

84



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"COMUNICACIONES, SATELITES:
TRANSMISION Y TECNICAS DE ACCESO"

2963719

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
CARLOS ISRAEL RODRIGUEZ AGUIRRE

ASESOR: ING. JORGE RAMIREZ RODRIGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 MEXICO

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES-CUAUTITLAN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

"Comunicaciones.

Satélites: transmisión y técnicas de acceso."

que presenta el pasante: Carlos Israel Rodríguez Águirre

con número de cuenta: 0361794-1 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Mayo de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
I	Ing. Jorge Ramírez Rodríguez	<i>[Signature]</i>
II	Ing. Vicente Mazaña González	<i>[Signature]</i>
IV	Ing. Rodolfo López González	<i>[Signature]</i>

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Porque sin el nada existe y por permitirme escribir estas líneas con lo que ello implica.

A mis Padres:

Por que ustedes son la base sobre la cual he construido mi vida y el alcanzar esta cúspide ha sido producto de su mano provisoras su consejo oportuno y su amor sin condición. GRACIAS!!

A mis Hermanas:

Para que no cometan mis errores y luchen por lograr sus metas ya que esto es una muestra de que todo esfuerzo tiene su recompensa. SIGAN ADELANTE!!

A mi Prometida:

A ti que con tu tierno amor iluminas mi presente y mi futuro. Gracias por tu apoyo incondicional. ILY!!

A Toda mi Familia:

Porque siempre confiaron en mi.

Gracias:

A todas aquellas personas que de alguna forma han contribuido a que este momento sea hoy una realidad.

A la memoria de mi Abuelo

HOY ES EL MAÑANA POR EL QUE TANTO LUCHAMOS AYER

CHARLES CHAPLIN

INDICE GENERAL

INTRODUCCION 1

1. CONCEPTOS GENERALES..... 3

1.1. MODELO DE SUBIDA 6

1.2. TRANSPONDEDOR 8

1.3. MODELO DE BAJADA..... 10

2. MODULACION..... 14

2.1. MODULACIÓN ANALÓGICA 15

 2.1.1. MUESTREO 18

 2.1.2. MUESTREO INSTANTÁNEO 19

 2.1.3. CUANTIFICACIÓN DE AMPLITUD 25

 2.1.4. CODIFICACIÓN 26

 2.1.5. MODULACIÓN DE AMPLITUD 27

2.2. MODULACIÓN DIGITAL 30

 2.2.1. MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE AMPLITUD ASK 32

 2.2.2. MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE FRECUENCIA. FSK 33

 2.2.3. MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE FASE PSK 35

3. MULTIPLEXAJE 37

3.1. MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA..... 37

3.2. MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE TIEMPO..... 39

4. TÉCNICAS DE ACCESO 40

4.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA)..... 40

 4.1.1. ACCESO MÚLTIPLE CON ASIGNACIÓN POR DEMANDA..... 41

4.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO 42

4.3. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE CODIGO 44

CONCLUSIONES 47

GLOSARIO..... 48

BIBLIOGRAFIA 54

INTRODUCCION

Las comunicaciones, han sido desde tiempos inmemorables una herramienta imprescindible en la vida del hombre.

Las comunicaciones han sido y seguirán siendo el elemento principal que permite el desarrollo de toda evolución. En un principio, los gestos, los sonidos y dibujos eran la principal forma de comunicación entre los habitantes de una comunidad o un grupo de individuos.

Después se crearon las lenguas y por consiguiente la comunicación oral y escrita, pero aún con esto resultaba muy difícil y muy lento, además de caro, comunicarse de una comunidad a otra. Para que dos personas de diferentes comunidades se pudieran comunicar se requerían de varios días y algunas veces tenían que transcurrir varias semanas y hasta meses si se trataba de una comunicación transcontinental.

Tiempo después se contó ya con el telégrafo y el teléfono lo cual originó grandes tendidos de cable. Inclusive para poder romper la barrera transcontinental, se optó por tender cables a través de los océanos, técnica que obviamente resultó extremadamente cara y toda una odisea, además no hay que olvidar el factor de deterioro de los materiales, ya que el agua de mar es altamente corrosiva.

Hoy en día se cuenta con la tecnología de las microondas que desde un principio utilizaron las capas atmosféricas como espejos para transmitir información de un continente a otro. Dicha transmisión toma tan solo unos cuantos segundos.

Aún así, esto no es suficiente para satisfacer todas nuestras necesidades de comunicación. Por ejemplo, el saber donde se encuentra algún transporte ya sea terrestre marítimo o aéreo, o como poder observar la evolución de los fenómenos meteorológicos que afectan nuestras vidas cotidianas, y porqué no vigilar la posición de las tropas enemigas sin tener que

INTRODUCCION

acercarse a ellas. Todo esto y mucho más es posible gracias a que contamos con los satélites de comunicaciones.

Los satélites en concepto son muy sencillos ya que muchas de las veces funcionan como un espejo de información o tal vez como una gran cámara fotográfica que envía las fotos a una estación en tierra. Sin embargo, si estudiamos a detalle estos sistemas, nos daremos cuenta que en realidad no es tan sencillo como parece debido a que se requiere de equipo altamente sofisticado y técnicas de comunicaciones muy complejas.

Un sistema de comunicación satelital, requiere principalmente de tres elementos: una estación transmisora, propiamente el satélite y una o varias estaciones receptoras. Para poder establecer la comunicación entre estos elementos se requiere que la información sufra diversos procesos a fin de que llegue a su destino con la mas alta calidad posible.

Cada una de las partes del sistema y mas aún cada pequeño módulo en que se puede dividir, es digno y requiere de un profundo estudio. Sin embargo, es motivo del presente trabajo, hablar sobre los conceptos básicos de la transmisión vía satélite en sus fases de modulación y técnicas de acceso al satélite.

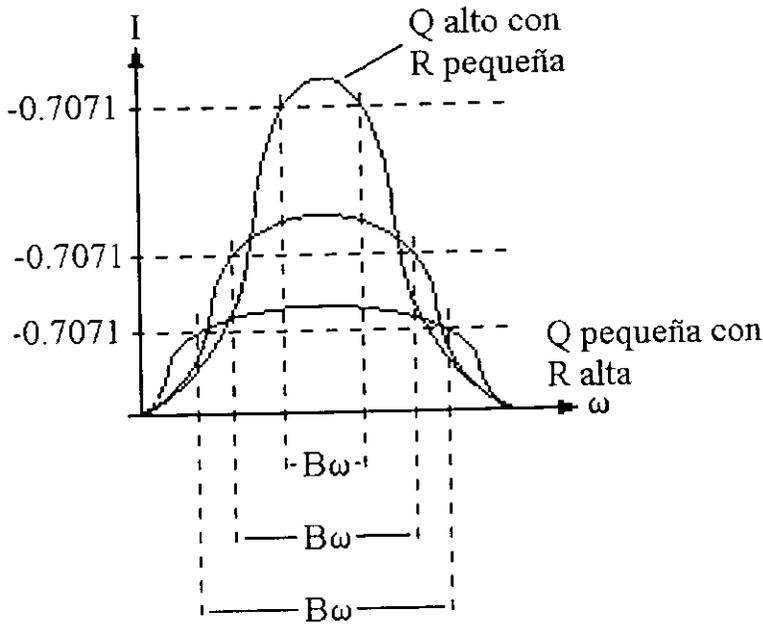
1. CONCEPTOS GENERALES

Las señales de comunicación recibidas por el satélite, entran a él a través de sus antenas y a través de ellas se retransmite toda la información hacia la tierra, después de haberla procesado debidamente. El primer proceso es amplificar las señales a un nivel de frecuencia adecuado para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como cambiarlas de frecuencia para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que en ese momento llegan simultáneamente. A la trayectoria completa de cada repetidor en el satélite, comprendiendo todos sus equipos a partir de la salida de la antena receptora y hasta la entrada a la antena transmisora, se le denomina TRANSPONDEDOR.

El subsistema de comunicaciones consta de diversos transpondedores y su número depende del diseño del satélite.

La señal proveniente de la tierra que entra por la antena receptora puede contener muchos canales de televisión o miles de canales telefónicos o de datos, todos ellos enviados a frecuencias diferentes; el rango de frecuencia que existe entre la frecuencia más baja y la frecuencia más alta se le denomina ancho de banda.

Cuanto mayor sea el ancho de banda de un equipo este será capaz de trabajar dentro de un mayor rango de frecuencias o sea que se podrán recibir con la misma calidad más canales ya sea de voz, datos o video.



1.1. ANCHO DE BANDA CON DIFERENTES FACTORES DE CALIDAD (Q)

Un satélite puede tener una o varias antenas receptoras dependiendo de su diseño y aplicaciones, y cada una de ellas debe ser capaz de recibir al mismo tiempo varios canales con información que posteriormente serán amplificadas en diferentes transpondedores dependiendo de la frecuencia de la señal. Sin embargo, la antena debe de tener un ancho de banda muy grande, suficiente para funcionar a todas las frecuencias asignadas al satélite de comunicaciones.

Existen diversas bandas de operación de los satélites entre ellas las más comunes son las banda C, Ku y la banda L.

