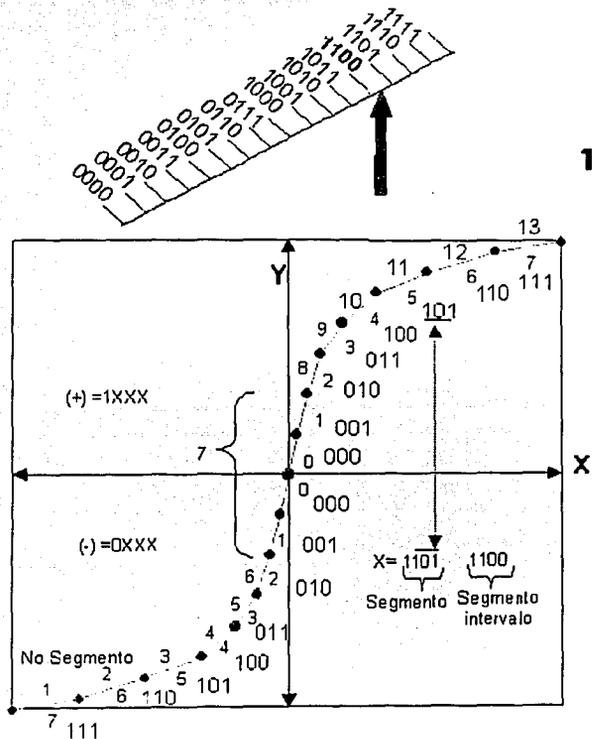
Ejemplo: Dada la siguiente muestra con código binario:

B= 11011100

En ella el primer bit (1) lo sitúa como muestra positiva. Los siguientes 3 bits nos indican el segmento, en este caso se sitúan en el segmento 5 (101).

Del bit 5 al 8 nos indica en que nivel del segmento cae la muestra, en este caso nos sitúa en el nivel 13 (1100). Y según la tabla tendrá un valor de 464 mV.

Siguiendo el procedimiento anterior, es posible completar la tabla 2.2 para los valores de voltaje y el escalón al que corresponden.



**Curva ley A
13 segmentos**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura. 2.8 Curva de la Ley A de 13 segmentos.

Codificación

	SEGMENTO	+ / - RANGO DEL NIVEL (mV)	TAMAÑO DEL ESCALÓN
Subsegmento 7	000	16	1
Subsegmento 7	001	32	1
	010	64	2
	011	128	4
	100	256	8
	101	512	16
	110	1024	32
	111	2048	64

Tabla 2.2 Niveles de Codificación.

EJEMPLOS:

Supongamos que queremos modificar una muestra PAM cuyo valor es de +256 mV.

SOLUCIÓN:

Como es positivo el primer bit será = 1

Según su valor y con la tabla observamos que cae en el segmento 100, al estar al comienzo del segmento su límite inferior será de 128 ¿cuántos escalones de 8 mV tiene que subir para llegar al nivel de la muestra de +256 mV? de la tabla anterior obtenemos que:

$$256 - 128 = 128 \text{ mV}$$

Y si los escalones en este segmento valen 8 mV

$$\frac{128 \text{ mV}}{8 \text{ mV}} = 16$$

Por lo tanto se necesitan 16 escalones para lograr +256 mV y convirtiendo el 16 decimal a binario tenemos:

1111

Finalmente:

$$PAM = +256 \text{ mV} = 1 \ 100 \ 1111$$

El procedimiento anterior se puede sistematizar con el siguiente algoritmo o fórmula para obtener los bits del 5 al 8

$$BS_{-8} = \left(ENT \left(\frac{(ABS(M) - ABS(La))}{E} \right) - 1 \right) Bin$$

En donde:

- M: Es la muestra PAM a codificar.
- La: Es el límite del rango anterior
- E: Es el tamaño de escalón.
- Bin: Significa que el resultado hay que transformarlo a código binario.
- ENT: Significa aproximar al siguiente valor entero.
- ABS: Significa no tomar en cuenta el signo del valor

Las características básicas de un PCM 1er orden están dadas por los siguientes parámetros:

- Frecuencia de muestreo es de 8 KHz.
- Duración del espacio de tiempo TS es 3.9 microsegundos.

- Anchura del bit de 0.49 microsegundos.
- Velocidad de transferencia binaria de 2.048 Mbps.
- Período de trama de 125 microsegundos.
- Número de bit por palabra es 8 bit.
- Número de tramas por multitrama de 16.
- Período de multitrama de 2 ms.
- Señal de alineamiento de tramas en tramas pares.
- Señal de alineamiento de multitrama en TS16.
- Palabra de alineamiento de trama fija a 1011011.
- Palabra de alineamiento de multitrama es 00001011.

Para poder llevar a cabo la modulación de pulsos codificados (PCM) utilizaremos la Multiplexación por división de tiempo (TDM). Un sistema TDM (Multiplexación por División de Tiempo), es un sistema de transmisión, en el cual un número de comunicaciones están multiplexadas en una portadora o medio físico al asignar a cada comunicación en un espacio específico de tiempo.

En el espacio de tiempo asignado, se transmite el "valor momentáneo" (fotografía) de la señal. Para usar un sistema TDM, figura 2.9, cada señal analógica debe prepararse, convirtiendo la señal continua en muestras. En el lado de recepción de la portadora, la cadena de bits debe ser demultiplexada.

Esto generará una Trama (frame) que es un conjunto de pulsos, bits o dígitos binarios que se originan tras un ciclo completo de muestreo y codificación de n canales telefónicos, aquí lo denominaremos una Trama PCM.

TDM

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

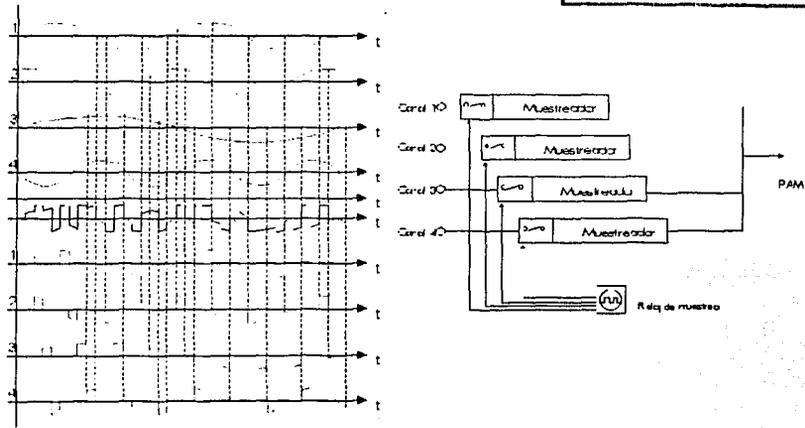


Figura. 2.9 Sistema TDM

Estructura de la trama de 32 canales.

Usando un sistema TDM, un número de comunicaciones puede ser combinado en una portadora. Cada comunicación está representada por una serie de muestras,

cada una de las cuales se representa en forma de un código digital. En Europa ha sido estandarizado y aceptado por la UIT-T un sistema TDM de 32 canales.

Cada cual contiene 8 bits. Esta estructura se llama trama (frame) y tiene 256 bits.

Una llamada es asignada a un canal en una trama semejante. Esto significa que se pueden enviar 8 bits en cada trama. Como una señal de abonado es muestreada cada 125 μ seg. ($f_s = 8$ kHz). La muestra de un usuario es realizada en 8 bits cada 125 μ seg. Por lo tanto la duración del canal es de: $125 \mu\text{seg.} / 32 = 3.906 \mu\text{seg.}$

La velocidad de transmisión (bit rate) de la cadena del PCM es de 256 bits en 125 μ seg., lo cual corresponde a 2.048 Mbits/seg. En la estructura de la trama, la asignación de los canales es de la siguiente manera:

- Canal 0: Sincronización de la trama (alineación)
- Canal 16: Señalización
- Canal 1-15 y 17-31: Voz/datos.

De un total de 32 canales, únicamente 30 pueden ser utilizados para señales de voz y datos. Esta es la razón por la que esta estructura es algunas veces llamada estructura de la trama de 30 canales. Cada canal usado para señales de voz o datos contiene 8 bits, de los cuales el primero se usa como bit de signo y los otros

siete son bits de magnitud codificados de acuerdo a la ley "A". Cada trama o número de canal será dado al mismo abonado.

Estructura de la trama de 24 canales

La cadena de bits consiste de tramas que contienen 193 bits, donde 1 bit es usado para alineación y 192 son usados por los 24 canales de 8 bits cada uno. Una llamada puede ser asignada a un cierto número de canal. Así que cada abonado podrá enviar 8 bits en cada trama, esto es cada 125 μ seg.

Esto significa que la duración máxima de una trama (193 bits) es de 125 μ seg. La razón o velocidad de transmisión (bit rate) de una trama es de 193 bits en 125 μ seg. ó 1.544 Mbits/seg.

La duración de 1 bit es de $125 \mu\text{seg}/193 = 648 \text{ nseg}$.

La duración de 1 canal es de $8 \times 648 \text{ nseg} = 5.18 \text{ nseg}$.

Los 24 canales son usados en la misma forma. Todos son usados tanto para voz como para señalización. La alineación es hecha por 1 bit que es asociado a estos 24 canales. Cada canal tiene 8 bits de los cuales el primero es un bit de signo y los otros 7 son bits de magnitud, codificados de acuerdo a la ley " μ " (estandarizado por el sistema Bell de North american y el UIT-T).

Cuando un número de canal es dado a un abonado, ese abonado puede enviar 8 bits en cada trama, siempre usando el mismo canal. Esta es la razón por la que se tiene 8000 tramas por segundo.

El objetivo de TDM es multiplexar n canales con modulación PCM, según el estándar que se escoja, para lograr lo que se denomina un PCM de 1er. Orden (E1), en la figura 2.10 se muestran la trama de un E1, para esto se genera un conjunto de 16 Tramas PCM numeradas de la 0 a la 15, que es el ciclo completo de TDM en donde además de la información de las muestras de voz, se inserta información de alarmas, señalización y palabras de alineamiento tanto de trama como de lo que aquí en adelante denominaremos Multitrama.

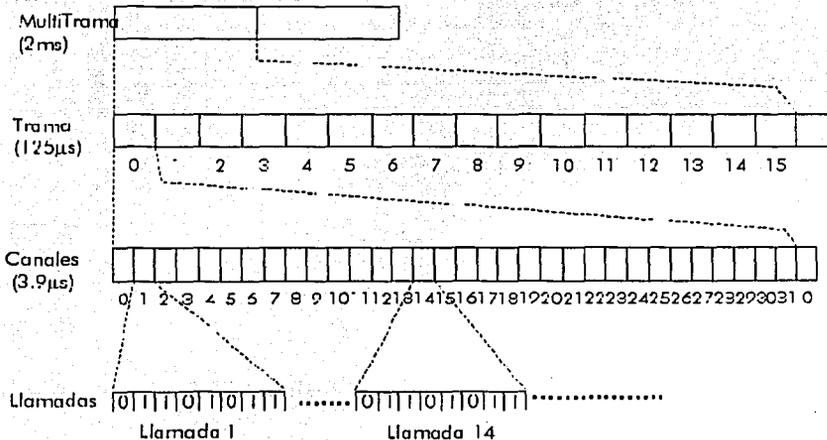


Fig. 2.10 Trama de un E1.

2.2 SEÑALES DIGITALES

Son señales que tienen un número de símbolos y son llamados también "Señales discretas". Sin embargo existen ciertas características, con respecto a su fase y frecuencia, que las hace diferentes entre ellas. En la siguiente figura se muestra la diferencia de una señal digital con la analógica (figura 2.11).

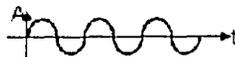
TIPOS DE SEÑALES EN TELECOMUNICACIONES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEFINICIONES

Señal Analógica

- El valor de su amplitud varía de manera continua en el tiempo.



Número indefinido de valores

Señal Digital

- El valor de su amplitud varía entre valores fijos y bien definidos a través del tiempo



Número discreto de valores

Figura 2.11 Comparación de señales.

Es necesario distinguir con claridad las señales Analógicas de las señales Digitales.

