



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

***“SISTEMA DE COMUNICACIÓN MÓVIL PARA TRANSMISIÓN  
DE TELEVISIÓN SATELITAL A TRAVÉS DE LA RED  
EDUSAT”***

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA  
**ARMANDO MEDINA ALONSO**

ASESOR:  
ING. P. PABLO LUNA ESCORZA



MEXICO

2009



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.

## ***DEDICATORIA***

### ***A MIS PADRES***

Por darme el ejemplo de nunca rendirme y siempre luchar no importando lo difícil que fuera para lograr todos mis sueños y metas.

Gracias por el amor, la paciencia y todos y cada uno de los sacrificios que por nosotros han pasado, no tengo palabras para expresarles todo lo que siento, todo lo que me han enseñado y compartido haya sido mucho o poco siempre han estado a mi lado.

Todo esto lo atesorare por toda mi vida.

Espero que con su ejemplo pueda formar una familia tan especial como la nuestra, de la cual me siento infinitamente feliz de formar parte y por la cual daría todo.

GRACIAS.

### ***A MIS HERMANOS***

Gustavo, Elena y Herbie por su apoyo en todo momento y por no perder la fe en mí, porque cada uno con su forma de ser me enseñó mucho. Gracias por su comprensión, por los momentos de mi niñez y los que ahora estoy viviendo. Ustedes también han sido un ejemplo para mí.

Sigan portándose mal.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. P. Pablo Luna Escorza. Por darme el apoyo y confianza en la realización de este proyecto, por su amistad, consejos y orientación.

A todos mis maestros. Por toda la enseñanza que me brindaron durante mi estancia en la Universidad, en especial al Ing. Abel Verde Cruz, por su apoyo, asesoría y confianza.

A mi Familia de San Juan, Gracias Tío Javier por su cariño y confianza, Abuelita gracias por tu amor, por tu ejemplo de vida, sacrificio y lucha durante toda tu vida, Lupiux, Javiersin y Pelos, porque siempre me han recibido con cariño gracias a todos.

Angie. Gracias flaca por los momentos maravillosos que hemos compartido, por creer que si podía lograr esta meta y presionarme para lograrla, por los sueños que nos esperan. Gracias por estar aquí. Estrellita donde estas? Solo quiero verte titilar.

A mis Amigos y a todas y cada una de las personas que directa o indirectamente han estado conmigo y me han dado su apoyo aunque algunas ya no estén aquí, no puedo mencionarlos a todos porque omitiría a algunos y no es justo, les agradezco el haberme dado la oportunidad de conocerlos y compartir parte de su tiempo.

# **ÍNDICE**

## **CAPITULO I**

### **PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

<b>1.1</b>	<b>FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN</b>	<b>8</b>
<b>1.2</b>	<b>PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE RADIO</b>	<b>12</b>
<b>1.3</b>	<b>MODULACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>TÉCNICAS DE MODULACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>1.5</b>	<b>LÍNEAS DE TRANSMISIÓN (ENLACE SATELITAL)</b>	<b>30</b>
<b>1.6</b>	<b>ANTENAS PARA ENLACES SATELITALES</b>	<b>33</b>
<b>1.7</b>	<b>AMPLIFICADORES DE MICROONDAS</b>	<b>36</b>
<b>1.8</b>	<b>EL DECIBEL</b>	<b>40</b>

## **CAPITULO II**

### **COMUNICACIÓN SATELITAL**

<b>2.1</b>	<b>CONCEPCIÓN INICIAL DE LOS SATÉLITES</b>	<b>43</b>
<b>2.2</b>	<b>ÓRBITAS SATELITALES</b>	<b>46</b>
<b>2.3</b>	<b>TRAFICO DE SERVICIOS POR VÍA SATÉLITE</b>	<b>48</b>
<b>2.4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE UN SATÉLITE</b>	<b>50</b>
<b>2.5</b>	<b>SATÉLITES MEXICANOS</b>	<b>54</b>
<b>2.6</b>	<b>RECURSOS SATELITALES</b>	<b>62</b>
<b>2.7</b>	<b>ARQUITECTURA DE REDES SATELITALES</b>	<b>71</b>