Estaciones Fijas		
<i>Banda</i>	<i>Frecuencia de subida. (GHz)</i>	<i>Frecuencia de bajada. (GHz)</i>
C	6	4
X	8	7
Ku	14	12
Ka	30	20

Estaciones Moviles		
L	1.6	1.4

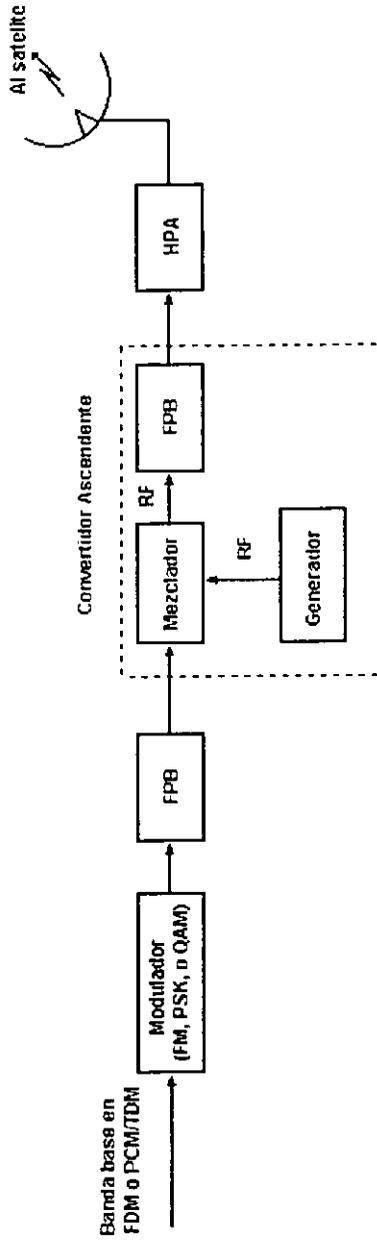
TABLA DE LAS BANDAS Y SUS FRECUENCIAS.

Existen satélites denominados híbridos en los cuales se trabaja con dos o más bandas y en los cuales se lleva a cabo todo el proceso de recibir y retransmitir las señales a sus diferentes frecuencias.

Un sistema satelital básicamente se compone de tres secciones, modelo de subida, transponder, modelo de bajada y la codificación de la señal. Las tres primeras secciones es necesario conocerlas pero sólo las mencionaremos de forma general y la cuarta sección la desarrollaremos en capítulos posteriores.

1.1. MODELO DE SUBIDA

La sección de transmisión de una estación terrena contiene un modulador en frecuencia intermedia (FI), un filtro pasa bandas FPB, un convertidor de subida y un amplificador de alta potencia HPA (Klistons y TWT). La potencia de salida se expresa en watts o en dbW.



Modelo de subida al satelite

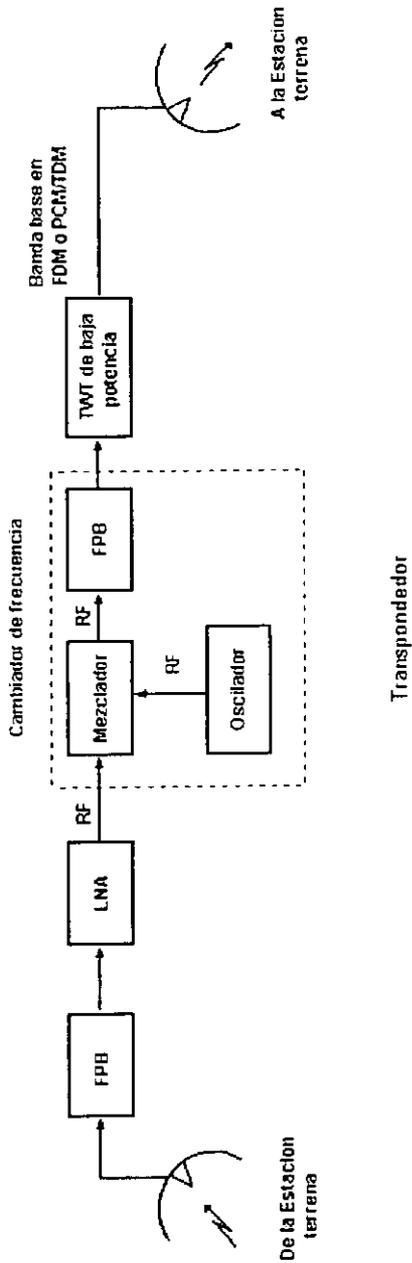
1.2. DIAGRAMA A BLOQUES DEL MODELO DE SUBIDA

1.2. TRANSPONDEDOR

La señal transmitida por la estación terrena es recibida y amplificada por una antena receptora, filtrada por un FPB y amplificada gracias al amplificador de bajo ruido LNA (con un gran ancho de banda), un convertidor de frecuencia de bajada y por último un amplificador TWT de bajo nivel.

Es importante mencionar que el ancho de banda normalmente depende de las necesidades de la red y de las normas establecidas. El ancho de banda típico para banda C y banda Ku es de 36 Mhz, otro ancho de banda utilizado es el de 72 Mhz por transponedor.

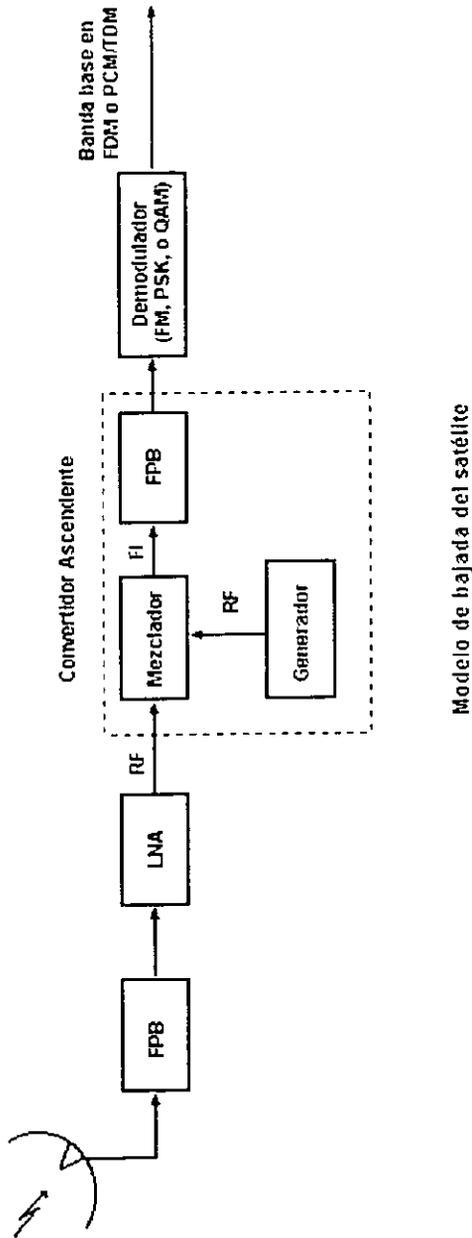
El cambio de frecuencia se requiere debido a que si se bajara la señal con la misma frecuencia con la que sube, la información se perdería, por esta razón se sube la señal con una frecuencia normalmente mas alta que con la que se baja.



1.3. DIAGRAMA A BLOQUES DEL TRANSPONDEDOR

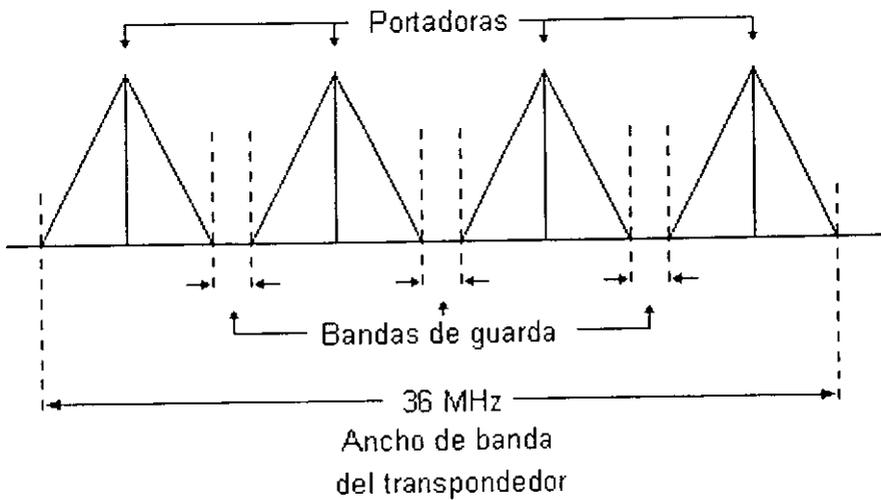
1.3. MODELO DE BAJADA

La señal enviada por el satélite es amplificada por la antena receptora y enviada a un filtro pasa bandas para después llegar a un amplificador de bajo ruido LNA. Después de ser amplificada la señal se regresa a una frecuencia intermedia a través de un convertidor descendente. Finalmente la señal es demodulada y regresada a su forma original.



1.4. DIAGRAMA A BLOQUES DEL MODELO DE BAJADA

En la siguiente figura se puede observar una distribución grafica de las frecuencias en un transpondedor clásico de 36MHz con diferentes frecuencias de portadora y una banda de guarda que se representa con el espacio entre los triángulos.



1.5. DIAGRAMA DE DIVISIÓN DE FRECUENCIAS EN UN TRANSPONDEDOR

La banda de guarda, nos ayuda a disminuir el ruido y la interferencia entre las portadoras adyacentes, y su ancho de banda, esta en función del tipo de información que se va a transmitir.

Todas las señales provenientes de la tierra que llegan al satélite, después de haber sido procesadas por los transpondedores, se retransmiten nuevamente a la tierra.

Con el fin de evitar al máximo las interferencias, y aumentar la eficiencia de los sistemas, se utilizan diversos métodos de transmisión llamados *Técnicas de Acceso al Satélite*.

2. MODULACIÓN

La modulación es el producto mediante el cual los símbolos digitales son transformados en formas de onda compatibles con las características del canal de comunicación y además permite multiplexar o agrupar varias señales diferentes a través del mismo canal de comunicación. Un aspecto primordial en el campo de las comunicaciones es el concepto de modulación, que es el proceso de enviar información sobre una alta frecuencia (portadora) para la transmisión. En esencia, la transmisión toma un lugar en las altas frecuencias (la portadora), la cual ha sido modificada para "transportar" las bajas frecuencias de la información. Dichas frecuencias se denominan señales inteligentes.

Los sistemas de comunicación electrónicas han sufrido cambios así como tendencias al procesamiento y transmisión de información en forma digital.