Una señal es llamada Analógica, si al acotarla en un intervalo de tiempo, la amplitud toma un número infinito de valores.

Una señal es llamada Digital, si al acotarla en un intervalo de tiempo, la señal toma un número finito de valores. Veamos estos conceptos con un ejemplo. Imaginemos que deseamos transmitir información usando figuras de humo (como lo hacían los indios), figura 2.12.

COMPARACIÓN DE SEÑALES EN TELECOMUNICACIONES

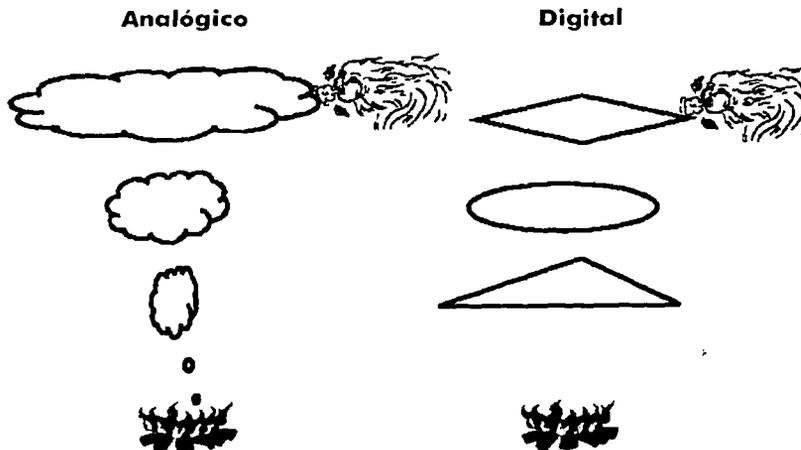


Figura. 2.12 Señales en Telecomunicaciones.

Cuando usamos la forma analógica, nuestras señales de humo, por definición, podrían formar cualquier figura de humo (un número infinito). Pero si usamos la forma digital solo un número finito de figuras serían válidas, por ejemplo, círculos, triángulos y cuadrados.

Al enviar nuestras señales de humo, el viento las distorsionaría, es decir, el medio ambiente distorsiona nuestra información.

El problema ahora es de quien recibe el mensaje. Recordemos que en un sistema analógico cualquier figura de humo es permitida. Por lo tanto, el receptor no puede distinguir cualquier parte de la figura de humo que pertenece a la figura original y lo cuál se debe a la distorsión. Sin embargo, en un sistema digital, cuando se reciben las figuras distorsionadas (claro hasta cierto límite), el receptor es capaz de reconocer la figura original comparándola con la figura que mejor se parece dentro del conjunto de las figuras permitidas. En otras palabras, se está removiendo la distorsión y reconstruyendo la señal original. Incluso si así se desea, estará lista para poderla enviar a otro receptor.

CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE UNA SEÑAL

Cualquiera que sea el tipo de señal: analógica o digital, existen algunos parámetros que las caracterizan. Los parámetros más importantes de la señal son la frecuencia, el periodo y la fase.

Cuando tratamos con señales electromagnéticas (de naturaleza analógica y normalmente de muy alta frecuencia) entonces interviene otro factor que denominamos como longitud de onda. Este factor es muy importante para situarnos en el tiempo de medio de transmisión más adecuado para transportar esas señales.

ANCHO DE BANDA

Un medio físico se convierte en un canal cuando se le acopla un transmisor en uno de los extremos, un receptor en el otro y si es necesario, para evitar el excesivo deterioro de la señal transmitida, unos repetidores intermedios.

Sin embargo, cuando transmitimos una señal por estos canales de comunicación, ésta puede sufrir pérdida de energía dependiendo de las frecuencias que componen a esa señal. Esto ocurre porque cada medio de transmisión posee una respuesta en frecuencia característica.

En la figura 2.13 se muestra el efecto, sobre una señal, del ancho de banda.

Por esta razón, un medio de transmisión permitirá el paso de las señales compuestas por un determinado rango de frecuencia. Cualquier señal con una frecuencia comprendida dentro de este rango que se transmita por él, sufrirá la misma atenuación en los armónicos que se encuentren dentro del rango de frecuencia intrínsecas al canal.

ANCHO DE BANDA DE UN CANAL

Llamaremos ancho de banda de un canal al rango de frecuencias entre las cuales la señal sufre la misma atenuación durante la transmisión, de forma que se pueda aplicar la misma escala de amplificación para ese rango de frecuencia sin que se produzca una distorsión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ancho de Banda

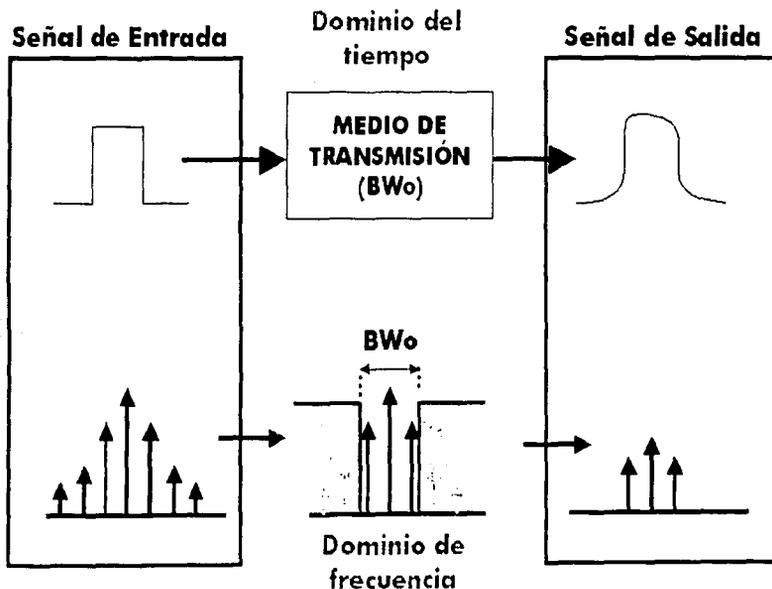


Fig. 2.13 Ancho de Banda para una señal.

El ancho de banda sería entonces la diferencia entre la frecuencia superior e inferior que se puede transmitir sin distorsión por un medio físico empleado como canal de comunicación

Otra manera de expresar el concepto del ancho de banda de un canal es a través del concepto de pérdidas o ganancias de una señal expresada en decibelios o decibeles.

TIPOS DE SEÑALES DIGITALES SEGÚN SU FASE Y FRECUENCIA

Comparando las señales digitales con respecto a su fase y frecuencia existen los siguientes tipos de señales digitales:

- a) Asíncronas
- b) Síncronas
- c) Plesiócronas

a) Señales Asíncronas:

Las señales asíncronas nunca están en fase ni en frecuencia entre sí.

b) Señales Síncronas:

Son señales que tienen la misma fase y frecuencia entre sí. Si los elementos de una red utilizan como referencia un mismo reloj para transmitir información y todas las recomendaciones están basadas en esta, entonces tenemos una red con señales síncronas.

Por ello, parcialmente en el proceso de la digitalización de las centrales telefónicas, TELMEX estableció el sistema de sincronización de la red, para la cual instaló y puso en operación a partir de septiembre de 1991, un sistema de relojes de haz de cesio; estos proporcionan los impulsos de referencia para la transmisión de información en los sistemas digitales del país.

c) Señales Plesiócronas:

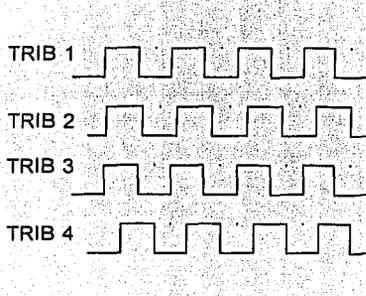
Dos señales son plesiócronas si sus instantes significativos correspondientes se presentan con la misma frecuencia nominal y cualquier variación de frecuencia y fase se mantiene dentro de límites determinados. Para entender este concepto consideremos el procedimiento que se realiza al multiplexar las cuatro tributarias de un mismo orden jerárquico, éstas señales pueden estar defasadas entre sí, ya que existe un margen de tolerancia para sus velocidades nominales. En la figura 2.14 se observa la diferencia entre una señal Sincrona y una Plesiócrona.

La multiplexación de señales plesiócronas es más compleja que las señales sincronas por lo que para adaptación de éstas cuatro señales plesiócronas al reloj del sistema del equipo multiplexor, se hace uso de un sistema de justificación.

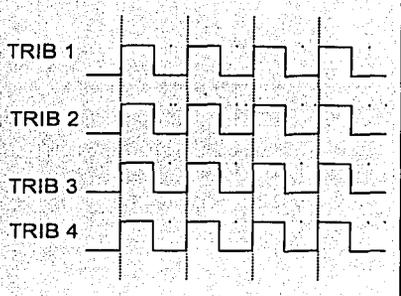
Este proceso permite que las tributarias entren con una razón de velocidad diferente, para que sean correctamente relacionadas a la razón del reloj del equipo multiplexor.

Las señales plesiócronas tienen la misma velocidad nominal. Pero con diferencias de fase y frecuencia.

Las señales sincronas tienen velocidad igual y fase igual.



Entrada al Multiplexor



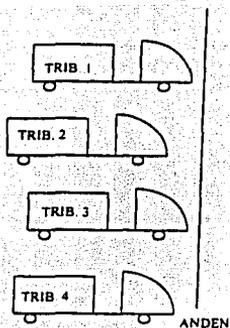
Entrada al Multiplexor

Figura 2.14 Diferencia de señales sincronas y plesiócronas.

COMPARACIÓN ENTRE SEÑALES PLESIOCRONAS Y SINCRONAS

Para comprender mejor este concepto veamos una comparación entre las señales plesiócronas y sincronas. Supongamos que las tributarias son camiones que van a entrar a un andén de carga, para que su información sea transportada a un camión más grande. En un ambiente plesiócrono los camiones entrarían al andén de carga en un instante, pero desfasados en instantes de tiempos pequeños. Por el contrario en un ambiente sincrónico estos llegarían al mismo tiempo al andén de carga. Ver fig. 2.15

SEÑALES PLESIOCRONAS



SEÑALES SINCRONAS

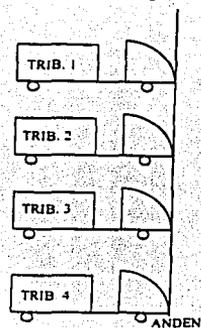


Figura. 2.15 Comparación de señales sincronicas y plesiócronas.

2.3 ESTRUCTURAS JERARQUICAS.

Descripción de los sistemas de alto orden.

Las señales de los equipos que utilizan PCM y de otras fuentes de señales digitales pueden agruparse en velocidades binarias más elevadas. En la jerarquía de multiplexado de señales digitales, según la norma Europea, se agrupan 4 señales digitales, en una nueva señal digital.

En la figura 2.16, se observa el diagrama de jerarquización de alto orden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

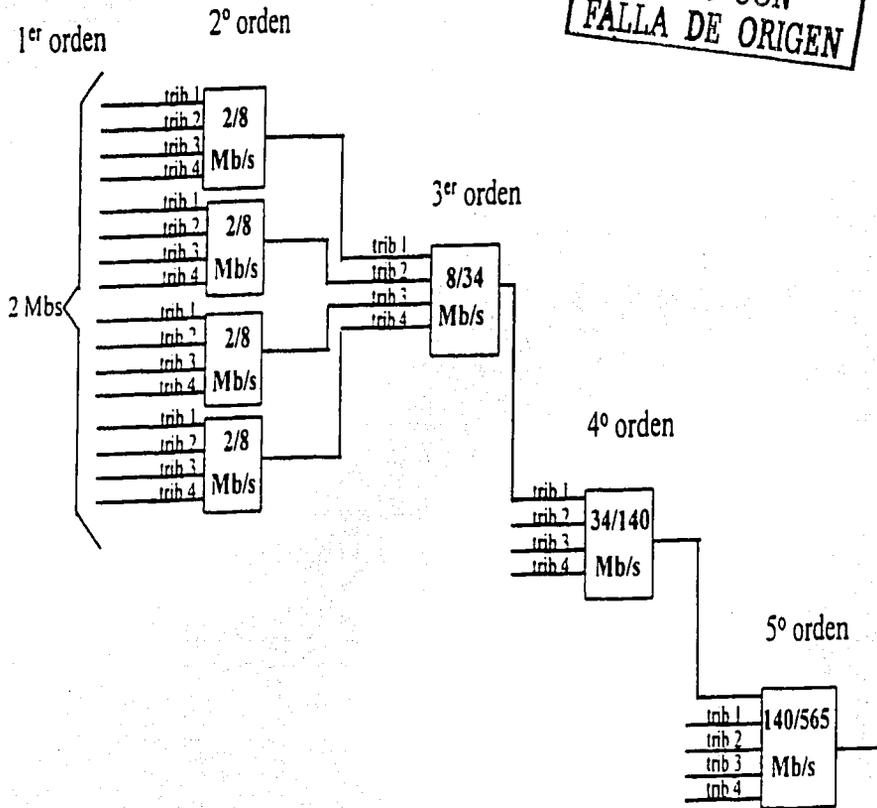


Figura. 2.16 Principios de los sistemas de alto orden.