## **CAPITULO III**

### **ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

<b>3.1</b>	<b>ANTENA FLYAWAY FA-180</b>	<b>76</b>
<b>3.2</b>	<b>FVE-140 ENCODER (MODULADOR/DEMODULADOR)</b>	<b>81</b>
<b>3.3</b>	<b>RECEPTOR DVB (DIGITAL VIDEO BROADCAST)</b>	<b>88</b>
<b>3.4</b>	<b>MONITOR DE VIDEO A COLOR TRINITRON PVM-14N5A</b>	<b>95</b>
<b>3.5</b>	<b>ANALIZADOR DE ESPECTRO</b>	<b>98</b>
<b>3.6</b>	<b>AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA (HPA)</b>	<b>100</b>

## **CAPITULO IV**

### **FUNDAMENTOS DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN**

<b>4.1</b>	<b>TEORIA BÁSICA DE LA LUZ</b>	<b>101</b>
<b>4.2</b>	<b>HISTORIA DE LA TELEVISIÓN</b>	<b>104</b>
<b>4.3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TELEVISIÓN M/NTSC</b>	<b>115</b>
<b>4.4</b>	<b>TELEVISIÓN DIGITAL</b>	<b>119</b>
<b>4.5</b>	<b>FORMATOS DE VIDEO DIGITAL</b>	<b>136</b>

## **CAPITULO V**

### **NORMAS Y ESTANDARES PARA TELEVISIÓN**

<b>5.1</b>	<b>EL ESTÁNDAR DVB</b>	<b>147</b>
<b>5.2</b>	<b>ESTÁNDAR DE COMPRESIÓN DE VIDEO Y AUDIO MPEG</b>	<b>156</b>

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA DE ENLACE SATELITAL PARA LA TRANSMISIÓN DE UNA SEÑAL DE TV**

<b>6.1</b>	<b>DISEÑO DEL ENLACE</b>	<b>184</b>
<b>6.2</b>	<b>PÉRDIDAS</b>	<b>186</b>
<b>6.3</b>	<b>ENLACE ASCENDENTE</b>	<b>188</b>
<b>6.4</b>	<b>ENLACE DESCENDENTE</b>	<b>190</b>
<b>6.5</b>	<b>MARGEN DEL ENLACE</b>	<b>192</b>
<b>6.6</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DEL ENLACE SATELITAL</b>	<b>194</b>
<b>6.7</b>	<b>CÁLCULO DEL ENLACE ASCENDENTE</b>	<b>198</b>
<b>6.8</b>	<b>CÁLCULO DEL ENLACE DESCENDENTE</b>	<b>201</b>
<b>6.9</b>	<b>CÁLCULO DEL MARGEN DEL ENLACE</b>	<b>203</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>205</b>
---------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>206</b>
---------------------	------------

<b>APÉNDICE A</b>	<b>209</b>
-------------------	------------

<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>220</b>
------------------	------------

<b>GLOSARIO</b>	<b>222</b>
-----------------	------------

## **INTRODUCCIÓN**

La experiencia de la Educación a Distancia en México ha sido encabezada por dos organizaciones o instituciones que rigen la vida académica en nuestro país: La Secretaría de Educación Pública (SEP) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Después de que ambas instituciones iniciaron su trabajo en el área de Educación a Distancia, otras instituciones las siguieron.

En el nivel de educación básica, México tiene una vasta experiencia en el uso de medios para la educación a distancia. Partiendo de esta premisa, el uso de las nuevas tecnologías de información en el campo educativo puede ser analizado desde dos perspectivas distintas:

Educación a distancia a través del uso de medios de comunicación (como lo son la radio y la televisión) y a través del uso de materiales impresos. Educación a distancia usando la Internet y otras tecnologías de información.

La Secretaría de Educación Pública, el Instituto Latinoamericano para la Comunicación Educativa (ILCE) - institución fundada en 1956 y apoyada por la UNESCO para la mejora de la educación a través del uso de medios, comenzó a jugar un papel muy importante en la operación del Programa Nacional de Educación a Distancia. Actualmente, el ILCE está constituido por 13 países miembros (Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay y Venezuela) y tiene sus oficinas centrales en la ciudad de México.