Los sistemas tradicionales que utilizan técnicas de modulación analógica, como la modulación en amplitud (AM), modulación en frecuencia (FM) y la modulación en fase (PM), poco a poco van siendo desplazadas por sistemas de modulación digital.

En los sistemas de modulación digital, la información es manejada como un tren de pulsos (señal de banda base), lo que obviamente requiere de un proceso diferente al que se requiere para una señal analógica.

Para la transmisión a larga distancia, antes de ser transmitida, la señal inteligente se "monta" en una señal de alta frecuencia llamada portadora, el resultado de este proceso, dependiendo de la técnica, se conoce como método básico de modulación digital.

Los métodos básicos de modulación digital son:

Modulación por conmutación de amplitud (ASK Amplitud Shift Keying)

Modulación por conmutación de frecuencia (FSK Frequency Shift Keying)

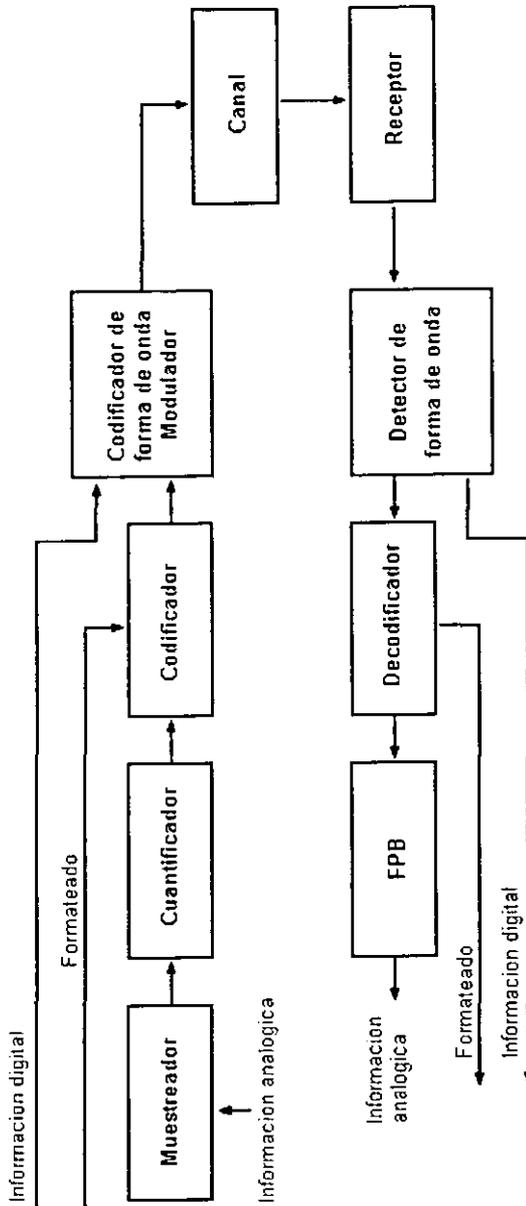
Modulación por conmutación de fase (PSK Phase Shift Keying)

2.1. MODULACIÓN ANALÓGICA.

La selección lógica de la técnica de la técnica de modulación se ve influida por las características de la señal que será transmitida, las características del canal, el rendimiento que desea obtener del sistema de comunicación, el uso que se ha de hacer de los datos transmitidos y de los factores económicos que siempre son importantes en las aplicaciones prácticas. La transmisión analógica presenta muchas desventajas frente a la digital, en cuanto a confiabilidad, alto desempeño, facilidad para combinar señales, etc. Sin embargo, al igual que las señales digitales, las señales analógicas, tienden a degradarse al viajar a través de la línea de transmisión. Sin embargo, dado que los circuitos digitales operan usando dos rangos de voltaje determinados para representar dos estados posibles ("0" y "1"), dicha señal es fácilmente regenerada siempre y cuando no haya caído en cierto umbral de indecisión.

El ruido y otras perturbaciones son mucho menores acumuladas en una cadena de transmisión digital que en una analógica. En una señal analógica las distorsiones no pueden ser removidas mediante la simple amplificación.

Para que una señal analógica se pueda transmitir por cualquier medio de transmisión eficientemente, incluyendo en los sistemas satelitales, y no tener ninguna desventaja frente a la transmisión digital es darle un formateado adecuado a las señales o información analógica. En el siguiente diagrama de bloques se muestra un sistema de comunicaciones digitales para diferentes tipos de información.



2.1. DIAGRAMA A BLOQUES DE LA CODIFICACIÓN DE UNA SEÑAL

Como se observa, la información que ya tiene un formato digital entra directamente al modulador, mientras que la información ya formateada, es transformada a dígitos binarios mediante el codificador. Para el caso de la información analógica, el formateado de la misma requiere de tres pasos:

Muestreo

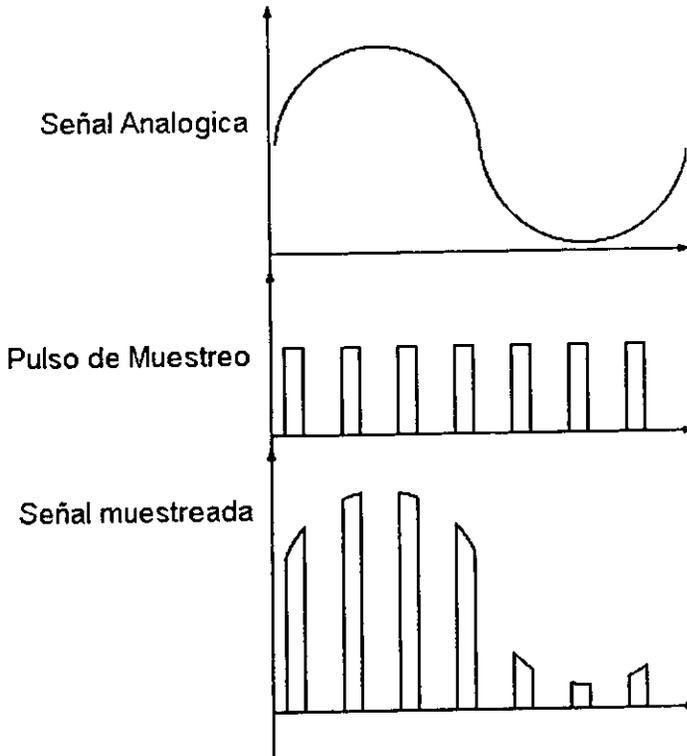
Cuantificación

Codificación

Los dígitos binarios que resultan del formateado de la señal se modulan y se transmiten a través de un canal de combinación. De la modulación resultan una serie de pulsos compatibles para el medio de transmisión.

2.1.1. MUESTREO

El proceso de muestreo consiste en tomar y analizar el valor que tiene una señal (muestra) a intervalos de tiempos regulares que se le denominan velocidad de muestreo. La señal resultante de este proceso se le conoce como señal modulada por amplitud de pulso (PAM pulse amplitud modulation), porque consiste en una secuencia de pulsos cuya amplitud es aquella señal de entrada durante el lapso de muestreo, como se observa en la siguiente figura:

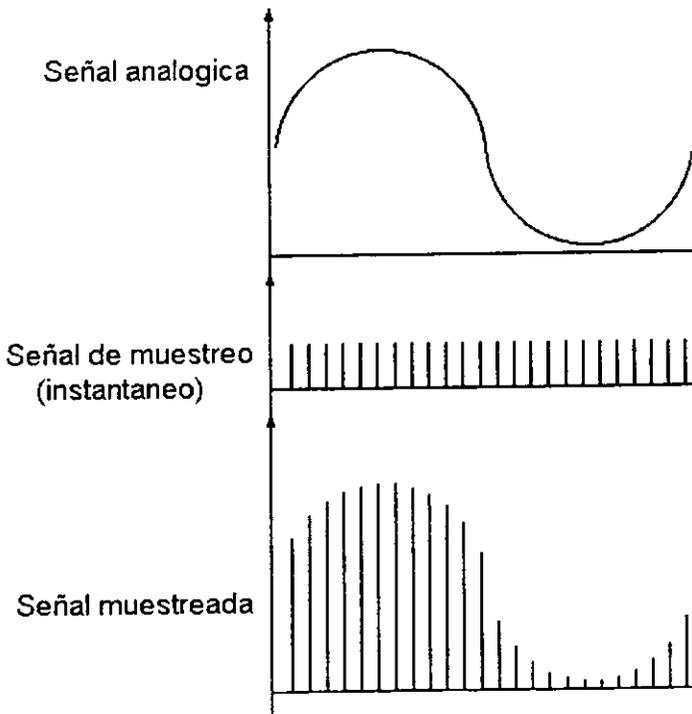


2.2. MUESTREO DE UNA SEÑAL

2.1.2. MUESTREO INSTANTÁNEO

En el muestreo natural se multiplica cada pulso de muestreo por la señal original en el intervalo correspondiente; en consecuencia, cada pulso de la señal muestreada (f_s) tiene diferentes formas de onda. En cambio, considere el muestreo instantáneo en el que todos

los pulsos de la señal muestreada tiene la misma forma, pero con amplitudes proporcionales a los intervalos de las muestras correspondientes. Como es obvio, este tipo de señal de muestreo lleva la información de todas las muestras y, por lo tanto, contiene toda la información de la señal original (siempre y cuando el intervalo de muestra sea menor que $\frac{1}{2}$ fin segundos). El muestreo natural lleva la información de la señal original que corresponde a la duración de cada pulso de muestreo mientras que en el muestreo instantáneo la información de la señal original queda contenida solo en los instantes de muestreo. Por eso se considera instantáneo.