Los sistemas considerados de 5° orden, son mejor conocidos como multiplexores de 565 Mb/s, en los cuales varía su estructura de trama dependiendo de cada fabricante.

Transmisión de la información.

La figura 2.17 nos muestra la forma como se puede transmitir la información en cada orden jerárquico.

Velocidades nominales.

En la tabla 2.3 se observan las velocidades nominales de los diferentes ordenes jerárquicos y sus tolerancias en partes por millón (ppm).

Orden	Vel. Kb/s	±ppm	±Bits	Exponencial	Rango en bits
1°	2 048	50	102.4	5×10^{-5}	2047 897.6-2048 102.4
2°	8 448	30	253.44	3×10^{-5}	8447 746356-8448 253.44
3°	34 368	20	687.36	2×10^{-5}	34367 312.64-34368 687.36
4°	139 264	15	2088.96	1.5×10^{-5}	139261 911-139266 089
5°	564 992	15	8474.88	1.5×10^{-5}	564983 525.1-565000 474.9

Tabla 2.3 Velocidades de los ordenes jerárquicos y sus tolerancias

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

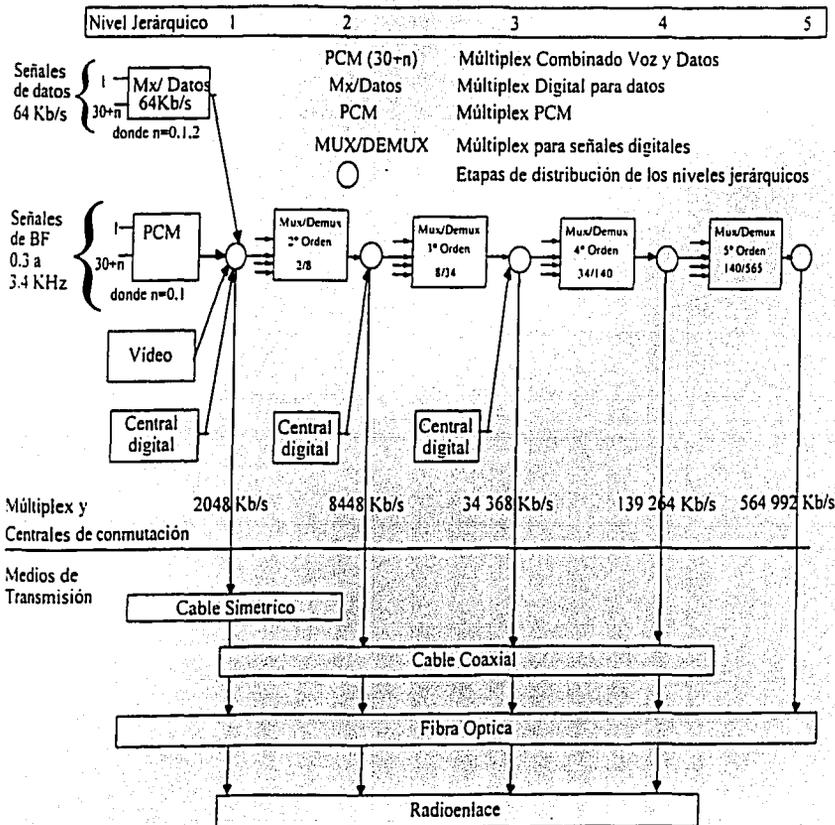


Fig. 2.17 Estructura jerárquica de los sistemas de transmisión digital.

Jerarquías de multiplexación.

Existen tres normas de multiplexación a partir de una señal de 64 Kbps. Estas son normadas por la UIT-T en la recomendación G702.

- Norma americana (ANSI).
- Norma europea (ETSI).
- Norma japonesa

Todas las jerarquías parten de una velocidad a nivel de canal de 64 Kbps sobre la que se estructuran los niveles jerárquicos en cualquier sistema.

En la jerarquía de multiplexaje norma europea, en cada nivel de orden jerárquico se agrupan respectivamente 4 señales digitales de orden jerárquico inferior en un tren de pulso de orden superior.

Por ejemplo, para pasar del 1er. Orden al 2do. Se agrupan cuatro sistemas de 30 canales (llamados tributarias) a 2.048 Mbps. Para pasar del 2do. Al 3er. Se agrupan 4 sistemas a 120 canales (Tributarios a 8.448 Mbps) y para pasar del 3er. Al 4to. Se agrupan 4 sistemas a 480 canales a 34.368 Mbps).

En la figura 2.18 se observa la comparación entre sistemas jerárquicos con distintas normas entre sí.

Comparación Jerárquica.

Norma Japonesa Norma Americana Norma Europea (CCITT)

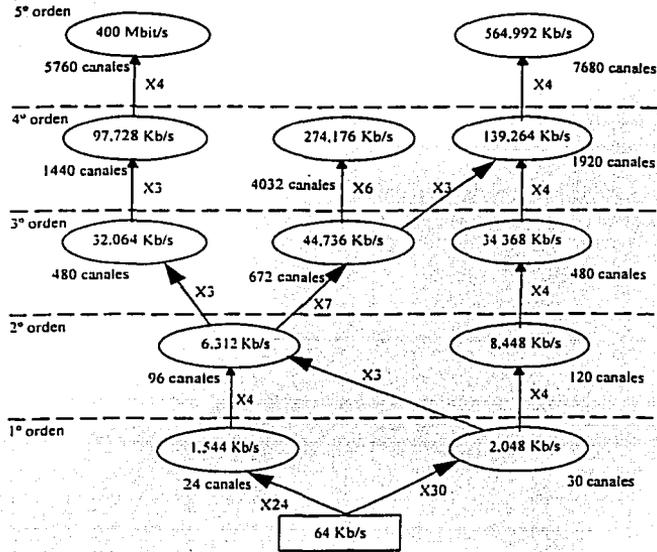


Fig. 2.18 Comparación entre sistemas jerárquicos con distintas normas entre sí.

Todas las jerarquías parten de una velocidad a nivel de canal de 64 Kb/s sobre la que se estructuran los niveles jerárquicos en cualquier sistema.

En TELMEX los sistemas de transmisión digitales que se utilizan se basan en el sistema Europeo.

2.4.- ESTRUCTURA PDH Y SDH.

Estructura PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona).

Los niveles jerárquicos de velocidades PDH que se utilizan en México se muestran en la tabla 2.4 y en la figura 2.19.

Velocidades de Jerarquía PDH (Europea)		
Orden	Velocidad binaria	Capacidad de canales
Primer orden	2048 Mbps	30
Segundo orden	8,448 Mbps	120
Tercer orden	34,368 Mbps	480
Cuarto orden	139,264 Mbps	1920
Quinto orden	565,992 Mbps	7680

Tabla 2.4 Velocidades PDH.

Así en cada paso, el multiplexor debe tomar en cuenta el hecho de que las velocidades a las que llegan en cada tributaria son distintas, por ello se utiliza el método PDH.

A esto se debe el nombre de Plesio (casi) cron (síncrona).

Multiplexación para PDH:

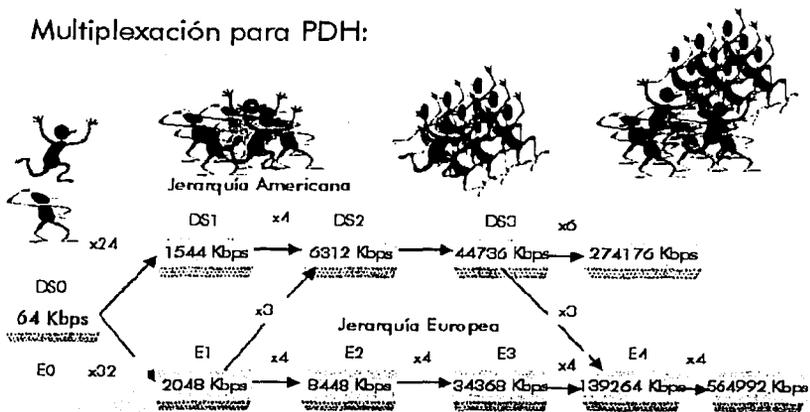


Figura 2.19 Multiplexación para PDH.

Cada señal de entrada obtiene tributarias que le permiten un cierto rango de velocidades. El Multiplexor lee cada tributaria a la velocidad de reloj más alta permitida, cuando no hay bits en el buffer de entrada (debido a que los bits están llegando a una velocidad de reloj menor), este añade un bit de relleno ("stuffing") para completar la señal hasta la velocidad más alta.

Esto conlleva un mecanismo que indica al Demultiplexor que se han usado bits de relleno y los cuáles deben descartar. Este método se denomina **Justificación** y es la base de todos los sistemas de transmisión digital actuales.

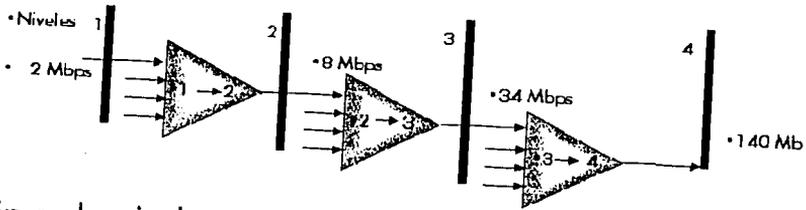
Multiplexaje Plesiócrono. (Figura 2.20)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En cada nivel:

- Palabra de inserción para alineamiento de trama.
- Adición de bits de justificación y relleno (Stuffing).
- Adición de señales de servicio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En cada nivel:

- Palabra de inserción para alineamiento
- Adición de bits de justificación y stuffing
- Adición de señales de servicio.

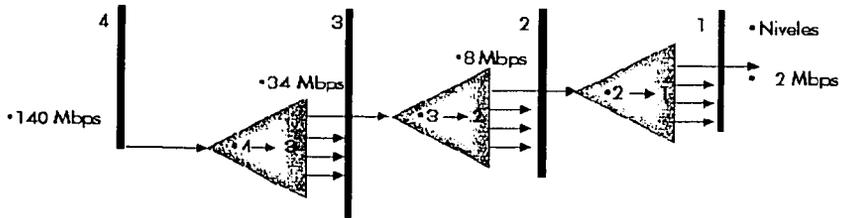
Figura 2.20 Etapas del Multiplexaje Plesiócrono.

Demultiplexaje Plesiócrono. (Figura 2.21)

En cada nivel.

- Extracción de la señal de reloj.
- Recuperación de la palabra de alineamiento de trama.
- Recuperación de bits adicionales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En cada nivel:

- Extracción de la señal de reloj.
- Recuperación de la palabra de alineamiento de trama.
- Recuperación de bits adicionales.

Figura 2.21 Etapas del Demultiplexaje Plesiócrono.

ESTRUCTURA SDH (Jerarquía Digital Síncrona) .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SDH surge por la necesidad de evolucionar hacia un sistema de transmisión de más alta velocidad, más confiable y más fácil de administrar que su antecesor PDH.

SDH (Jerarquía Digital Síncrona)

Técnica actual utilizada para combinar tramas de información en tramas cada vez mayores para una transmisión eficiente sobre enlaces de alta capacidad.