A partir de la exploración de las telecomunicaciones, de la segmentación de los públicos, la aparición de nuevas tecnologías de la información y las telecomunicaciones; el audiovisual se diversifica dando lugar a nuevos formatos, géneros y subgéneros televisivos.

Lo mismo sucede con las vías de acceso al audiovisual. Los medios electrónicos frente a estas nuevas realidades reorganizan sus estructuras, perfiles y prácticas de distribución de imagen en función de la presencia renovada y determinante del receptor, es decir, del público o usuario. En México, este movimiento es impulsado entre otras muchas propuestas, por el Sistema de Televisión Educativa vía Satélite (Edusat), que actualmente cubre 30 mil puntos de recepción a lo largo de toda la República Mexicana, el sur de Estados Unidos, Centroamérica, el Caribe, Colombia, Venezuela, Ecuador y muy pronto en toda América.

En la actualidad, la televisión educativa registra un alto nivel de difusión en gran parte del país, por lo que se ha convertido en un medio indispensable para elevar el nivel educativo nacional. La tecnología televisiva ha avanzado a pasos agigantados en los últimos años y sus imágenes llegan a un sin número de espectadores a través de diferentes medios: radiofrecuencia, cable, satélite, etc.

De esta forma, la Secretaría de Educación Pública (SEP), a través de la Dirección General de Televisión Educativa (DGTVE), lleva a cabo el programa de la Red Edusat, que pretende ampliar y fortalecer el equipamiento de recepción de la misma, para hacer frente a los múltiples retos presentes y futuros de la educación en el país y del continente americano, utilizando las ventajas de la tecnología a su servicio.

## **OBJETIVO**

El objetivo de este sistema de comunicaciones es el poder brindar al usuario un sistema que no este anclado o se vea restringido a una determinada área o punto de referencia geográfica por la falta de espacio ó medios para su transportación.

Es un sistema móvil, confiable para la transmisión de señales televisivas con un alto nivel de calidad y confiabilidad en la transmisión de información.

Logrando con ello un claro ejemplo de versatilidad ya que este sistema puede transmitir desde cualquier punto de la República Mexicana o fuera de la misma, logrando una comunicación muy fiable, ya fuese desde un punto ó área que no represente una mayor complejidad hasta poder hacerlo desde un lugar inhóspito o de muy difícil acceso.

Sin que esto implique un gran despliegue de recursos tanto humanos como materiales y equipo, dando como resultado un alto desempeño para cubrir las necesidades que se presenten.

El equipo y manejo del mismo no representa un obstáculo para su óptima operación logrando que él ó los operadores realicen su trabajo de manera eficiente. Alcanzando con ello enlazar y comunicar a las diferentes localidades, poblaciones, ciudades o países.

## CAPITULO I

### PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

#### 1.1 FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

##### **Sistemas de Comunicación**

El objetivo de un sistema de comunicaciones es la transmisión de información como lo son la voz, datos, video, etc. De un punto a otro, libre de interferencia y distorsión.

##### **Principios de un Sistema de Comunicación**

Un sistema de comunicaciones se describe como el conjunto de elementos que ordenadamente relacionados entre sí, tienen la capacidad de establecer la transmisión de un mensaje entre dos puntos independientes.

Los elementos fundamentales o indispensables que intervienen en el principio de comunicación son:

- **Emisor o transmisor:** Es el elemento que inicia la comunicación encargado de transmitir el mensaje en un lenguaje que el receptor o receptores puedan descifrar con facilidad para poder establecer el enlace de comunicación.
- **Canal:** Es el medio utilizado por el transmisor para hacer llegar el mensaje al receptor.
- **Receptor:** Elemento encargado de recibir el mensaje transmitido por el emisor a través de un medio. Al recibirse el mensaje se cumple el ciclo de la comunicación.