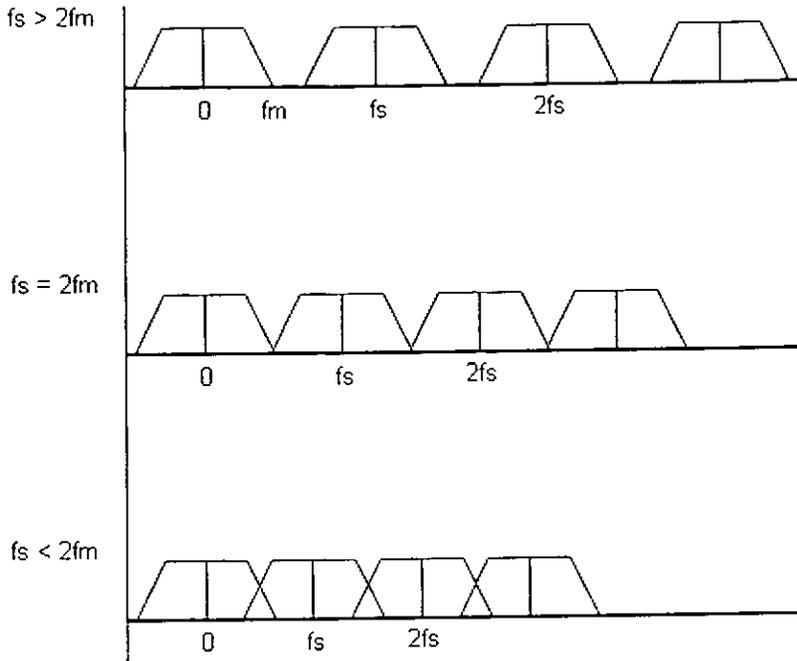


2.3. MUESTREO INSTANTANEO DE UNA SEÑAL

Un factor muy importante en el proceso de muestreo natural es determinar el grado de fidelidad con que la señal original puede ser reconstruida a partir del filtraje de la señal PAM. Si se desea que las muestras de una señal de banda limitada lleven la información completa de la señal, entonces la rapidez de muestreo nunca debe ser menor a $2 f_m$. Esto significa que la señal analógica puede ser totalmente reconstruida a partir de un conjunto de muestras espaciadas uniformemente en el tiempo. En la práctica la frecuencia de muestreo (f_s) generalmente tiene un valor mayor que $2f_m$, ya que de no ser así se requerirá, de un filtro *ideal* para poder reconstruir la forma de onda original. Cuando $f_s > 2 f_m$ se dice que existe un proceso de "sobre muestreo" (oversampling), y el efecto que esto produce es que las "copias" del espectro de la señal original se separan unas de otras, haciendo posible el uso de filtro pasa bajas que pueda ser implementado en la práctica para la reconstrucción de la señal original.

Cuando la secuencia de muestreo (f_s) es menor a $2 f_m$ se presenta un traslapamiento de los espectro que hacen imposibles la regeneración fiel de la señal original.

A este efecto de traslapamiento se le llama "aliasing".

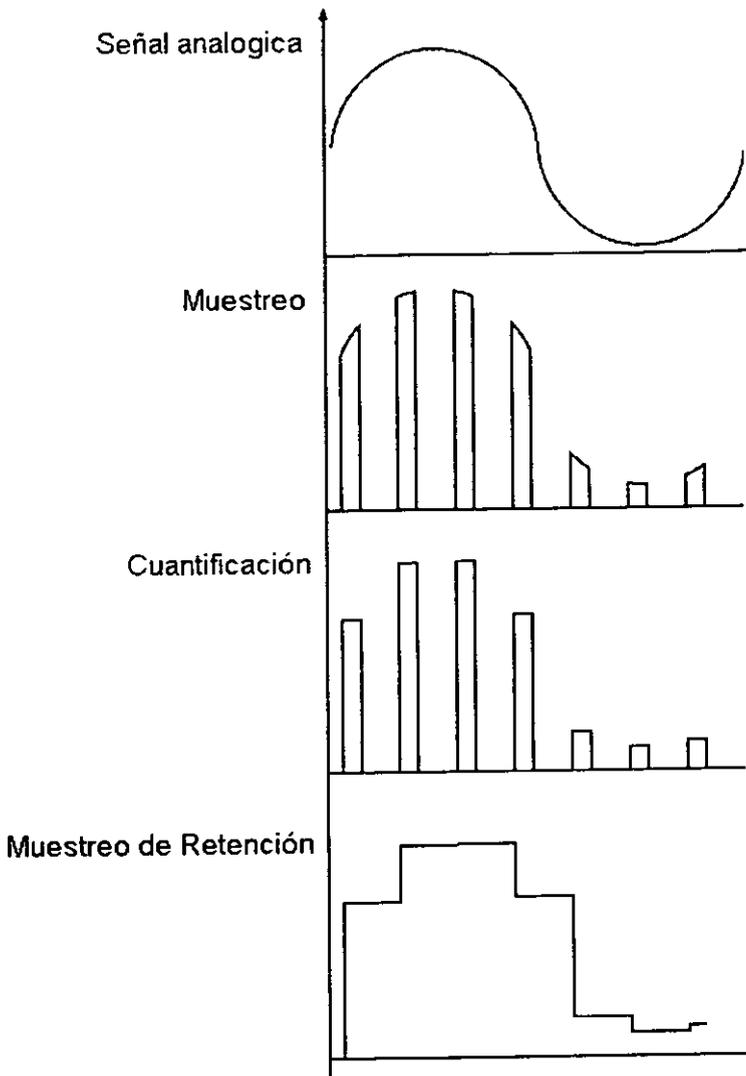


2.4. TRASLAPAMIENTO (Aliasing)

La señal analógica para poder ser procesada por un sistema de comunicación digital debe ser representada de ciertas maneras. La señal PAM conserva aún la característica propia de toda señal analógica en el sentido de que presenta un número infinito de posibles valores, de manera que se necesita pasar por un proceso que limite el número de los posibles valores. Este proceso lleva la secuencia siguiente:

Muestreo y Retención (sample and Hold).- Este proceso involucra la retención del valor muestreado de la señal analógica, el cual es retenido hasta que se toma la siguiente muestra.

Cuantización de los pulsos.- Consiste en dividir el rango de amplitud de la señal en un número finito de valores discretos, y dependiendo de la amplitud de la señal analógica, asignar el valor discreto más cercano para cada muestra.



2.5. SEÑAL RESULTANTE DE UN MUESTREO EN RETENCION

Entre mas niveles de cuantificación se tengan mayor será la fidelidad de la señal reproducida, aunque como es de esperarse este aumento en el número de niveles trae como consecuencia usar mayor ancho de banda del sistema.

2.1.3. CUANTIFICACIÓN DE AMPLITUD

La cuantización es el proceso en el cual se “mapean” las muestras tomadas de una señal de amplitud continua para obtener un número finito de posibles valores de amplitud, y esto lo realizan los convertidores analógico-digital (ADC), existen diferentes tipos de cuantizaciones entre las cuales están la cuantización uniforme y no uniforme y cuantización polarizada que puede ser uniforme y no uniforme.

El proceso de cuantización presenta las siguientes características:

- ✓ Al realizar la cuantización siempre se realiza un redondeo y por lo tanto las variables cuantizadas son diferentes de las reales.
- ✓ El número de bits debe ser grande para tener una buena cuantización.
- ✓ Los dispositivos físicos que realizan los procesos de cuantización son los convertidores analógico – digitales.

Sin embargo hay que tomar en cuenta el ruido de cuantización, también conocido como error de cuantización o de aproximación, es la diferencia entre la entrada y la salida del cuantificador.

A diferencia del ruido blanco, el cual es de tipo "aditivo", es decir, que se suma o afecta a una señal sin importar su amplitud o frecuencia, el ruido o error de cuantización depende del valor que tenga la señal de entrada.

2.1.4. CODIFICACIÓN

En la forma general, los sistemas de modulación se pueden dividir en dos clases:

- a) En los sistemas no codificados un símbolo en el espacio del mensaje se transforme en un símbolo en el espacio de la señal modulada. Así en AM, cada amplitud del mensaje original se transforma en una amplitud particular de la señal modulada.
- b) En sistemas codificados como los de la modulación de pulsos codificados (PCM). Cada símbolo del mensaje o amplitud se transforma en un cierto número de símbolos de señal.

Solamente con sistemas codificados se puede tener en teoría la codificación más eficiente, del ancho de banda con la razón señal a ruido. Los sistemas no codificados (como FM) son por naturaleza incapaz de combinar el ancho de banda con la razón señal a ruido eficientemente. En términos generales PCM es la técnica y nombre con que se conocen las señales de banda base obtenidas de cuantización de señal PAM codificando cada muestra cuantizada en una palabra digital denominado número de bits en forma proporcional al número de intervalos de cuantización utilizados, de acuerdo a la siguiente relación:

$$L = 2^n$$

Donde:

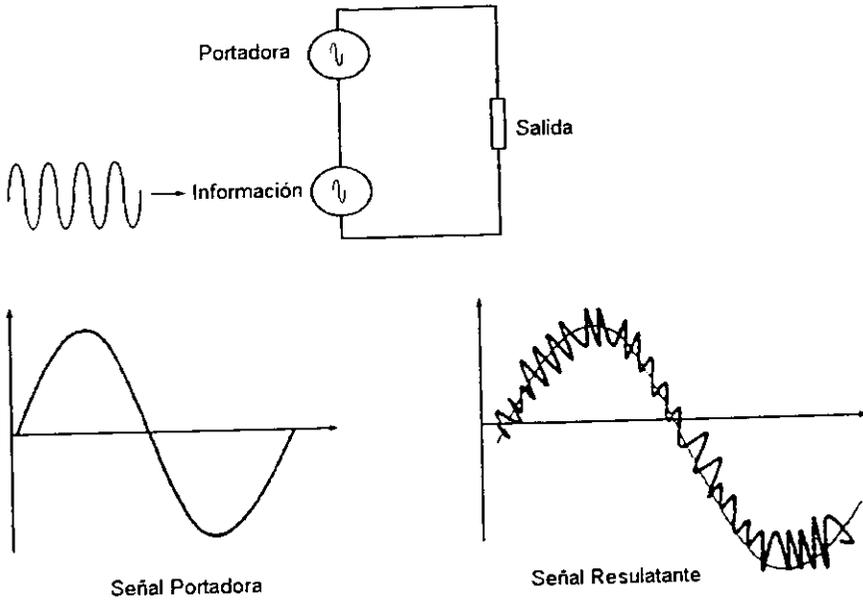
L = número de intervalos de cuantización,

N = número de bits usados para representar digitalmente las muestras PAM.