La velocidad binaria básica definida en SDH es 155,52 Mbps. Esta velocidad se deriva de una estructura matricial constituida por 270 columnas y 9 filas de bites en donde se transmite la información. La transmisión es secuencial, de manera que se transmite primero los bytes correspondientes a la primera fila, seguida de la segunda y así sucesivamente. En cada byte se transmite primero el bit más significativo.

Si en cada estructura de 270×9 bytes se desea transmitir un byte de un canal telefónico, por el teorema de Nyquist, se debe transmitir 8.000 estructuras por

segundo (una estructura cada 125 microsegundos). En consecuencia, La velocidad es de $270 \times 9 \times 8.000 \text{ bits} = 155,52 \text{ Mbps}$.

Se define también las velocidades binarias más altas, múltiplos de la anterior, como 622,080 Mbps.

En SDH también se cuentan con sistemas de alto orden de multiplexación denominados STM (Synchronous Transport Module) que son frames síncronos estandarizados en los que se incrustarán conjuntos de estructuras de datos jerárquicos identificados mediante encabezados específicos para cada orden. Sus ordenes de multiplexación son como sigue, tabla 2.5:

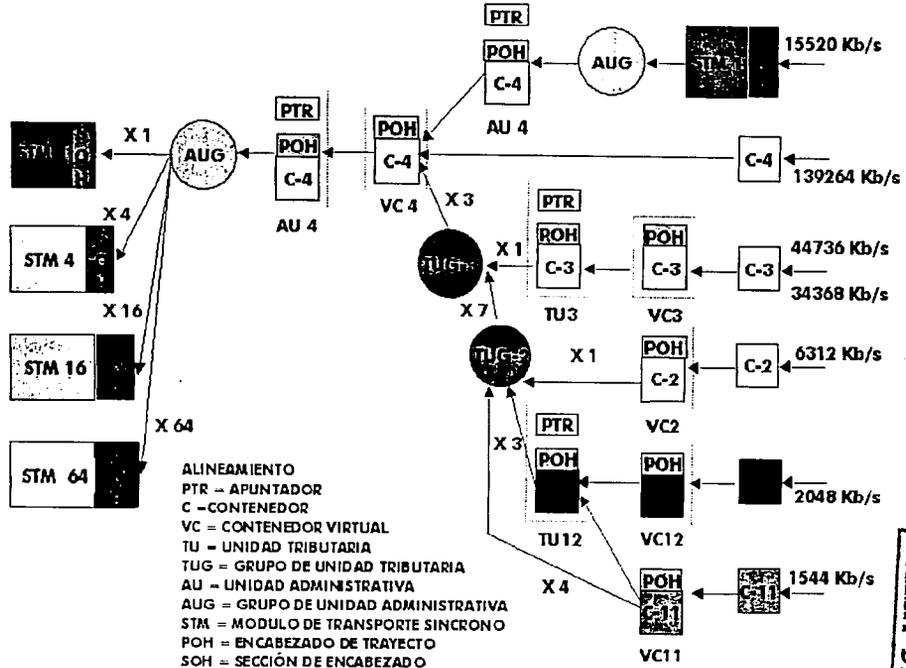
Nivel SDH	Designación de la señal	Velocidad en Mbps
1	STM-1	155.52
4	STM-4	622.08
16	STM-16	2488.32
64	STM-64	9953.280

Tabla 2.5. Velocidades de SDH.

El método para multiplexar la señal de bajo orden a la señal requerida de orden SDH se ilustra en la figura 2.22.

Estructura de Multiplexación PDH a SDH

Figura 2.22 Estructura de multiplexación SDH.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Descripción General de la Figura 2.22.

Contenedor(C-n): Es la estructura que forma la caja útil de información. Es la caja negra o recipiente en el cual se colocan las señales de información de entrada. Cada una de ellas tendrá sus reglas de mapeo o adaptación de las distintas velocidades de los flujos de entrada, mediante un proceso de Justificación para compensar las variaciones en frecuencia de dichas señales.

El dígito n define el orden PDH de las señales de entrada, el orden 1 se divide en dos: el 11 para estándar americano (1544 Kbps) y el 12 para el estándar Europeo (2048 Kbps)

Contenedor Virtual (VC): Estructura de información usada para establecer conexiones entre distintos niveles de trayecto. En el VC se agregan las facilidades (encabezado o Path Over Head=POH) para la supervisión y el mantenimiento de las trayectorias de punta a punta del contenedor o grupos de Unidades tributarias (TU).

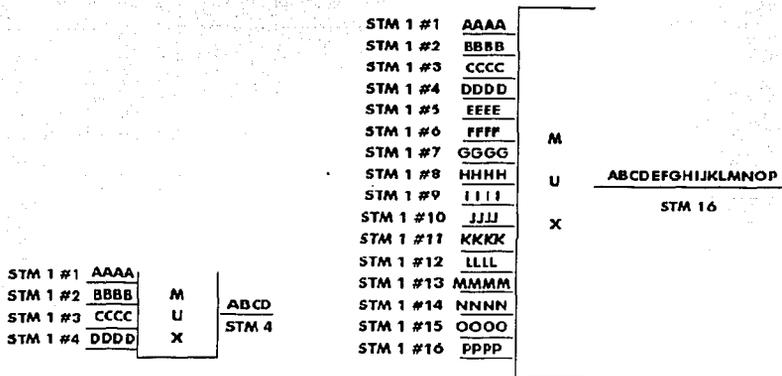
- Unidad Tributaria (TU): Aquí se agregan los apuntadores a los contenedores virtuales, que permiten al sistema SDH el compensar las diferencias de fase o frecuencia dentro de la red y también localizar el inicio del contenedor virtual.

- Grupo de Unidades Tributarias (TUG): Agrupa a varias TU's que se multiplexan juntas para generar flujos de alto orden SDH.
- Unidad Administrativa (AU): Su función es agregar apuntadores a los contenedores virtuales: en forma similar que las unidades tributarias. Estructura que adopta información entre la trayectoria de alto orden y la sección multiplexora.
- Grupo de Unidades Administrativas (AUG): Agrupan a varias AU's que van juntas para formar un sistema SDH de primer orden. En la multiplexación, de acuerdo con la estructura de ETSI, el AUG es idéntico a la única AU que se define.
- Módulo de Transporte Síncrono (STM): Aquí se agregan las facilidades para la supervisión y el mantenimiento (Sección de Encabezado SOH) de las secciones de multiplexor y de regeneradores a un número de grupos de AU's. El dígito n define el orden del STM y en la estructura de multiplexación, n también es el número de AUG's o STM-1 que son los transportados en el módulo.

Multiplexación SDH.

Existen dos métodos de multiplexación para formar un STM-n (1, 4, 16, 64). Uno es multiplexar "n" STM-1's, multiplexando byte a byte. El otro es multiplexar AU-4's y luego agregar un SOH especial para formar STM-n.

El primer método es el más usado y la forma de hacerlo se denomina "entrelazado de bytes", figura 2.23.



Entrelazado de bytes de 4 señales STM 1 para formar una señal STM 4

Entrelazado de bytes de 16 señales STM 1 para formar una señal STM 16

Figura 2.23 Multiplexación de un STM-4 y un STM-16.

Encabezados de Trayecto.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En el sistema SDH se tienen agregadas etapas a la señal transportada que reciben el nombre de encabezados. Cada sección y trayectoria en los enlaces de sistemas SDH lleva un encabezado que es utilizado para sus funciones de administración y de supervisión, figura 2.24. Estos encabezados se encuentra en cada:

- Sección de Regeneradores.

- Sección de Multiplexaje.
- Trayectoria de alto orden de Punta a Punta (HLP: High Level Path)
- Trayectoria de bajo orden de Punta a Punta (LLP: Low Level Path)

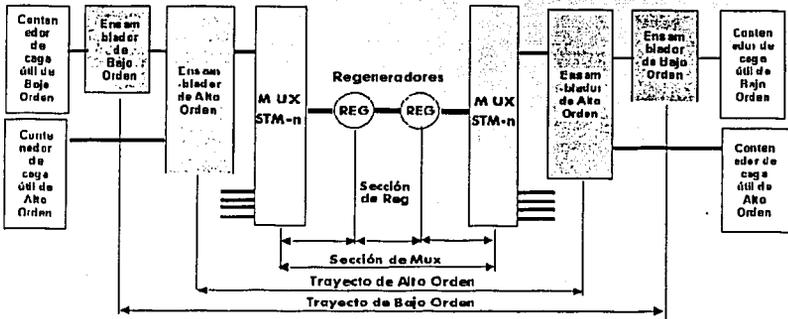


Figura 2.24 Secciones y Trayectorias.

Estos encabezados están contenidos en la Trama del STM-1, que es una trama de 9 Filas por 270 columnas y se denominan:

- Los primeros 9 bytes en cada fila llevan información que el sistema utiliza para sí mismo. La sección de encabezados es: SOH = ROS + MSOH.
- Encabezado de sección para regeneradores (ROS) que tiene tres filas por nueve bytes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Encabezado de la Sección Múltiplex (MSOH) que tiene cinco filas por nueve bytes.
- Un apuntador, que ocupa 9 bytes de una fila.
- Los restantes 261 bytes de una fila se utilizan para la capacidad de transporte o carga útil del sistema SDH. Sin embargo, parte de esa capacidad del sistema SDH la utiliza para encabezados adicionales.

Estructura de Trama STM – 1:

En la figura 2.25 se muestra la estructura de la trama de una señal SDH de nivel uno.

Los primeros 9 bytes en cada fila llevan información que el sistema utiliza para sí mismo. Sin embargo, parte de esta capacidad SDH la utiliza para encabezados adicionales. La secuencia de transmisión es una fila a la vez comenzando desde arriba y de izquierda a derecha y cada byte se transmite comenzando con su bit más Significativo (MSB).

STM-1

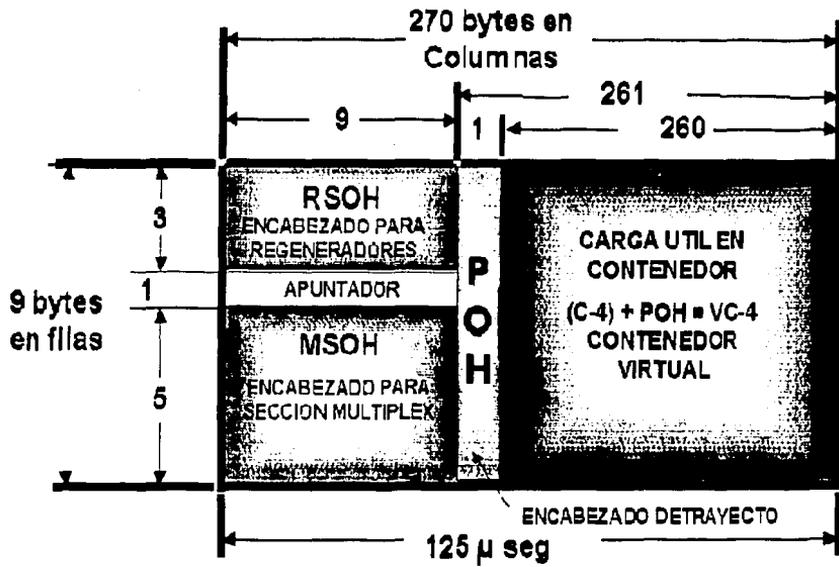


Figura 2.25 Trama de una Señal SDH.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Módulo de Transporte Síncrono de 1er Orden

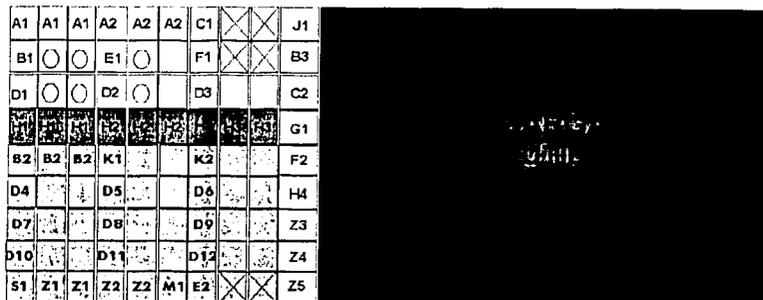
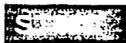


Figura 2.26 Módulo de Transporte Síncrono de 1er Orden.