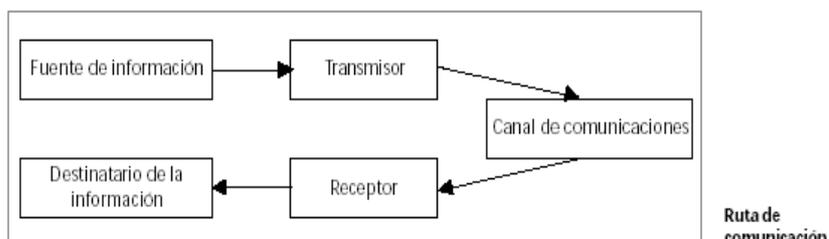


Figura 1.1.1 Ruta de Comunicación

##### **Descripción de un Sistema de Comunicación**

Se denomina "sistema" al conjunto de componentes o dispositivos físicos que interactúan entre sí, que aceptan señales como entradas, las transforman y generan otras señales a su salida. Por lo general la señal de entrada es de tipo analógica, el sistema de comunicación se encarga de transformar este tipo de señales para que pueda salir una señal digital.

Existen dos tipos básicos de sistemas de comunicación: alámbrica e inalámbrica. El sistema alámbrico depende de un medio de transmisión física, utilizando conductores eléctricos de señal, tales como las líneas telefónicas domésticas, cable coaxial, fibra óptica.

El sistema inalámbrico no precisa de un medio físico entre el emisor y el receptor para llevar a fin el mensaje, ocupando como canal de transmisión el espacio como lo hace la telefonía celular, las estaciones de radio y televisoras locales, la comunicación satelital.

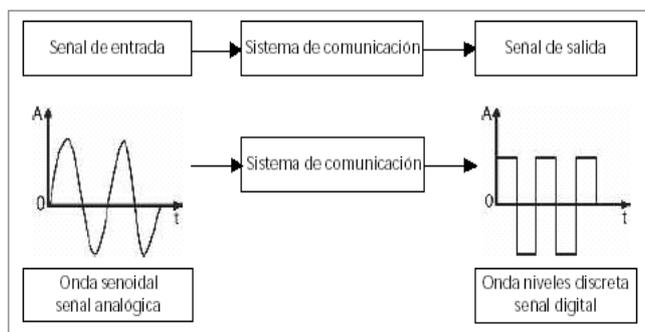


Figura 1.1.2. Sistema Básico de Comunicación

### **Sistema Alámbrico**

Depende de un medio de transmisión física, utilizando conductores eléctricos de señal, tales como las líneas telefónicas domesticas, cable coaxial, fibra óptica, etc.

### **Sistema Inalámbrico**

No necesita de un medio físico entre el emisor y el receptor para llevar a fin el mensaje, ocupando como canal transmisor el espacio, por ejemplo la telefonía celular, las estaciones de radio y televisoras locales, la comunicación satelital.

### **Señal Analógica**

Presenta la característica de que puede variar gradualmente dentro de un intervalo continuo de valores, como son la amplitud y la longitud, dependiendo de las características de la información que se transmite; por lo tanto, una señal analógica (onda senoidal) es una señal de variación continua. Un ejemplo de sistemas analógicos es la señal acústica de un instrumento musical.

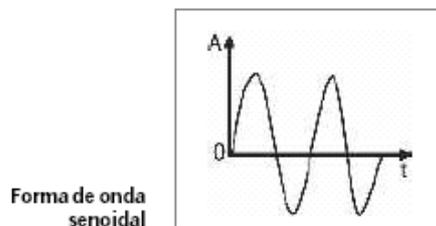


Figura 1.1.3 Señal Analógica

### **Señal Digital**

Es aquella que está conformada por valores discretos tales como los dígitos binarios (0 y 1), por lo tanto, se puede decir que una señal digital es igual a una señal discreta en amplitud con un número finito de valores. Debe ser la señal digital discontinua con el tiempo.

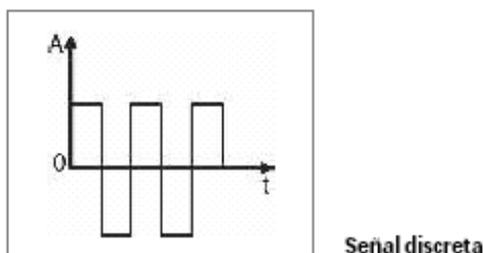


Figura 1.1.4 Señal Digital

### **Señal Abierta**

Conjunto de ondas que se propagan por un canal de transmisión, las cuales conducen señales de video y audio, que puede captar cualquier aparato receptor, sin necesidad de aparato codificador, un ejemplo es la señal de televisión convencional comercial.