De esta manera, si por ejemplo se usan 4 bits, se tendrán 16 niveles de cuantización:
si se usaran 8 bits, se tendrán 256 niveles.

2.1.5. MODULACIÓN DE AMPLITUD

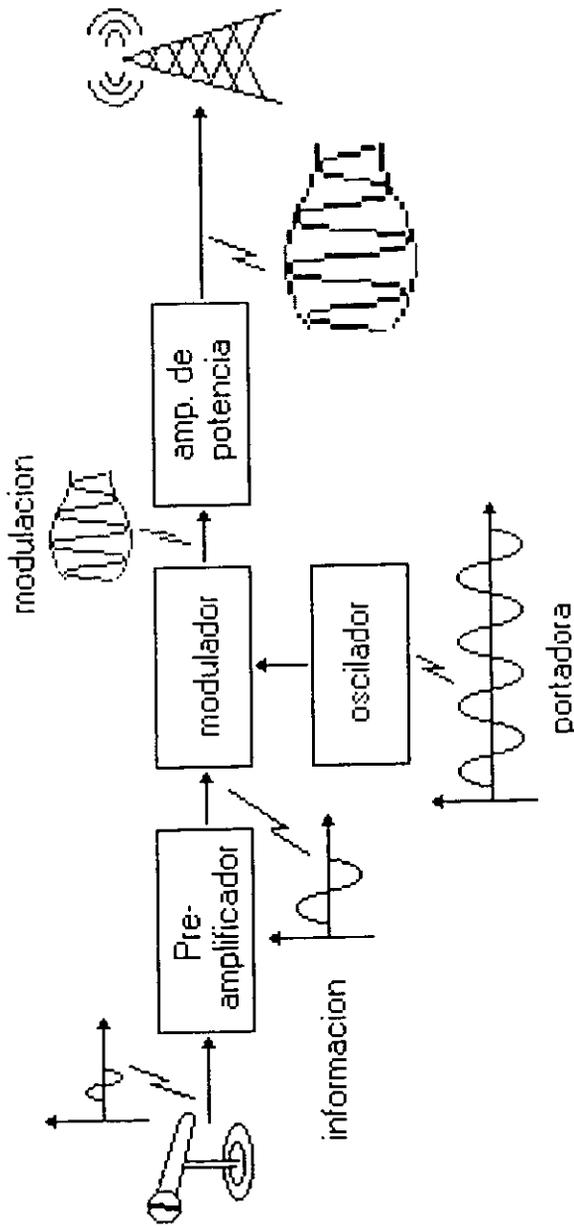
Combinando dos ondas de muy diferentes frecuencias senoidales, tales como una señal portadora y una señal inteligente en una forma lineal, resulta en su simple adición algebraica tal como se observa en la siguiente figura. Un circuito que podría ejecutar esta función es mostrado en la ilustración. Las dos señales combinadas en un dispositivo lineal tal como en resistor. Desafortunadamente el resultado no es conveniente para transmisiones de forma de onda de amplitud modulada. Si este fuera transmitido, la antena receptora solo detectaría la señal portadora porque la componente de baja frecuencia inteligente no puede ser eficientemente propagada como una onda de radio.



2.6. MODULACIÓN EN AMPLTUD

Se utiliza un método para producir una señal de amplitud modulada de tal forma que sea posible transmitirla como una unda de radio.

Para ilustrar esto, que mejor ejemplo que una transmisora de radio.



2.7. TRANSMISORA DE RADIOCON MODULACIÓN EN AMPLITUD.

2.2. MODULACIÓN DIGITAL

La modulación es el producto mediante el cual los símbolos digitales son transformados en formas de ondas compatibles con las características del canal de comunicación y además permiten multiplexar o agrupar varias señales diferentes a través del mismo canal de comunicación. Si las señales digitales a la entrada del modulador toman uno de los dos únicos valores, el sistema de comunicación se conoce como binario. Si esta disponible uno de los posibles valores, $M > 2$, se conoce como un sistema de grado M . Para la transmisión a larga distancia esas señales digitales de banda base, procedentes de la fuente, puede modular una portadora antes de la transmisión. El resultado se conocerá como manipulación por medio de amplitud (ASK), manipulación por medio de fase (PSK) o manipulación por cambio de frecuencia (FSK), ya sea que se varíe la amplitud, la fase o la frecuencia respectivamente, lo que varía de acuerdo con la señal de banda base. Existe un número de formas de onda que se pueden formar con señales continuas. En contraste, se plantea un caso en donde nos interesa transmitir una de un número finito de formas de onda o mensajes. La transmisión de un texto en inglés empleando un código como el de Morse, es un ejemplo simple de esto. En este caso, existe un total de 27 símbolos o mensajes (26 letras y un espacio). Estos símbolos se transmiten por diferentes combinaciones de marca y espacio. En consecuencia, el problema de transmitirlo se reduce al problema de transmitir una serie de formas de onda, seleccionadas cada una de un grupo específico o finito. Este tipo de comunicación se conoce como comunicación digital. Para los sistemas digitales de comunicación que emplean canales de pasa banda, resulta ventajoso modular una señal

portadora con la corriente digital de datos antes de la transmisión. En lugar de señales de mensaje continuas en tiempo y en nivel, nos preocuparemos de la transmisión de información de fuentes que producen símbolos discretos. El propósito de este es el de considerar algunos sistemas para la transmisión de datos digitales y su funcionamiento relativo. Aunque muchas de las fuentes dan por resultado señales inteligentes que son inherentemente digitales, como son el telégrafo y las señales de computadoras, es a menudo ventajoso representar señales analógicas en forma digital para la transmisión y luego convertirlas de nuevo a formas analógicas en la recepción.

La modulación por pulsos codificados (PCM), es un ejemplo de una técnica de modulación que se puede emplear para transmitir mensajes analógicos en forma digital. Sin que importe que una fuente sea puramente digital o una fuente analógica que se haya convertido a digital, puede ser provechoso añadir a quitar dígitos redundantes de una señal digital. Estos procedimientos, conocidos como codificación, se llevan a cabo por medio de los bloques de codificación y decodificación.

Para todos estos casos existen dos modalidades: de tipo coherente y de tipo no coherente. El término coherente se refiere a que el receptor utiliza la información de fase de la portadora para llevar a cabo el proceso de detección presentándose un llamado "amarre" de fase entre el receptor y la señal entrante. Como es de esperarse, la detección no coherente por lo general reduce la complejidad del sistema, pero a costa de incrementar el parámetro de probabilidad de error. A veces se emplean esquemas más complejos de modulación digital, pero se limitará la atención, a estos tres.

Modulación por conmutación de amplitud (ASK Amplitud Shift Keying)

Modulación por conmutación de frecuencia (FSK Frequency Shift Keying)

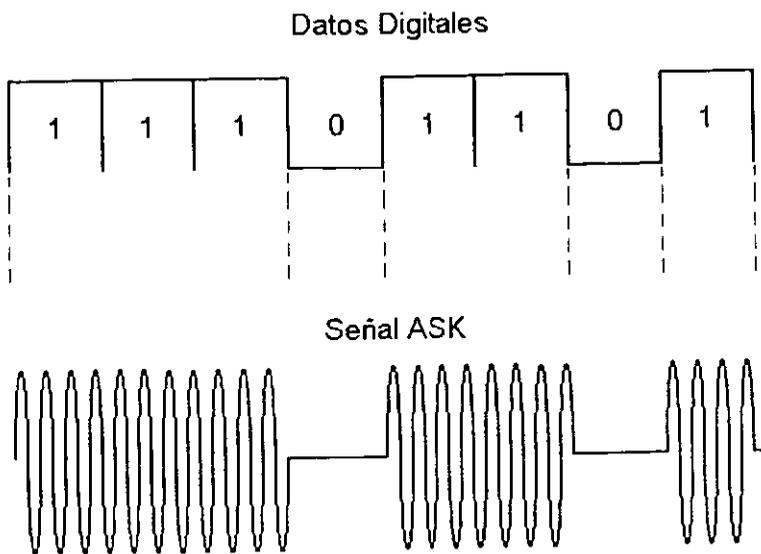
Modulación por conmutación de fase (PSK Phase Shift Keying)

2.2.1. MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE AMPLITUD ASK

En este tipo de modulación hay un cambio en la amplitud.. fue una de las primeras formas de modulación digital usada para radio – telegrafia a principios de siglo

En ASK, la amplitud de la portadora conmuta entre dos valores en respuesta a una señal digital, tren de pulsos, señal cuadrada, código PCM o código binario. A este tipo de conmutación se le conoce como: encendido-apagado(OOK, on-off keying) tambien llamada manipulación por cambio de amplitud (ASK).

La señal modulada resultante consta de pulsos de RF, que representan unos lógicos y espacios que representan ceros lógicos.



2.8. MODULACIÓN ASK

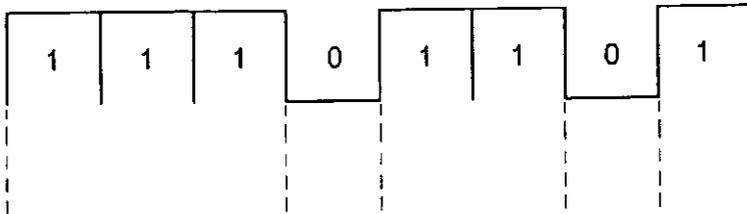
2.2.2. MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE FRECUENCIA. FSK

La modulación por desplazamiento de frecuencia es una forma de modulación digital de bajo rendimiento. FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional con la diferencia de que la señal moduladora es un código binario que varía entre dos niveles de voltaje discretos.