En la figura 2.26 se nos muestra el módulo de transporte sincrónico en forma general el cual se compone de las siguientes secciones:

- Sección de Encabezados SOH la cual se divide en dos partes el encabezado de la sección de regeneradores ROS (9 columnas x 3 filas = 27 bytes) y el encabezado de la sección multiplex MSOH (9 columnas x 5 filas = 45 bytes).
- La sección de Apuntadores de $9 \times 1 = 9$ bytes en la fila cuatro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Sección de Encabezados de Trayectoria POH la cual esta en la columna 10 y es de 9 bytes.
- Sección de Carga Util (Contenedor) la cual es de (260 columnas x 9 filas = 2340 bytes).

Esto es que el total de bytes que forman a un módulo de Transporte Síncrono (STM-1) es de 270 columnas x 9 filas = 2430 bytes y que si los multiplicamos por 8 bit y después por 8000 Hz obtenemos la velocidad de transmisión del STM-1:

$$2430 \text{ bytes} \times 8 \text{ bit} \times 8000 \text{ muestras / seg.} = 155.520 \text{ Mbps.}$$

El SDH se deriva y es contra parte del estándar Americano SONET (Synchronous Optical Network) o Red Óptica Síncrona que es una jerarquía estandarizada de transmisión óptica propuesta por Bell Core y normalizada por ANSI en la Tabla 2.6 se pueden observar las velocidades de SONET y la comparación de SONET y SDH en la figura 2.27.

Nivel SONET	Velocidad en Mbps	Compatibilidad
STS 1	51.84	
STS 3	155.52	Con STM1
STS-9	466.56	
STS-12	622.08	Con STM4

Tabla 2.6 Velocidades de SONET.

COMPATIBILIDAD SONET & SDH

Nivel SONET	Velocidad en Mbps	Compatibilidad Con SDH
STS-1	51.840	
STS-3	155.520	Con STM-1
STS-9	466.560	
STS-12	622.080	Con STM-4
STS-18	933.120	
STS-24	1244.160	
STS-36	1866.240	
STS-48	2488.320	Con STM-16
	3953.280	Con STM-64

Figura . 2.27 Compatibilidad entre SONET y SDH.

2.5.- CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS PDH Y SDH.

Como SDH por la necesidad de tener un sistema de transmisión de más alta velocidad, más fácil y confiable de administrar que su antecesor PDH, por lo que para comenzar a analizar las características de SDH, analizaremos las de PDH primero. A continuación se muestra un cuadro sinóptico de ambas técnicas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Características PDH (Jerarquía Digital Plesióncrona)

- ▼ PDH es un sistema plesióncrono, requiere bits de justificación y bits de sincronía.
- ▼ No puede segregar o agregar canales.
- ▼ Diseñado para enlaces punto a punto.
- ▼ No tiene capacidad de monitoreo de carga útil.
- ▼ Poca administración y supervisión de la red.
- ▼ A nivel de transmisión compatibilidad limitada entre diferentes fabricantes.
- ▼ Esta orientado a servicio de voz.

Características SDH (Jerarquía Digital Síncrona)

- ▼ Es síncrono, es decir, todos los elementos de la red utilizan un reloj común.
- ▼ Es compatible con PDH (Estándar Americano o Europeo).
- ▼ Normalizado con respecto a medios de transmisión.
- ▼ Soporta PDH y ATM.
- ▼ Realiza una multiplexación visible que permite agregar o segregar señales.
- ▼ Tiene canales para administración de la red.
- ▼ Control centralizado de todos los elementos de la red.

CARACTERÍSTICAS DE PDH

- Es un sistema plesióncrono, esto es, las señales tributarias entrantes pueden traer velocidades diferentes, pueden venir fuera de fase, por lo que se tendrá que agregar bits de justificación para sincronizarlas a todas y de esta manera comenzar la multiplexación TDM, también se tienen que agregar bits de sincronía en cada nivel de multiplexación para indicar el inicio de cada trama.
- En PDH no se tienen las facilidades de insertar canales. Si se desea hacer esto, por ejemplo el sacar una señal de 2 Mbps de un flujo de 140 Mbps se tendría que instalar todos los multiplexores para bajar la señal del cuarto al primer orden y viceversa. PDH fue diseñada básicamente para enlaces punto a punto y no está suficientemente adecuada para funcionar en red.

- Falta de capacidad de monitoreo en la carga útil.
- Pocas facilidades de administración y supervisión de la red
- Por el tipo de multiplexaje no proporciona un sistema de conexión cruzada económica.
- A nivel de medio de transmisión, no hay compatibilidad entre sistemas de diferentes fabricantes.
- PDH está orientado a servicios de voz

CARACTERÍSTICAS DE SDH

- En PDH se realizará una Multiplexación por División de tiempo (TDM) y genera flujos superiores a los 2 Mbps (con tipo de modulación PCM de primer orden) a partir de canales digitales de 64 Kbps, y por lo tanto, esto aplica al estándar Europeo (32 canales) y sus correspondientes niveles jerárquicos.
- El SDH es síncrono, esto es, todos los elementos de la red utilizan como referencia solamente un reloj, existen varias fuentes para sincronizar los equipos SDH, la más difundida es el uso de los relojes atómicos (en general de

Cesio), en la actualidad se busca sincronizar los equipos por medio de los GPS. Es compatible con sistemas PDH (estándar americano y europeo) y transportarlos de manera transparente.

- Esta normalizado en cuanto al medio de transmisión que permite mezclar cualquier tipo de equipo que cumpla con dicha norma. Está preparado para transportar señales PDH y señales de Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).
- Realiza una multiplexación más viable , ya que una señal SDH esta compuesta de señales de más bajo nivel, es decir, velocidades más bajas enclavadas en otras de más alto orden como en los actuales sistemas PDH, las cuales sin embargo, pueden ser fácilmente identificadas de los sistemas de más alto nivel por su configuración de encabezados. Esto hace posible agregar e insertar (Add/Drop) estas señales de bajo orden. Tienen canales de voz y datos para administrar la red dentro de las señales SDH y permite un control centralizado de todos los elementos de la red SDH para operación y el mantenimiento.

2.6.- RECOMENDACIONES PARA EL USO DE PDH Y SDH.

Recomendaciones sobre la Estructura Básica y las señales Eléctricas

Recomendaciones de UIT-T para SDH:

- G702 Velocidades de bit de la Jerarquía Digital.
- G.703 Características físicas y eléctricas de la interfaz de SDH.

- G.707 Velocidades de bit de SDH.
- G.708 Interfaz de Nodo de Red (NNI) para SDH.
- G.709 Estructura de Multiplexación Síncrona.

RECOMENDACIONES PARA LOS ELEMENTOS DE RED DE SDH:

- G.781 Trata sobre la estructura del equipo de multiplexación para SDH.
- ITU-T RECOMENDACIÓN G.782

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE EQUIPO DE SDH (SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY).

La recomendación G.781 nos presenta la estructura de Recomendaciones sobre equipo SDH. Esta Recomendación presenta un repaso de las funciones de equipo SDH, ejemplos de multiplexores y tipos de equipos cross-connect y requerimientos generales de ejecución.

Las posibilidades de formas de adicionar/eliminar, la mezclar de payloads y la flexible asociación de tributaria/canales en equipo SDH la hacen difícil para proveer una Recomendación la cual es in ambigua, mientras que genéricos suficientes se restan, no para obligar implementaciones. Para sobre llevar estas dificultades, la aproximación del "modelo funcional de referencia" ha estado

adoptado. Por lo tanto estas series de recomendaciones describen los equipos en periodos de varios bloques funcionales. Esta división lógica se uso para simplificar y generalizar la descripción. Esto no implica ninguna división o implementación física.

- G.783 Características de los bloques funcionales del equipo de multiplexación de la SDH.
- G.784 Administración de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).
- Norma ETS 300 371

Transmisión y Multiplexación

Modelo de Información de Jerarquía Plesiócrona Digital (PDH) para el elemento de red (NE)

Este Estandar Europeo de Telecomunicación (ETS) define el modelo de información a ser usado entre elementos de red (NEs) y administración de sistemas, para administración de equipo que use Jerarquía Digital Plesiócrona.

Este ETS define:

El modelo de información para elementos utilizando multiplexación PDH, incluyendo interfaces PDH de elementos de red de SDH. Sin embargo, este ETS

no define aspectos como el paquete de protocolos a ser usados en la comunicación ni los modelos de información para otros sistemas o equipos.

El modelo de información definida en este ETS es concerniente a la administración de NEs, el equipo y las funciones contenidas en ellos.

- Norma ETS 300 785

Transmisión y Multiplexación (TM)

Jerarquía Digital Sincronía (SDH)

Bloques funcionales específicos de radio en SDH para la transmisión de Mx sub-STM-1.

Este ETS define bloques funcionales específicos para Sistemas Digitales de Radio Relevadores (DRSS), los cuales se usan en SDH para transmitir sub-STM-1 (Synchronous Transport Module-1) con una tasa de 51.84 Mbps.

- Norma ETS 300 365

Transmisión y Multiplexación (TM)

Jerarquía Digital Sincronía (SDH)

Bloques funcionales específicos de radio para transmisión de Mx STMN-N

Este Estándar de Telecomunicación Europeo (ETS) define bloques funcionales específicos para los Sistemas de Radiorelevadores radioeléctricos (DRRS), el cual usa SDH para transmitir Mx STM-N.

Considerando que:

La norma G.783 describe las características de los bloques de los equipos SDH.

y que el ETS.300.417 define una librería básica construyendo bloques y un conjunto de reglas, los cuales pueden ser combinados para describir un equipo SDH, este SDH usa la metodología especificada en la norma G.783 para dar una descripción genérica de un SDH DRRS. Sin embargo, en un anexo informativo ha sido incluida una descripción funcional para facilitar un mejoramiento futuro.

Este ETS define

- Los bloques funcionales específicos para SDH DRRS.

Este ETS no define:

- El modelo de información para elementos de redes de radio relevadores.
- El stack de protocolos a ser usados para la comunicación de mensajes.

- El proceso de administración del nivel de red.
 - El bloque funcional ya definido por la recomendación G.783 y ETS 300 147.
-
- Norma G.774.03

Aspectos generales de los Sistemas de Transmisión Digital.

Manejo de la sección múltiple de protección para el elemento de red de Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

Esta recomendación provee un modelo de información que define las clases de objetos requeridos de administración de redes de telecomunicaciones (TMN) para el manejo de las funciones de protección para los elementos de redes SDH. Estos objetos son relevantes para la información intercambiada a través de interfaces estandarizadas definidas en la arquitectura de la Recomendación M.3010 TMN.

Esta recomendación aplica a los elementos de redes SDH los cuales operan la función de protección de múltiple función y también en los sistemas en el TMN que manejen elementos de redes SDH. Las capacidades funcionales de los equipos SDH, particularmente los de función de switching de sección de protección están dadas en la Recomendación G.783

CAPITULO 3

PLAN DE CANALIZACIÓN DE LA BANDA DE FRECUENCIAS DE 7125 – 7425 MHz.

3.1 PLAN DE CANALIZACIÓN ACTUAL DE LA BANDA DE FRECUENCIAS DE 7125 – 7425 MHz.

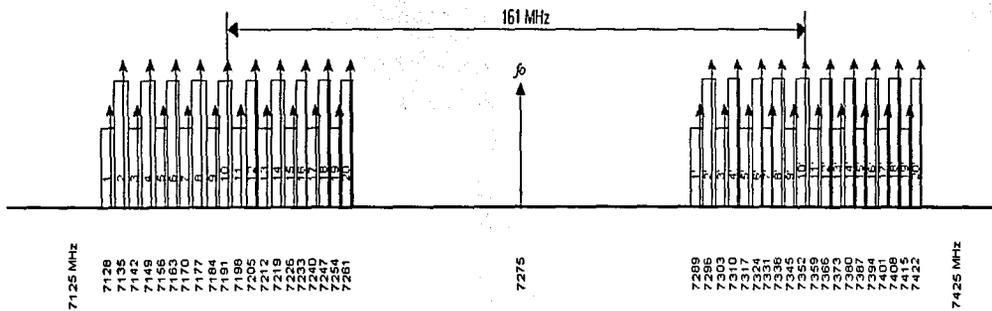
El plan de canalización de 7 GHz fue elaborado en el año de 1974.