### **Comunicación Simplex**

Método de comunicación que abarca a un solo emisor y a un solo receptor, la información viaja en un solo sentido.

### **Comunicación Semiduplex**

Método de comunicación que abarca a un emisor y a un receptor en una transmisión simultánea, la información viaja en ambos sentidos, pero debe esperar a que la información llegue a un punto para poder responder.

### **Comunicación Dúplex o Full Dúplex**

Para los sistemas de comunicación inalámbrica es deseable que sea posible transmitir al mismo tiempo que recibir. A este efecto se le conoce como Duplexing y puede ser realizado en el dominio de la frecuencia o en el dominio del tiempo:

- ➔ *FDD (Frequency Division Duplexing)*.- Se asignan dos bandas de frecuencia, para Tx y Rx respectivamente. Se requiere de un dispositivo duplexor en la estación móvil y la estación base que permita transmitir y recibir al mismo tiempo.
- ➔ *TDD (Time Division Duplexing)*.- Se utiliza el tiempo en lugar de la frecuencia, sobre la misma, se asigna un instante de tiempo determinado para transmitir y otro para recibir. Si el tiempo entre los dos instantes de TX y Rx son lo suficientemente pequeños la transmisión y recepción aparentan ser simultáneas.

### **Canal de Transmisión**

El canal o medio de transmisión, es el enlace entre el emisor y el receptor. Puede ser dividido en grupos de enlaces físicos (línea bifilar, línea coaxial, fibra óptica) y grupos de enlaces aéreos (enlace de radio, enlace de microondas y enlace óptico).

- ➔ *Línea Bifilar*: Formada por dos hilos conductores situados paralelamente. Esta línea ha sido tradicionalmente utilizada en telefonía. Su ventaja fundamental radica en el precio. Es sensible a interferencias de tipo electromagnético. El ancho de banda que suele soportar una línea bifilar suele ser pequeño por lo cual, para un número de canales alto, es preciso aumentar el número de pares, pero esto produce en la mayoría de los casos diafonía y un aumento considerable del peso del sistema.



Figura 1.1.5 Línea Bifilar

- *Línea coaxial:* Está formado por un conductor central aislado con una manga de aluminio, rodeado por un blindaje de malla de aluminio. En frecuencias de operación relativamente altas, el blindaje proporciona una excelente protección contra las interferencias externas; sin embargo, a frecuencias de operación bajas, el uso de la protección no es costeable. El blindaje del cable coaxial esta unido a tierra para proteger la trayectoria de la transmisión del ruido eléctrico. Posee una alta inmunidad a interferencias.

Cubre una mayor distancia para la transmisión de la señal.



Figura 1.1.6 Cable Coaxial

- *Fibra Óptica:* Esta formada por un material conductor de la luz recubierto de otro material opaco. Al tratarse de un material aislante a través del cual circula un rayo luminoso, no hay continuidad óhmica entre los sistemas emisor y receptor. Se tiene una independencia total entre los dos elementos. Al ser un sistema basado en transmisión óptica es totalmente insensible a interferencias de origen electromagnético. Presenta aun ancho de banda muy grande, pequeño trabajo, bajo costo.

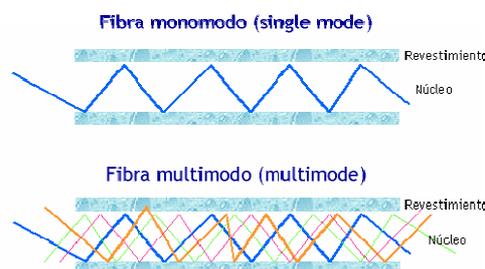


Figura 1.1.7 Líneas de Fibra Óptica

- *Enlace por Radio:* Es hoy en día quizás el más utilizado en comunicaciones y radiodifusión comercial. Un sistema por radio resulta en general bastante barato

debido a la ausencia de soporte físico. Sin embargo esto produce una degradación de la información a causa de la atenuación producida por el medio.