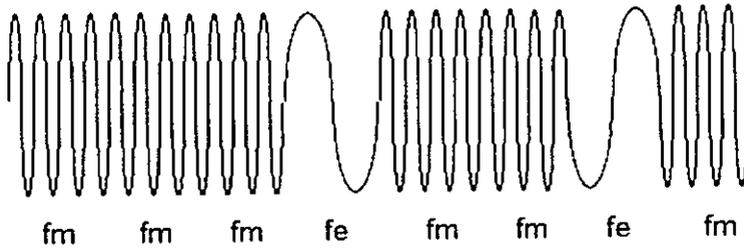
El cambio de frecuencia es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria.

La señal FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca (1 logico) y una frecuencia de espacio (0 logico).

Datos Digitales



Señal FSK



f_m: Frecuencia de marca.

f_e: Frecuencia de espacio.

2.9. MODULACIÓN ASK

2.2.3. MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE FASE. PSK

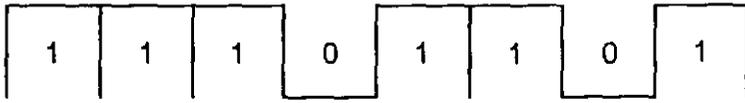
Fue desarrollada en Estados Unidos durante los inicios del programas espacial. Dentro de esta modulación está la PSK binaria (BPSK) en donde a la entrada de bits de datos discretos causa un cambio de 180° en la fase y en la portadora y cuando existe una diferencia de 180° entre dos señales que se dice que son antipolares

Manipulación de cambio de fase binaria (BPSK). Consiste en manipular la fase de una portadora senoidal 0° ó 180° con un signo unipolar binario.

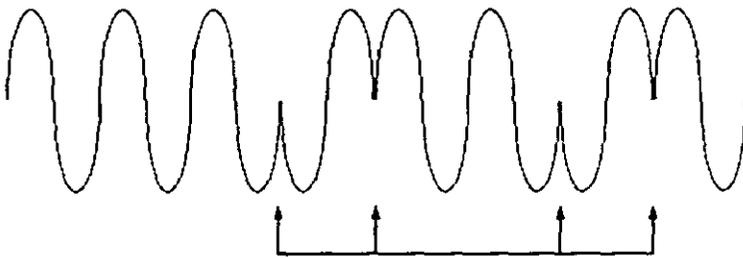
Con este tipo de modulación se tiene una sola portadora con dos fases de salida para representar cada estado lógico. Al tener una señal de entrada digital binaria que cambia de 1 a 0, la fase de la portadora se desplaza de 0 a 180 grados.

En un modulador balanceado o de producto BPSK, a portadora $(\sin(\omega_c t))$ se multiplica por +1 voltio en el caso de tener un 1 lógico y por -1 voltio en el caso de tener un 0 lógico. Por lo que tendremos una señal de salida de $\pm \sin(\omega_c t)$.

Datos Digitales



Señal PSK



Defasamiento de 180° al cambio de Estado

2.10. MODULACIÓN PSK

3. MULTIPLEXAJE

El multiplexaje es un método de multicanalización de diferentes señales de información para ser transmitidas posteriormente.

De entre otras técnicas, destacan dos tipos de multiplexaje:

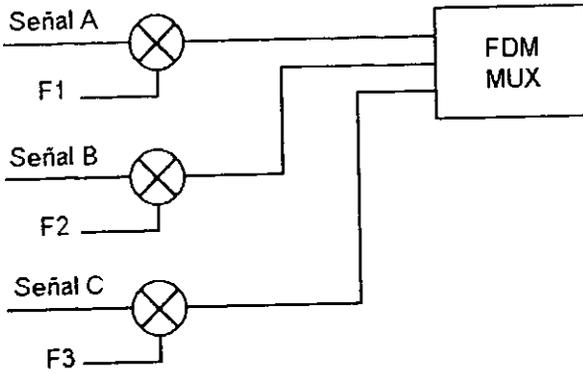
FDM (Frequency División Multiplexing)

TDM (Time Division Multiplexing)

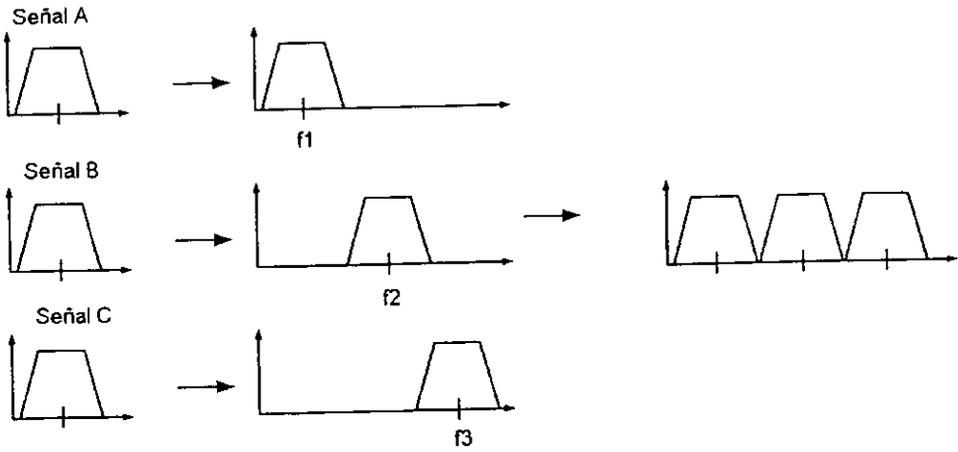
los cuales explicare brevemente debido a que se puede comprender mejor con el concepto de técnicas de acceso.

3.1. Multiplexaje por División de Frecuencia

Es posible enviar varias señales simultáneamente, eligiendo una frecuencia portadora diferente para cada una. Estas frecuencias se eligen de forma que los espectros de las señales no se traslapen. Este método de transmisión se llama multiplexaje por división de frecuencias (FDM, Frequency Division Multiplexing). Esto consiste en situar los espectros de las señales de frecuencias tales que cada uno pueda separarse de los demás por medio del filtrado. Aquí se destaca el uso de la modulación de amplitud (AM), que aunque el multiplexaje por división de frecuencia no excluye el uso de otros métodos de modulación.



Frecuencia 1
 Freceuncia 2
 Frecuencia 3



Canales de voz

3.1. MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.

3.2. Multiplexaje por División de Tiempo

El uso de los pulsos muy estrecho en PAM, deja suficiente espacio entre muestras para la inserción de pulsos de otras señales muestreadas. El método de combinar varias señales muestreadas en determinada sección de tiempo se llama multiplexaje por división de tiempos (TDM). Las muestras de cada señal permanecen independientes y pueden identificarse y separarse en el dominio del tiempo; sin embargo, los espectros de las señales muestreadas se mezclan y ocupan la misma región de frecuencias, por lo que se vuelve imposible identificarlas. De esta manera, la identidad del espectro se mantiene en señales multiplexadas por división de frecuencias mientras que, en señales multiplexadas por división de tiempo, se mantiene la identidad de la forma de onda. Puesto que una señal queda especificada completamente o bien en el dominio del tiempo o en el de la frecuencia, estas señales pueden separarse en el receptor con las técnicas apropiadas en los dominios respectivos. En el sistema de división de tiempo, cada señal ocupa un intervalo de tiempo distinto (que no ocupa ninguna otra señal), pero los espectros de todas las señales tienen componentes en el mismo intervalo de frecuencia.

4. TÉCNICAS DE ACCESO

En un sistema de comunicaciones vía satélite uno de los principales objetivos es el de poder transmitir información a larga distancia utilizando el espacio como medio de transmisión. La comunicación telefónica es la mayor carga de información con la que trabaja el satélite motivo por el cual ha sido necesario implementar nuevos métodos de intercambio de información para optimizar la capacidad de un transpondedor satelital. Existen diferentes sistemas de transmisión de información vía satélite siendo el FDM/FM uno de los primeros sistemas de enlace sencillo utilizados. Un sistema mediante el cual un gran número de estaciones terrenas puede acceder a un satélite común y establecer enlaces independientes de comunicación a un mismo tiempo, se conoce como sistema de acceso múltiple. Dentro de los sistemas de acceso múltiple existen 3 básicos de los cuales se derivan algunos otros dependiendo del modo de polarización y del número de antenas, los tres básicos son:

Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

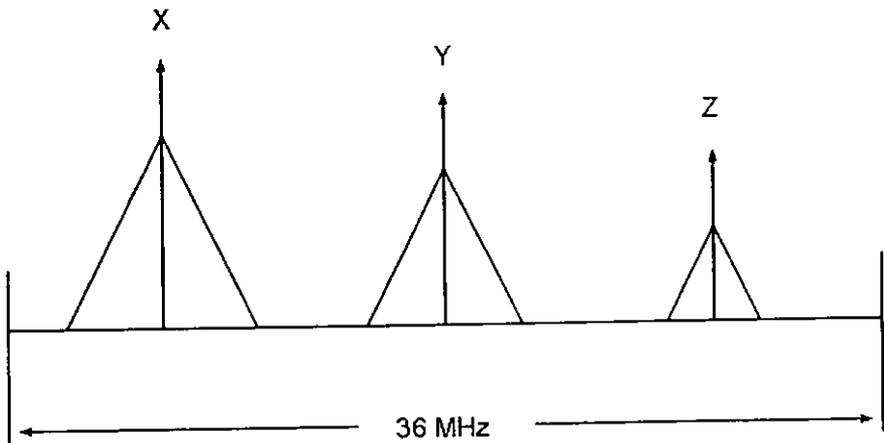
Acceso múltiple por división de código (CDMA).

4.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA)

Esta técnica de acceso, nos permite aprovechar al máximo, el ancho de banda del transpondedor ya que en diversas situaciones, una estación terrena, no tiene el suficiente tráfico como para ocupar el ancho de banda de un transpondedor completo, para lo cual se utiliza la FDMA.