El segmento de dicha banda es de 7125 – 7425 MHz; la frecuencia central es 7275 MHz; tiene un ancho de banda de 300 MHz, el cual está dividido en 20 radiocanales de ida en una mitad de la banda y 20 radiocanales de retorno en la otra mitad; la separación entre canales adyacentes es de 7 MHz y entre transmisor y receptor es de 161 MHz; la separación del último canal de ida con el primero de regreso es de 28 MHz y las guardas de la banda son las frecuencias 7125 y 7425 MHz.

La capacidad utilizada en esta banda es de 60, 120 y 300 canales telefónicos analógicos y el ancho de banda para cada capacidad es de 3.64, 4.50 y 7.23 MHz, respectivamente.

El plan de canalización se muestra en la figura 3.1.

FIGURA 3.1 CANALIZACIÓN ACTUAL EN LA BANDA DE 7125 - 7425 MHz
(REC. UIT-R F.385-6)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.- OCUPACIÓN DE LA BANDA DE 7125 – 7425 MHZ EN LA ZONA CENTRO DEL PAÍS.

Las frecuencias de la banda de 7125 – 7425 MHz están ocupadas por empresas concesionarias y permisionarias. Las empresas concesionarias se encargan de dar servicios al público en general y las permisionarias utilizan las frecuencias para atender necesidades de comunicación de la propia empresa.

Los servicios que prestan las empresas concesionarias al público son: transmisión de voz y de datos.

Los usos que le dan las empresas permisionarias a las frecuencias son: transmisión de voz, datos, telemedición, teleprotección y telemando.

El concesionario que opera la banda antes aludida es Teléfonos de México y los permisionarios que operan en esa misma banda son: la Comisión Federal de Electricidad, Petróleos Mexicanos, Ferrocarriles Nacionales de México y el Instituto Politécnico Nacional.

3.3.- NUEVO PLAN DE CANALIZACIÓN DE LA BANDA DE 7125 – 7425 MHZ.

La banda de 7 GHz comprende los segmentos de 7125 – 7425 MHz, 7425 – 7725 MHz y 7425 – 7900 MHz, los cuales tienen características diferentes entre sí, como son la separación entre transmisor y receptor, la separación entre canales adyacentes y las capacidades de la velocidad de transmisión, por lo que nos

enfocaremos exclusivamente al segmento de 7125 – 7425 MHz, el cual se explica a continuación:

El nuevo plan de canalización de la banda de 7125 - 7425 MHz, describe la disposición preferida de radiocanales para los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales con velocidad de transmisión de 155 Mb/s, la cual contempla una capacidad de 1920 canales telefónicos, con una separación de radiocanales adyacentes de 28 MHz; con una frecuencia central de 7275 MHz; un ancho de banda de 300 MHz, dividido en 5 radiocanales de ida en una mitad de la banda y 5 radiocanales de retorno en la otra mitad; y la separación entre canal transmisor y receptor es de 154 MHz; la separación del último canal de ida con el primero de regreso es de 42 MHz y las guardas de la banda son las frecuencias 7125 y 7425 MHz; la cual se representa en la figura 3.2 en la que los valores tienen el significado siguiente:

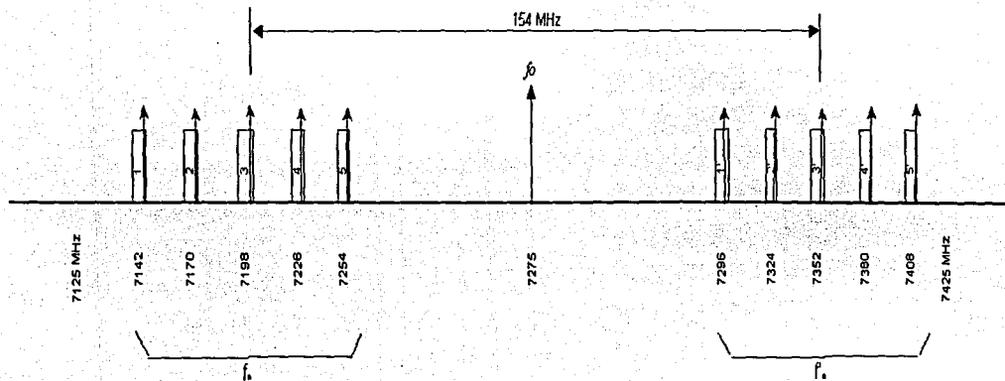
Sean:

f_0 La frecuencia del centro de la banda ocupada (MHz).

f_n La frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda (MHz).

f'_n La frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda (MHz).

FIGURA 3.2 PLAN DE CANALIZACIÓN PROPUESTA EN LA BANDA DE 7125 - 7425 MHz, PARA LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS DIGITALES (REC. UIT-R F.385-6)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Entonces las frecuencias en MHz de cada uno de los radiocanales se expresan mediante las relaciones siguientes:

$$\text{Mitad inferior de la banda } f_n = f_0 - 161 + 28n$$

$$\text{Mitad superior de la banda } f'_n = f_0 - 7 + 28n$$

Donde: $n = 1, 2, 3, 4$ y 5 .

$$f_1 = 7275 - 161 + 28(1) = 7142$$

$$f_2 = 7275 - 161 + 28(2) = 7170$$

$$f_3 = 7275 - 161 + 28(3) = 7198$$

$$f_4 = 7275 - 161 + 28(4) = 7226$$

$$f_5 = 7275 - 161 + 28(5) = 7254$$

$$f'_1 = 7275 - 7 + 28(1) = 7296$$

$$f'_2 = 7275 - 7 + 28(2) = 7324$$

$$f'_3 = 7275 - 7 + 28(3) = 7352$$

$$f'_4 = 7275 - 7 + 28(4) = 7380$$

$$f'_5 = 7275 - 7 + 28(5) = 7408$$

Todos los radiocanales de ida deben estar en una mitad de la banda y todos los radiocanales de retorno en la otra mitad.

3.4.- POSIBILIDAD DE CONVIVENCIA DE LA TECNOLOGÍA ACTUAL Y LA QUE SE PROPONE.

Para que puedan coexistir los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales y analógicos se debe modificar el plan de canalización actual considerando una nueva distribución de radiocanales analógicos y digitales como se explica a continuación:

El nuevo plan de canalización de la banda de 7125 – 7425 MHz, describe la disposición preferida de radiocanales para los sistemas de relevadores radioeléctricos analógicos de hasta 300 canales telefónicos; con una separación entre canales adyacentes de 28 MHz; con una frecuencia central de 7275 MHz; tiene un ancho de banda de 300 MHz, los cuales están divididos en 5 radiocanales de ida en una mitad de la banda y 5 radiocanales de retorno en la otra mitad; y entre transmisor y receptor es de 182 MHz, la separación del último canal de ida con el primero de regreso es de 70 MHz, y las guardas de la banda son las frecuencias 7125 y 7425 MHz, la cual se representa en la figura 3.3 en la que los valores tienen el significado siguiente:

Sean:

f_0 La frecuencia del centro de la banda ocupada (MHz).

f_n La frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda (MHz).

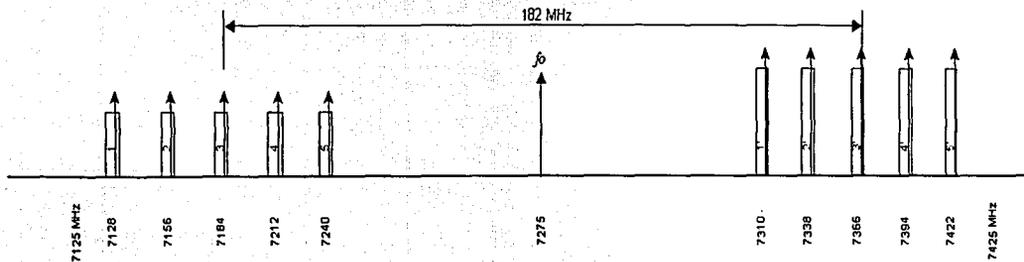
f'_n La frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda (MHz).

Entonces las frecuencias en MHz de cada uno de los radiocanales se expresan mediante las relaciones siguientes:

Mitad inferior de la banda: $f_n = f_0 - 175 + 28n$

Mitad superior de la banda: $f'_n = f_0 + 7 + 28n$

FIGURA 3.3 DISPOSICIÓN DE RADIOCANALES PARA LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS ANALÓGICOS
(TODAS LAS FRECUENCIAS EN MHz) EN LA BANDA DE 7125 - 7425 MHz (REC. UIT-R F.385-6)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde:

$n = 1, 2, 3, 4$ y 5

$$f_1 = 7275 - 175 + 28(1) = 7128$$

$$f_2 = 7275 - 175 + 28(2) = 7156$$

$$f_3 = 7275 - 175 + 28(3) = 7184$$

$$f_4 = 7275 - 175 + 28(4) = 7212$$

$$f_5 = 7275 - 175 + 28(5) = 7240$$

$$f'_1 = 7275 - 7 + 28(1) = 7310$$

$$f'_2 = 7275 - 7 + 28(2) = 7338$$

$$f'_3 = 7275 - 7 + 28(3) = 7366$$

$$f'_4 = 7275 - 7 + 28(4) = 7394$$

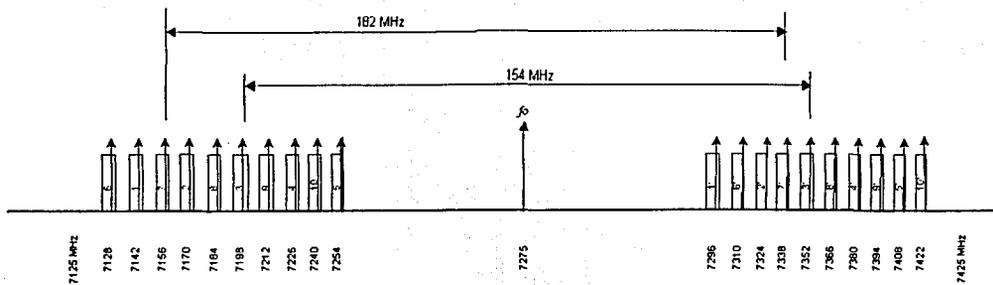
$$f'_5 = 7275 - 7 + 28(5) = 7422$$

La disposición preferida de radiocanales para los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales con velocidad de transmisión de 155 Mb/s (1920 canales telefónicos) está explicado en el punto 3.3.

Cuando se requieran radiofrecuencias analógicas adicionales, se deberán intercalar entre las del esquema principal de la fig. 3.2. Todos los radiocanales de ida deben estar en una mitad de la banda y todos los radiocanales de retorno en la otra mitad. En cuanto a los radiocanales adyacentes situados en la misma mitad de la banda, se pueden alternar las polarizaciones de los radiocanales sucesivos y si ello es posible, se puede utilizar ambas polarizaciones para cada radiocanal. Ya que esto ayudaría a poder reutilizar los radiocanales de dicha banda y se podría asignar frecuencias a un mayor número de empresas.

Los planes de canalización para los sistemas de relevadores radioeléctricos analógicos y digitales están comprendidos en el segmento de la banda de frecuencias de 7125 – 7425 MHz, los cuales están intercalados entre sí, la frecuencia central para ambas canalizaciones es la 7275 MHz; tiene un ancho de banda de 300 MHz, los cuales están divididos en 10 radiocanales de ida en una mitad de la banda y 10 radiocanales de retorno en la otra mitad; la separación entre canales adyacentes analógicos con los digitales es de 14 MHz y entre transmisor y receptor son de 182 y 154 MHz, respectivamente, la separación del último canal de ida con el primero de regreso es de 42 MHz, y las guardas de la banda son las frecuencias 7125 y 7425 MHz, como se muestra en la figura 3.4.