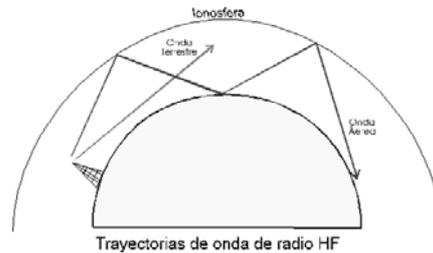


Figura 1.1.8 Enlace de Radio

- **Enlace de Microondas:** Existen dos tipos de enlaces de microondas, los enlaces de radio y los satelitales.

Los servicios de telefonía celular son los ejemplos más típicos de un enlace de radio microondas en los cuales se puede enviar voz y datos. En lo referente al ancho de banda es en general grande y solo depende de la frecuencia de la onda portadora. Dada la abundancia de aplicaciones, el espectro radioeléctrico disponible en la práctica está limitado.

Cualquier tipo de comunicación cuyo soporte es un satélite en órbita terrestre, capaz de cubrir grandes distancias mediante la reflexión o repetición de señales de radiofrecuencia, requiere o consta de tres elementos principales: Las estaciones Remotas, La Estación Central (HUB) y el Satélite.

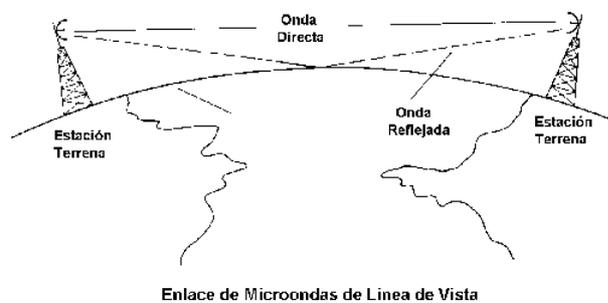


Figura 1.1.9 Enlace de Microondas

## 1.2 PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE RADIO

### Onda

Perturbación física o mecánica (movimiento ondulatorio) en un medio elástico (como el aire). Es preciso reconocer que no todas las perturbaciones son necesariamente mecánicas; por ejemplo, las ondas de luz, las ondas de radio y de radiación térmica propagan su energía por medio de perturbaciones eléctricas y magnéticas.

**Longitud de Onda**

Es la distancia que existe entre dos puntos de igual fase pertenecientes a dos ciclos consecutivos; se puede medir de cresta a cresta o de valle a valle en ondas sucesivas.

**Frecuencia**

Término empleado para indicar el número de veces que se repite en un segundo cualquier fenómeno periódico. Es un número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica, tal como la corriente alterna. Se considera como el número de repeticiones de un fenómeno determinado en un intervalo de tiempo.

La velocidad de la onda, su frecuencia y longitud de onda están relacionadas entre sí. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia y directamente proporcional a la velocidad. En términos matemáticos, esta relación se expresa por la ecuación.

$$v = \lambda \times f$$

Ecuación 1.2.1. Longitud de onda

Donde  $v$  es la velocidad,  $f$  es la frecuencia y  $\lambda$  es la longitud de onda.

La frecuencia se expresa en hercios (Hz); una frecuencia de 1 Hz significa que existe 1 ciclo u oscilación por segundo.

**Constante Dieléctrico de Vacío**

El constante dieléctrico  $\epsilon$  es una propiedad del medio en el cual la onda se propaga. El valor  $\epsilon$  está definido como 1.0 para el vacío y 1.006 para el aire.

**Señales Magnéticas y Eléctricas**

Las comunicaciones satelitales se realizan mediante el empleo de ondas electromagnéticas, por lo que es importante el conocimiento de las mismas. El estudio de la onda permite comprender la propagación de las ondas electromagnéticas.

**Generación de un campo eléctrico**

Se dice que un campo eléctrico existe en una región del espacio en que una carga eléctrica en reposo genera una fuerza de valor constante por el paso de una corriente.

**Generación de un campo magnético**

Una carga eléctrica en movimiento o una corriente origina un campo magnético en el espacio que lo rodea.

**Campo Electromagnético**

Región del espacio en que se manifiestan las fuerzas eléctricas y magnéticas de una señal; en particular, dicese del campo asociado a una radiación electromagnética, que se manifiesta como dos campos, uno eléctrico y otro magnético que avanzan en dirección de la propagación, manteniéndose perpendiculares entre sí.