Esta técnica consiste en dividir el ancho de banda del transpondedor en varias partes dependiendo del ancho de banda de la información que se está recibiendo tomando en cuenta las bandas de guarda.

Si observamos la siguiente figura, podemos observar que cada triángulo representa un ancho de banda y los espacios entre ellos las bandas de guarda; también observamos que los anchos de banda no tienen que ser necesariamente de la misma frecuencia.



4.1. ANCHO DE BANDA DE UN TRANSPONDEDOR DIVIDIDO POR FDMA

4.1.1. ACCESO MÚLTIPLE CON ASIGNACIÓN POR DEMANDA

Esta técnica de acceso, es parte de la FDMA con la variante de que permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesita para establecer comunicación. En el momento en que alguna deja de transmitir, la ranura se libera quedando disponible para cualquier otra estación terrena que la solicite.

Cuando después de algún tiempo, la estación terrena que liberó la ranura desea transmitir más información podrá hacer uso de cualquier otra ranura que en ese momento se encuentre disponible. Esta asignación de ranuras no es arbitraria, si no a través de una estación central que coordina las frecuencias disponibles.

Existen sistemas como el SPADE usado por INTELSAT para darle servicio telefónico a los países con poco tráfico entre sí.

Una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada y la ranura de frecuencias necesaria para ubicarla es tan angosta o tan ancha dependiendo del número de canales ya sea analógicos, digitales, multiplexados en frecuencia o en tiempo.

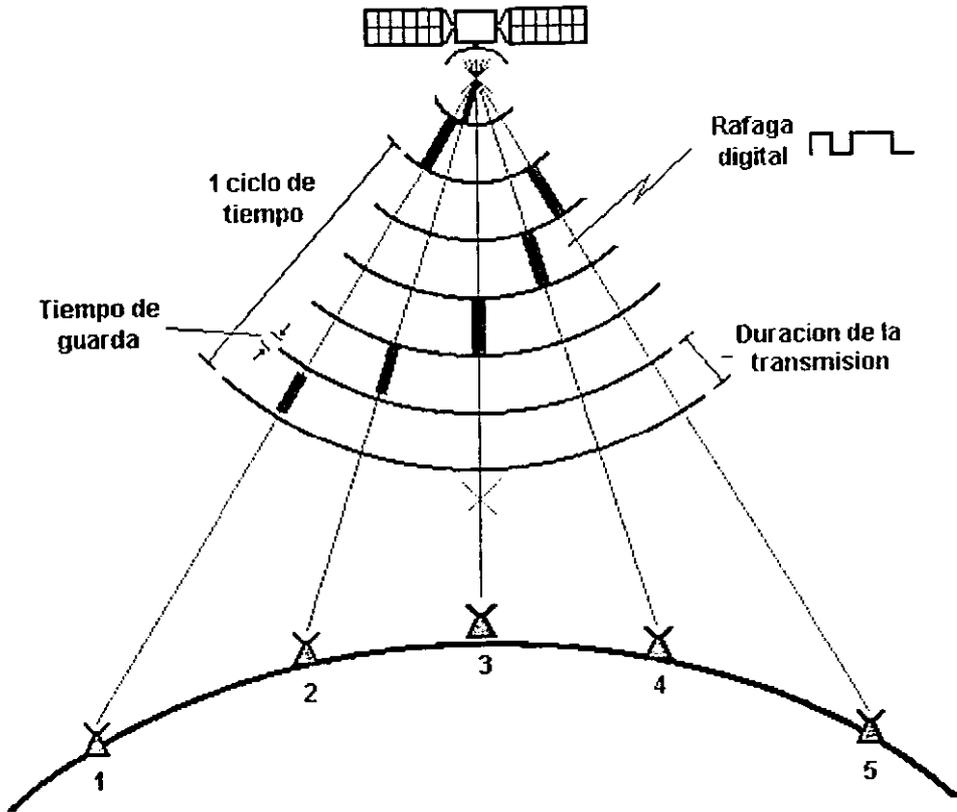
4.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO

Este acceso múltiple es una técnica completamente digital mediante la cual varias estaciones terrenas accesan un transpondedor o parte de él. En esta técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada la misma ranura con un ancho de banda fijo y se distribuye entre las estaciones terrenas secuencialmente en el tiempo. Es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir, y cuando su tiempo se agota deben dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que lo siguen en la secuencia hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo asignado a cada estación no es necesariamente el mismo en todos los casos, ya que en algunas estaciones se genera más tráfico que en otras y por lo tanto el tiempo que utilice la ranura debe de ser mayor que el tiempo que se asigna a las estaciones con menos tráfico.

Los tiempos asignados pueden ser fijos por estación en cuyo caso se tendría acceso múltiple por división de tiempos con asignación fija. Un sistema TDMA es más complejo que un FDMA y necesita una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo comparten y una estación de referencia. Debido a que estas estaciones transmiten en forma de ráfaga a intervalos de tiempo del orden de fracciones de milisegundo, deben

contar con módulos de almacenamiento de información, los cuales liberan la información en paquetes.



4.2. TDMA EN REPRESENTACIÓN GRAFICA

La modulación TDMA que se utiliza comúnmente, es la ocupación del transpondedor completo por la portadora modulada y por consiguiente se evita el ruido de intermodulación y se puede aprovechar al máximo la potencia de salida del amplificador. En varias situaciones el tráfico manejado por una red de estaciones no es tan grande como para la utilización total de un transpondedor si no solamente una fracción de él. En estos casos se comparten el ancho de banda del transpondedor en FDMA por los servicios prestados por otras estaciones independientes de la red TDMA, sin perder la flexibilidad que brinda el sistema TDMA totalmente digitalizado.

La técnica TDMA es igual que la FDMA en concepto ya que no son más que una forma mediante la cual las estaciones terrenas comparten un transpondedor o parte de él. Independientemente del tipo de acceso que se utilice, es necesario que los canales de voz, datos o video que serán transmitidos, pasen por varias etapas de procesamiento a partir de su estado de banda base, principalmente las etapas de multiplexaje y modulación.

4.3. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE CODIGO

De las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones, además, existen otras técnicas en la que un transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica es conocida como acceso múltiple por diferenciación de código (CDMA). Esta técnica es particularmente útil en transmisiones confidenciales o muy sensitivas a la interferencia.

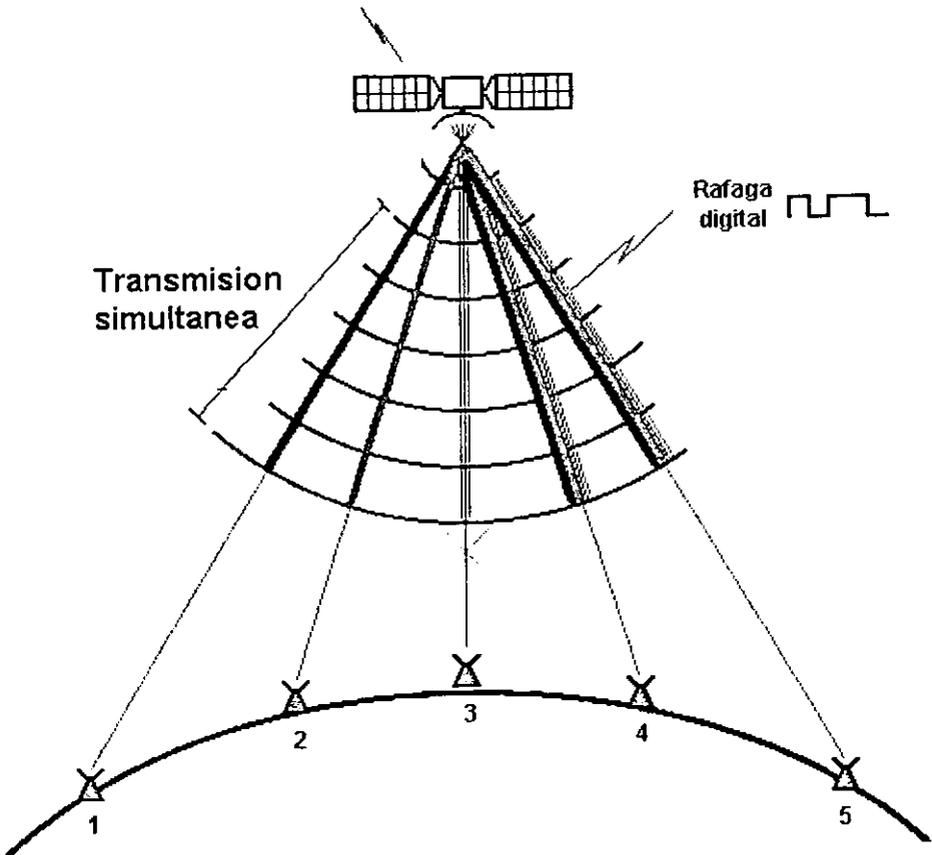
Al igual que en TDMA es totalmente digital y presenta la ventaja de que las antenas terrenas tanto transmisoras como receptoras pueden ser muy pequeñas sin importar que sus ganancias sean bajas y sus lóbulos de radiación muy amplios.

Este método presenta el inconveniente de que ocupa un gran ancho de banda (hasta un transpondedor completo) debido a que cada bit de información se transforma en un tren de bits de acuerdo con un código determinado previamente.

En la siguiente figura, se ejemplifica con una red de 5 estaciones terrenas la técnica de acceso CDMA. Cada estación utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información, de las estaciones terrenas receptoras, solo la destinataria de

cierta información conoce el código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original aunque llegue traslapado con el resto de los mensajes que se transmitieron simultáneamente, pues estos últimos solo los detecta como ruidos tolerantes.

Transpondedor compartido



4.3. CDMA EN REPRESENTACIÓN GRAFICA

Como el ancho de banda que utiliza el sistema CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de la señal al codificar cada bit de información en un nuevo tren de bits, también se le llama acceso con espectro expandido (SSMA).