FIGURA 3.4 CANALIZACIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL EN LA BANDA DE 7125 - 7425 MHz
(REC. UIT-R F.385-6)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 4

IMPACTOS DE LA NUEVA CANALIZACIÓN

4.1.- BENEFICIOS QUE GENERARÍA ESTA NUEVA CANALIZACIÓN.

El nuevo plan de frecuencias al tener una nueva distribución de radiocanales con separaciones entre canales adyacentes de 28 MHz permitirá incrementar la capacidad de canales telefónicos en cada radiocanal hasta 155 Mb/s con un ancho de banda de 26.7 MHz, para cuando se asigne un radiocanal con dicha capacidad podrán utilizarse los canales adyacentes en los mismos puntos sin ningún problema de Interferencias, ya que no se alcanzarían a traslapar los anchos de banda que utilizara cada radiocanal que opere algún concesionario o permisionario y así poder dar más servicios a usuarios que soliciten comunicaciones en la misma zona.

4.2.- EFECTOS QUE SE GENERARÍAN EN LOS ACTUALES USUARIOS DE LA BANDA.

Los concesionarios y permisionarios que operan equipos analógicos en la banda de 7125 – 7425 MHz, tendrían que ajustarlos con separación entre transmisor y receptor de 182 MHz, de acuerdo al plan de canalización de la figura 3.3 del capítulo 3, esto implicaría que algunos usuarios cambien sus frecuencias transmisoras como receptoras y otros la frecuencia transmisora o receptora ya que

coincidirían una de sus frecuencias con el plan de canalización de la figura 3.1 (que es el plan actual), estos cambios se harían para que puedan convivir la tecnología analógica con la digital.

Cabe aclarar, que en la actualidad los equipos analógicos están muy viejos por lo que algunos usuarios han empezado a reemplazarlos por equipo digital. De hecho los proveedores de equipo ya no fabrican analógicos.

4.3. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MICROONDAS ANALÓGICOS Y DIGITALES

Basados en el tipo de esquema de modulación usado y la naturaleza de la fuente de información, los sistemas de radiocomunicación se pueden dividir en tres categorías:

- Sistemas analógicos de comunicación diseñados para transmitir información analógica usando métodos de modulación analógica.
- Sistemas digitales de comunicación diseñados para transmitir información analógica usando métodos de modulación digital.
- Sistemas híbridos que usan esquemas de modulación digital para transmitir valores muestreados y cuantizados de una señal analógica.

En los últimos años ha crecido el uso extendido y común de la modulación digital en los sistemas de radiocomunicaciones, lo cual es el resultado de muchos factores:

- La relativa simplicidad del diseño de los circuitos digitales y la facilidad con la cual pueden emplearse técnicas de circuitos integrados a los circuitos digitales.
- Transmisión de información a cualquier distancia.
- La ausencia de procesos de envejecimiento.
- La facilidad de conmutación y sincronización en un mismo lugar.
- La creciente utilización y disponibilidad de las técnicas de procesamiento digital.
- El extendido uso de las computadoras en el manejo de toda clase de datos.
- La habilidad de las señales digitales de ser codificadas para minimizar los efectos del ruido, de oscilaciones interferentes y de distorsiones lineales y no lineales.

- Posibilidad de introducir técnicas de predicción y corrección de errores, así como el enmascaramiento de la información para incrementar su privacidad.

Aunque por muchos años los sistemas radioeléctricos digitales no se emplearon de manera amplia, por que la transmisión analógica tenía una capacidad de utilización de ancho de banda más eficiente en radiofrecuencias y a menores costos, poco a poco fue creciendo la demanda de los esquemas digitales, debido a sus grandes ventajas.

4.3.1 Esquemas de modulación analógica

La amplitud constante de una señal modulada en frecuencia la hace menos susceptible a las no linealidades. Esta es la razón principal por la cual se utiliza FM en los sistemas de microondas terrestres analógicos, en donde la operación no lineal de los amplificadores y otros dispositivos ha sido inevitable a los niveles de potencia que se requieren. Además, la amplitud constante de la FM le proporciona cierta inmunidad contra los desvanecimientos rápidos y mayor robustez contra el ruido. El efecto automático de las variaciones de amplitud causadas por los desvanecimientos rápidos se puede eliminar utilizando control automático de ganancia.

4.3.2 Técnicas de modulación digital

En la figura 4.1 se muestran las formas de onda básicas de la portadora modulada usadas en los esquemas de transmisión de información digital binaria; estas formas de modulación corresponden al esquema de manipuleo de amplitud (Amplitud Shift Keying **ASK**), donde la amplitud de la portadora se conmuta entre dos valores que son "encendido" y "apagado". La forma de onda resultante contiene pulsos de onda representados por valores binarios que son 1 (marca) y 0 (espacio). El método donde la frecuencia de la portadora se modifica se conoce como manipuleo de frecuencia (Frequency Shift Keying **FSK**), y se genera por la conmutación de frecuencia de la portadora entre los dos valores correspondientes a la información binaria transmitida. En el tercer método de modulación digital, la fase de la portadora se cambia entre los valores binarios, por lo que se llama manipuleo de fase (Phase Shift Keying **PSK**).

- Dependencia del tipo de modulación de una señal en la susceptibilidad a que un enlace sea interferido.

La razón principal para emplear técnicas de modulación con mayor número de estados es que una banda determinada puede manejar mayores volúmenes de información.

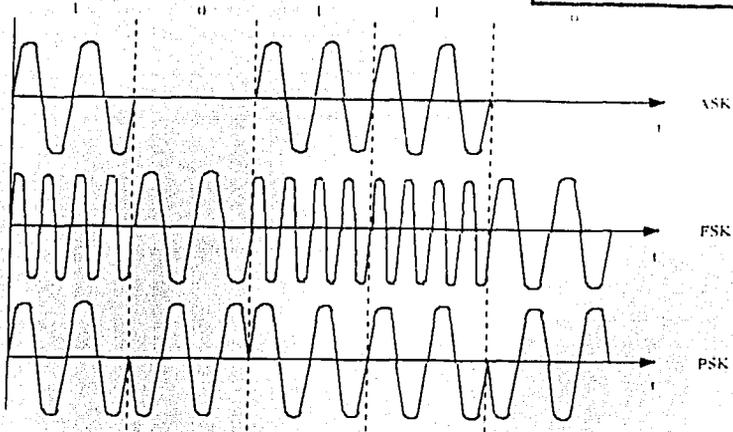


figura 4.1 Formas de onda de una portadora modulada con los esquemas digitales.

4.3.3 Compatibilidad electromagnética en los sistemas de microondas terrestres.

En general, la calidad de un enlace de microondas está determinada, principalmente por el ancho de banda, la atenuación, la frecuencia de operación, el grado de linealidad de algunas etapas en los receptores y el ruido. Entre estos, el ruido es una de las causas que mayores problemas introducen en los sistemas de microondas. Ruido se le denomina a cualquier emisión no deseada, sea ésta, originada externamente, o bien, dentro del sistema que se esté analizando. En la banda de las microondas, el ruido térmico, el ruido de intermodulación y las

oscilaciones interferentes (cocanal, por canal adyacente y fuera de banda) son las emisiones no deseadas que pueden llegar a degradar la calidad del enlace.

Se ha definido que una interferencia es el efecto debido a la energía no deseada por una transmisión o una combinación de emisiones, radiaciones o inducciones en la recepción en un sistema de comunicación, manifestada por cualquier degradación en el funcionamiento, mala interpretación o pérdida de información, la cual podría extraerse en la ausencia de tales señales no deseadas. Por otro lado, de acuerdo a la interacción de las oscilaciones interferentes con el sistema de radiocomunicación, las fuentes generadoras de dichas oscilaciones pueden encontrarse en los dispositivos pertenecientes al propio sistema (oscilaciones interferentes intrasistema), en los dispositivos que pertenecen a otros sistemas (oscilaciones interferentes intersistema) y a dispositivos que no pertenecen a ningún sistema de radiocomunicación (ruido natural, o hecho por el hombre).

La figura 4.2 es una representación de lo que sería una pantalla de un analizador de espectro, donde se muestra una señal deseada, una señal interferente y un nivel de ruido. En situaciones del mundo real, en la antena receptora inciden una gran cantidad de oscilaciones interferentes que pueden caer dentro del ancho de banda de la señal portadora o el canal adyacente.

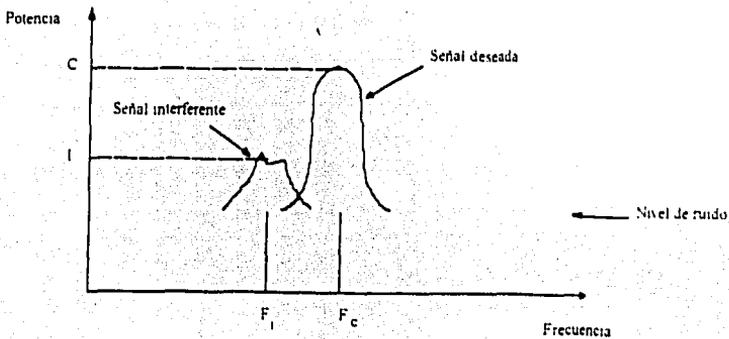


Figura 4.2 Representación de una señal deseada en presencia de una señal interferente y de ruido.

Con la ayuda de la figura anterior puede visualizarse la importancia de que la relación portadora a interferencia (C/I) sea tan grande como sea posible para que las oscilaciones potencialmente interferentes no degraden el funcionamiento del enlace de microondas.

Como puede apreciarse en la figura 4.2 las características de los filtros destinados a la radiofrecuencia utilizada para la transmisión, y a la interferente están estrechamente ligadas con el rechazo de estas emisiones no deseadas. El problema mas grave se presenta cuando la frecuencia central de la señal coincide con la frecuencia interferente.

Gran parte de los análisis correspondientes a las emisiones interferentes en los sistemas de radiocomunicación, involucran el correcto asignamiento de las frecuencias, es decir, los organismos encargados de la administración del espectro radioeléctrico deberán estar pendientes de dejar distancias adecuadas entre usuarios que empleen la misma frecuencia y frecuencias adyacentes para que se pueda manejar cierto nivel de relación *señal deseada/señal interferente*.

Retomando los conceptos anteriores, es posible plantear el problema, en forma general, como sigue: en los sistemas de microondas terrestres las principales señales interferentes son la cocanal, por canal adyacente y las que están fuera de banda; a su vez, estas pueden ser intrasistema o intersistema.

4.3.4 Efectos de las interferencias en radiofrecuencia.

Tratándose de sistemas digitales, cada fuente de interferencia tiene la posibilidad de producir cierta degradación de la calidad de transmisión (aumento de bits erróneos). El parámetro que mejor representa esa degradación es el aumento necesario de la potencia de la portadora recibida para satisfacer el objetivo de una BER adecuada. El valor de la BER depende del objetivo general elegido para el sistema y del porcentaje del tiempo de interrupción de los enlaces entre los tramos de repetición de la señal.

CONCLUSIONES

Después del análisis de la información presentada en esta tesis, se concluye que efectivamente dentro del esquema de globalización de la economía de los países -en nuestro caso de México- juegan un papel muy importante las telecomunicaciones, sobre todo aquellas que por sus características requieren hacer uso del Espectro Radioeléctrico, ya que éstas, además de servir como sostén de la seguridad nacional, influyen de sobre manera en las diversas estructuras de producción, afectando todo el ciclo del capital, desde las fases preproductivas hasta la distribución y el consumo de los bienes y servicios. Es entonces indispensable poseer y operar una infraestructura de radiocomunicaciones lo más avanzada posible, como forma de acceder a la globalización económica en términos competitivos y eficaces, y para ello, deben llevarse a cabo acciones encaminadas a los siguientes ejes de cambio:

- El fortalecimiento de la rectoría del estado en materia de regulación del Espectro Radioeléctrico.
- Una mayor inversión por parte de particulares, requerida para la expansión y modernización de las redes de radiocomunicaciones.
- La competencia en servicios con base en el cambio tecnológico, con tendencias a la introducción de sistemas digitales en su mayoría.

- Contar con la capacidad técnico-administrativa suficiente para estar en posibilidad de defender ante los cambios mundiales, los derechos e intereses particulares de nuestra nación respecto al uso del Espectro Radioeléctrico.