CONCLUSIONES

Como nos podemos dar cuenta, con esta breve visión que nos ofrece el presente trabajo de los sistemas de comunicaciones vía satélite, las técnicas que hacen posibles las telecomunicaciones, son ya muy avanzadas, sin embargo, con el BUM que se esta presentando en las comunicaciones, no podemos dejar un solo espacio libre en los sistemas de comunicaciones. Por lo cual a pesar de la eficiencia de las comunicaciones satelitales, se requiere todavía un mejor desempeño de dichos sistemas ya que los requerimientos de comunicaciones cada vez mas complejas y mas eficientes, se encuentra en franco crecimiento.

Como un claro ejemplo de este BUM en las comunicaciones, tenemos el caso de los sistemas de comunicaciones móviles que son cada día mas populares y que ahora se busca un acceso eficiente a través de estos aparatos a la Internet.

Y por si esto no fuera suficiente, tenemos que resolver el problema de los octetos del internet que nos resultara en muy altos requerimientos del eficiente uso del ancho de banda de los sistemas satelitales .

De los ejemplos anteriores podemos deducir la importancia que tienen los sistemas satelitales para nuestras vidas cotidianas; así mismo, podemos percibir la importancia que conlleva a un ingeniero en comunicaciones el conocer desde su forma mas elemental las la forma en que este tipo de comunicaciones trabaja en pro de la humanidad.

GLOSARIO

Amplificador de bajo ruido	Primer dispositivo importante por el que entran las señales recibidas por la antena, el cual tiene un ancho de banda muy amplio.
Amplitud	Valor pico a pico de una señal.
Análogo	Representación de una variable física por medio de cantidades que varían continuamente en el tiempo
Ancho de banda	Rango de frecuencia ocupada por una señal que transporta información.
ASK	Amplitude Shift Keying. Modulación digital en el que hay un cambio en la amplitud de la señal.
Asíncrono	Que tiene un intervalo variable entre bits, caracteres o eventos sucesivos. En la transmisión de datos asíncrona, cada carácter se sincroniza individualmente, por lo general, con bits de arrancada y parada.
Atenuación	La diferencia entre la potencia y la recibida debido a pérdidas en el equipo, líneas u otros dispositivos de transmisión.
Banda ancha	Forma de modulación en la cual se forman múltiples anchos de banda mediante la división del medio de transmisión en pequeños segmentos de frecuencia.
Banda base	Se conoce como la señal de información que modula el transmisor.
Banda de guarda	Cierta frecuencia que se deja entre dos señales portadoras
Baud	Mide la velocidad de traspaso de información por segundo. Unidad binaria de transmisión de información por segundo.
Binario	Sistema de numeración basado en dos valores o dígitos (cero y uno). Sistema en base de dos.

Bit	Unidad de información más pequeña que puede ser procesada o transportada por un circuito.
Canal	Un camino para transmitir señales electromagnéticas. Es sinónimo de línea y eslabón (o enlace).
Canal análogo	Un canal en el que la información transmitida puede tomar cualquier valor entre los límites definidos por el canal.
Codificación	Expresa una señal en un código diferente o poner restricciones a una señal digital.
Codificador	Instrumento que altera electrónicamente una señal programada a fin de que solo pueda ser captada por equipos con decodificadores apropiados.
Código	Una transformación o representación de información de manera distinta, de acuerdo con algún conjunto de convenciones preestablecidas.
Coherente	Se llama así a un sistema digital. Si está disponible una frecuencia local de demodulación, que esté en fase con la portadora transmitida.
Convertidor de frecuencias	Oscilador local que multiplica las señales que entran en otra generada internamente, obteniéndose las señales desplazadas a frecuencias más bajas.
Cuantización	Consiste en dividir el rango de amplitud de la señal en un número finito de valores discretos y dependiendo de la amplitud de la señal analógica, afinar el valor discreto más cercano para cada muestra.
CDMA	Técnica de acceso múltiple por diferenciación de código.
Decibel	Unidad para medir la intensidad relativa de una señal, tal como potencia, voltaje, etc.
Decodificador	Realiza la operación inversa a la codificación.
Demodulador	Circuito o dispositivo cuya acción sobre una onda portadora, permite recuperar o recomponer la onda moduladora original.

GLOSARIO

Demultiplexor	Dispositivo por el cual se remueve la señal portadora de la información transmitida.
Digital	Modalidad de transmisión en la cual la información es codificada en forma binaria para su envío.
Espectro	La energía que contienen las señales en diferentes frecuencias y sirve para determinar el ancho de banda de una señal.
Estación terrena	Estación que en una serie de equipos interconectados entre sí, como lo son un transmisor, un receptor, antena y equipo de rastreo para el satélite.
Fase	Relativo a la sincronización de una señal alterna. Dos señales pueden tener amplitud y frecuencias idénticas, pero pueden definir en fase si una se atrasa con respecto a otra en un valor que no sea un múltiplo de la frecuencia.
Formateo de la señal	Procesar la señal de tal manera que permita que la señal de origen sea compatible con el procesador digital.
Frecuencia	Representa el número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica.
FDMA	Técnica de acceso múltiple por división de frecuencia.
FSK	Codificación por crecimiento de frecuencia. Un método de transmisión en que la frecuencia de la portadora se corre hacia arriba y hacia debajo de un valor medio de acuerdo con la señal binaria, una frecuencia representa un cero binario.
Hertz	Unidad de frecuencia que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es 1 segundo.
Modulación	Es el proceso mediante el cual alguna propiedad o parámetro de cualquier señal se hace variar en proporción a una segunda señal.
Modulación de amplitud	Forma de modulación en que se varía la amplitud de la portadora de acuerdo con el valor instantáneo de la señal modulada.

Modulación de fase	Forma de modulación en que se varía la fase de la portadora de acuerdo con el valor instantáneo de la señal moduladora.
Muestreo	Consiste en tomar y analizar el valor que tiene una señal (muestra) a intervalos de tiempo regulares (velocidad de muestreo).
Multiplexor	Dispositivo electrónico en el cual entran varias señales y a la salida se tiene una sola
PAM (modulación por amplitud de pulso)	Es la señal resultante del proceso de muestreo. Consiste en una secuencia de pulsos cuya amplitud es aquella señal de entrada durante el lapso de muestreo.
Periodo	Espacio de tiempo después del cual se reproduce una señal.
PMC	Es la técnica y el nombre con que se conocen las señales de banda obtenidas de la cuantización de señales PAM, codificando cada muestra cuantizada en una palabra digital de determinado número de bits en forma proporcional al número de intervalos de cuantización utilizados de acuerdo a $L = 2n$
Polarización	Desarrollo lineal o circular que se imprime a una onda electromagnética, la cual se modifica en su trayecto por rotación del plano de polarización o despolarización de las ondas. Describe la dirección del vector campo eléctrico.
Portadora	Onda de radio generada por transmisor cuando no existe una señal de modulación.
QPSK	Técnica de modulación digital que se lleva a cabo en cuadratura los pulsos bipolares originales de manera que se obtengan en forma separada los bits nones y los bits pares.
Señal analógica	Varía en forma continua en el tiempo, es decir, tiene un valor definido para cualquier momento.
Señal digital	Una señal discreta o discontinua. Corresponden a los datos en forma de dígitos como ceros y unos.
Señal modulada	La información a transmitir modula una forma de onda

GLOSARIO

	senoidal llamada portadora, la cual es transmitida del canal de comunicación.
Sistema síncrono	Si está disponible en el receptor una señal periódica que esté en sincronismo con la secuencia transmitida de señales digitales (conocida como reloj).
Transponder	Parte de un satélite que tiene como función principal la de amplificar la señal que recibe de la estación terrena
TDMA	Técnica de acceso múltiple por división de tiempo.

MNEMONICOS

A / D	Análogo / Digital
AM	Amplitud Modulada
bps	Bits POR segundo
BPSK	Desplazamiento de base binaria
CDMA	Acceso múltiple por división de código
DAC	Convertidor digital a analógico
DAMA	Asignación por demanda
db	Decibel
dbw	Decibel por encima de un watt
DEMUX	Demultiplexor
FDM	Multiplexión por división de frecuencia
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia
FI	Frecuencia intermedia
FM	Frecuencia modulada
FPB	Filtro pasa banda
FSK	Desplazamiento de frecuencia
HPA	Amplificador de alta potencia

GLOSARIO

IM	Índice de modulación
LNA	Amplificador de bajo ruido
MUX	Multiplexor
PAM	Modulación por amplitud de pulso
PCM	Modulación por código de pulsos
PM	Modulación de fase
PSK	Desplazamiento de fase
RF	Radio frecuencia
TDM	Multiplexaje por división de tiempo
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Satélites de Comunicaciones
Neri Vela, Rodolfo
Mc Grow Hill.

- ✓ Sistemas de Telecomunicación Via Satélite
James Wood
Paraninfo

- ✓ Satellite Communications
Dennis Roddy
Mc Grow Hill International Editions

- ✓ Electronic Communication Systems
Kennedy George
Mc. Grow Hill

- ✓ Radio Systems Design for Telecommunications
Freeman, R. L.
John Wiley and Sons Inc.

- ✓ Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.
Wayne Tomasi
Prentice Hall

- ✓ Digital Communications: Microwave Applications.
Dr. Kamilo Feher
Prentice Hall Inc.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Introducción a los Sistemas de Comunicación.
F. G. Stremler
Addison Wesley Iberoamerica.

- ✓ Digital Communications Satellite
Dr. Kamilo Feher
Prentice Hall Inc.

- ✓ Reference Data for Radio Engineers
Jordan, E. C.
Howard W. Sams and Co. Inc.

- ✓ Satellite Communications Systems
G. Marall and M. Bousquet.
John Wiley and Sons Inc.

<http://www.itu.int/home/index-es.html>

<http://octopus.gma.org/surfing/satellites/index.html>

<http://www.drdish.com/knowledge/esp/>