LISTADO DE ACRÓNIMOS

2B1Q	Two Binary 1 Quaternary
4B3T	Four Binary three Ternary
4GL	Fourth Generation Language
A/D	Analogue to Digital
AAL	ATM Adaptation Layer
AAR	Automatic Alternate Routing
AASE	Adaptive Amplitude Slope Equalizer
ACD	Automatic Call Distributor
ACELP	Algebraic Code Excited Linear Predictor
ACI	Adjacent-Channel Interference
ACK	Acknowledge
ACTS	Advanced Communications Technologies and Services
AD	Adjunct
ADC	American Digital Cellular
ADL	Adaptive Digital Linearizer
ADM	Add-Drop Multiplexer
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
AEQ	Adaptive Amplitude Equalisation

AGC	Automatic Gain Control
AIN	Advanced Intelligent Network
AIS	Alarm Indication Signal
ALJ	Administrative Law Judge
AMA	Automatic Message Accounting
AMI	Alternate Mark Inversion
AMIS	Audio Messaging Interchange Especification
AMPS	Advanced Movil Phone Service
ANI	Automatic Number Identification
ANSI	American National Standards Institute
AOS	Alternate Operator Service
API	Application Programming Interface
APO	Allocated Performance Objctive
APPC/LU 6.2	Advanced Program to Program Communications/Logical Unit 6.2 (IBM)
AR	Availabilty Radio
ARDIS	Advanced Radio Data Information Service
ARP Anet	Advanced Research Projects Agency Network
ARS	Automatic Route Selection (least cost routing)
ASCII	American Standar Code for Information Interchange
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
ASK	Amplitude Shift Keying

ATB	All Trunks Busy
ATC	Adaptative Transform Coding
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATPC	Adaptive Transmitter Power Control
ATT	Adjustable Attenuator
AU	Administrative Unit
AUG	Administrative Unit Group
AUI	Attachment Unit Interface
AWGN	Additive White Gaussian Noise
AXPIC	Adaptive Cross Polar Interface Canceller
AZD	Ambiguity Zone Detection
BB	Base Band
BBC	Baseband Bit Combining
BBE	Background Block Error
BBER	Background Block Error Ratio
BCM	Block Coded Modulation
BCR	Business Communication Review
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem codes
BDTO	Bastidor Distribuidor de Troncales Opticas
BECN	Backward Explicit Congestion Notification Bit
BELLCORE	Bell Communications Research
BER	Bit Error Rate

BERT	Bit Error Rate Test
BERTIS	Bit Error Ratio Test Sets
BF	Bandwidth Correction Factor
BIP	Bit Interleaved Parity
BIS	Bringing into Service
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
BPF	Bandpass Filter
BSC	Base Station Controllers
BSS	Broadcasting Satellite Service
BTF	Binary Transversal Filter
BTS	Binary Transceiver Stations
CCI	Co-channel Interference
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunication Administrations
C-n	Container-n
COMB	In-Phase Power Combining
COMB+AEQ	Adaptive Amplitude Equalisation With Power Combining
CPA	Co-polar attenuation
CPFSK	Continuous phase FSK
CPM	Continuous phase Modulation
CRC	Cyclic Redundance Code
DADT	Different Absolute Delay Time

DCS	Digital Cellular System
DEC	Decision Circuit
DEC FB	Decision Feedback Circuit
DEM0D	No Fading Countermeasures
DFE	Decision Feedback Equalizer
DIV	Digits In Voice
DM	Degraded Minute
DMA	Deferred Maintenance Alarm
DMR	Digital Microwave Radio
DR	Dispersion Ratio
DRO	Dielectric Resonator Oscillator
DRRS	Digital Radio-Relay System
DTE	Digital Transversal Equalizer
DUV	Digits Under Voice
e.i.r.p.	Equivalent isotropically radiated power
EB	Errored Block
EC	Error Correction
EDC	Error Detection Code
EDO	Equipment Design Objective
EOW	Engineering Order Wire
EQ	Slope Equalizer
EQPM SW	Equipment Switch

ES	Errored Second
ESR	Errored Second Ratio
ETSI	Europe Telecommunication Standards Institute
EUT	Entity Under Test
FAS	Frame Alignment Signal
FAT	Field Acceptance Tests
FAW	Frame Alignment Word
FCC	Federal Communication Commission (USA)
FDM	Frequency Division Multiplexing
FDP	Fractional Degradation in Performance
FEC	Forward Error Correction
FM	Frequency Modulation
FRP	Fibre Reinforced Plastic
FS	Fixed Service
fs	Frontier station
FSE	Fractionally-spaced equalizers
FSF	Frequency Selective Fading
FSL	Free Space Loss
FSS	Fixed Satellite Service
FZ	Fresnel Zones
GaAs	Gallium Arsenide
GD	Group Delay

GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for mobile communications
GSO	Geostationary-Satellite Orbit
HDRP	Hypothetical Digital Reference Path
HDTV	High Definition TV
HL SW	Hitless Switch
HOVC	Higher Order Virtual Container Layer
HP	High Order Path
HRDL	Hypothetical Reference Digital Link
HRDP	Hypothetical Reference Digital Path
HRDS	Hypothetical Reference Digital Section
HRP	Hypothetical Reference Path
HRX	Hypothetical Reference Connection
IBAD	In-Band Amplitude Dispersion
IBPD	In-band Power Difference
ICPCE	Inter-Country Path Core Element
IEC	International Electrotechnical Commission
IF	Intermediate Frequency
IG	International Gateway
IP	Intermodulation Products
IRF	Interference Reduction Factor
IRFXPIC	Interference Reduction Factor of XPIC

ISI	Inter-symbols interference
ISM	In-Service Measurement
ISND	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	Radiocommunication Sector of the ITU
ITU-T	Telecommunication Standardization Sector of the ITU
LAD	Linear Amplitude Dispersion
LAN	Local Area Networks
LE	Local Exchange
LEC	Lee Error Correction Codes
LEO	Low Earth Orbits
LMS	Least Mean Square
LNA	Low noise amplifier
LO	Local Oscillator
LOF	Loss of Frame
LOM	Loss of Multiframe
LOP	Loss of Pointer
LOS	Line of sight
LOVC	Low Order Virtual Container Layer
LP	Lower Order Path
LSB	Lower Side Band
LSS	Loss of Sequence Synchronisation

MAN	Metropolitan Area Network
MAP	Maximun Power
ME	Maintenance Entity
MED DEV	Mediation Device
MEF	Maintenance Entity Function
MEI	Maintenance Event Information
MID	Minimun Dispersion Combiner
MID-SD	Minimum In-Band Amplitude Dispersion Space Diversity
MLCM	Multilevel Coded Modulation
MLE	Maximum Level Error
MLSE	Maximum Likelihood Sequence Estimation
MMSE	Minimum Mean Square Error
MO	Mean time between digital path Outages
MP	Minimum Phase
MS	Multiplexer Section Layer
MSC	Mobile Switching Centres
MSE	Mean-Square Error
MSOH	Multiplex Section Overhead
MTBF	Mean Time Between Failure
MTF	Multipah Transfer Function
MTTR	Mean Time to Repair
NE	Network Element

NFD	Net Filter Discrimination
NMP	Non-Minimum Phase
NNI	Network Node Interface
NPO	Network Performance Objective
NRZ	Non Return to Zero
NSMA	United States National Spectrum Managers Association
NYQ	Nyquist Filter
OBO	Output Back-Off
OI	Outage Intensity
OMT	Othomode Transducer
OOF	Out of Frame
OOS	Out of Service
OS	Operation System
OSI	Open System Interconnection
OSM	Out of Service Measurement
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PC	Primary Centre
PCE	Path Core Element
PCM	Pulso Code Modulation
PCN	Personal Communications Networks
PDF	Probability Density Function
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy

PEP	Path End to Point
PF D	Power Flux-Density
PLBIS	Performance Limits for Bringing-into-Service
PMA	Prompt Maintenance Alarm
PMPL	Post Maintenance Limits
PO	Performance Objectives
PRBS	Pseudo-Random Binary Sequence
PROT SW CONT	Protection Switch Control
PRS	Partial Response Signals
PRV	Partial Response Violations
PSK	Phase Shift Keying
PTR	Pionter
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QASK	Quadrature ASK
QPR	Quadrature Partial Response Modulation
QPRS	Quadrature PRS
r.m.s.	Root Mean Square
RBER	Residual Bit Error Ratio
RDI	Remote Defect Indication
REI	Remote Error Indication
rf	Routing Factor
RF	Radio Frequency

RFCOH	Radio Frame Complementary Over-Head
RLAN	Radio Local Area Networks
RPO	Reference Performance Objectives
RRCs	ITU Regional Radiocommunication Conference
RR-RP	Radio-Relay Reference Point
RS	Reed-Solomon codes
RSOH	Regenerator Section Overhead
SC	Secondary Centre
SCR	Scrambler
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SEF	Support Entity Function
SER	Symbol Error Ratio
SES	Severely Errored Second
SESR	Severely Errored Second Ratio
SFF	Single Frequency Fade
SG	System Gain
SMF	System Multiplexing Filter
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SOH	Section Overhead
SONET	Synchronous Optical Network
STM-1	Synchronous Transport Module - Level (155.52 Mbits/s)
STS-1	Sub-STM-1 Signal Format (51.84 Mbits/s = STM-1:3)

SVC	Service Channel
TC	Tertiary Centre
TCM	Trellis Coded Modulation
TDM	Time Division Multiplexing
TE	Transversal Equalizer
TIM	Trace Identifier Mismatch
TMN	Telecommunication Management Network
TMNS	Transmission Management Network Services
TSE	Test Sequence Error
TSS	Test Signal Structures
TU	Tributary Unit
TWT	Travelling Wave Tube
UFI	Upstream Failure Indication
UI	Unit Intervals
UNEQ	Unequipped
UR	Unavailability Ratio
USB	Upper Side Band
VC	Vitual Containers
VCO	Voltage Controlled Oscillator
VMR	Violation Monitor Restorer
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WRCs	ITU World Radiocommunication Conferences

XPD	Cross-Polarization Discrimination
XPI	Cross-Polarization Isolation
XPIC	Cross-Polarization Interference Canceller
ZF	Zero-Forcing (algorithm)

8.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

1.- DIPLOMADO EN TELECOMUNICACIONES

ALCATEL UNIVERSITY MÉXICO.

2.- NORMAS DE SDH Y PDH DE LA ITU.

3.- CURSO DE SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

TELMEX.

4.- TELECOMUNICATION TRANSMISSION HANDBOOK

ROGER L FREEMAN Mc GRAW HILL

5.- TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN, MODULACIÓN Y RUIDO

MISCHA SCHWARTZ

6.- PRINCIPLES OF COMMUNICATION SYSTEMS

HERBERT TABÚ AND DONALD L SCHILLING

Mc GRAW HILL

7.- www.cft.gob.mx

8.- www.alcatel.com

- 9.- www.maxcom.com.mx
- 10.- <http://ceres.ugr.es/~rubio/docencia/tts/transpa/tts18/sld001.htm>
- 11.- HANDBOOK DIGITAL RADIO - RELAY SYSTEM
RADIOCOMUNICATIO BUREAU
Geneva, 1996
ITU
- 12.- Freeman Roger L.
Radio System desing For Telecommunications (1-100 GHz)
Wilay -Interscience 1987
- 13.- Yamane, Noboru
Fundamentos de Propagación de Microondas
Telecomex, 1974
- 14.- Shanmugam, Sam K.
Digital and Analog Communication Systems
John Wiley & Sons, 1979
- 15.- Unión Internacional de Telecomunicaciones, CCIR
Recomendaciones e Informes del CCIR, 1986
Volumen XIII, Vocabulario (CMV)

16.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

Reglamento de Radiocomunicaciones, tomo 1 Artículos

Edición de 1998

17.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

Reglamento de Radiocomunicaciones, tomo 2 Apéndices

Edición de 1998

18.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

Reglamento de Radiocomunicaciones, tomo 3 Resoluciones y Recomendaciones

Edición de 1998

19.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

Reglamento de Radiocomunicaciones, tomo 4 Recomendaciones UIT-R

Incorporadas por Referencia

Edición de 1998