**Onda Electromagnética**

Onda que está constituida por campos eléctricos y magnéticos que se propagan a través del espacio en forma perpendicular. Los campos magnéticos y eléctricos que son producidos por una antena viajan grandes distancias y transportan energía, a esto se le denomina radiación.

La onda electromagnética es producida por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica.

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeña) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). Algunos ejemplos son las ondas de radio, rayos infrarrojos o los rayos ultravioleta.

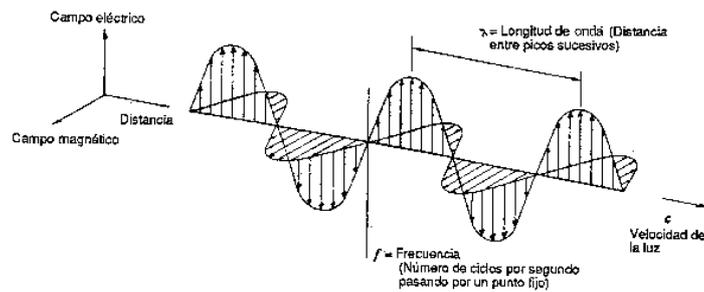


Figura 1.2.1 Onda Electromagnética

### Propagación de la Onda

La onda electromagnética se propaga por el aire utilizando una antena como acoplador.

Toda onda electromagnética procedente de una antena emisora se expande en todas direcciones según un frente de propagación en forma de esfera. La cual avanza en dos direcciones, sobre la superficie de la tierra (ondas terrestres) y siguiendo el camino de las capas altas de la atmósfera (ondas espaciales).

➔ Ondas Terrestres

*Directa:* No existe ningún tipo de obstáculo entre emisor y antena receptora, por lo que el frente de onda llega directamente.

*Reflejada:* Se produce cuando una onda directa es reflejada por la tierra, mar o cualquier obstáculo.

En ambos casos la onda sigue la curvatura de la tierra

➔ Ondas Espaciales

*Ondas Troposféricas:* Son aquellas que se propagan por zonas cercanas a la superficie terrestre, hasta unos 10 km. La troposfera es una zona de la atmósfera donde se producen las nubes y donde las ondas radioeléctricas sufren modificaciones debido a la influencia de capas de aire.

*Ondas Ionosféricas:* Se origina en la ionosfera entre 35 y 400 km. Se subdivide en tres capas:

*Capa D:* refleja las ondas radioeléctricas de frecuencia del orden de 500 KHz, su grado de ionización y por lo tanto la frecuencia crítica reflejada depende de la actividad solar. La ionización es muy pequeña, haciéndose presente sólo durante el día y solo se reflejan las ondas largas. Durante la noche apenas existe esta capa y como consecuencia es de escaso interés para nuestro estudio.

*Capa E:* permite la reflexión de ondas electromagnéticas y se encuentra entre los 80 y los 140 Km. La frecuencia crítica de reflexión es de unos 4.5 MHz. La ionización es esta capa disminuye considerablemente por la noche, pero sin anularse por completo.

Las perturbaciones solares modifican sus propiedades físicas, así pues resulta de gran interés para las comunicaciones a gran distancia de emisiones de onda media.

*Capa F:* situada entre 150 y algo más de 500 Km, es la que ofrece mayor interés para radiocomunicaciones. La principal característica es que la ionización no desaparece durante la noche y durante el día se divide en otras dos capas.

### **Polarización**

Acción y efecto de hacer que la forma en que se propaga una onda electromagnética varíe en cuanto a la dirección de los vectores eléctrico y magnético. El campo eléctrico determina la forma en que se propaga una onda electromagnética, ya sea vertical u horizontal.

### **Polarización Horizontal**

Si el campo E se encuentra en la dirección del eje "y" o u horizontal, la onda está polarizada horizontalmente.

### **Polarización Vertical**

Si una onda E tiene una dirección en eje "y", se dice que la onda esta polarizada verticalmente. Es característico de la mayoría de las antenas que la radiación que emiten sea polarizada linealmente. Entonces una antena vertical va a radiar ondas cuyos vectores eléctricos serán todos verticales y quedaran así en el espacio libre.

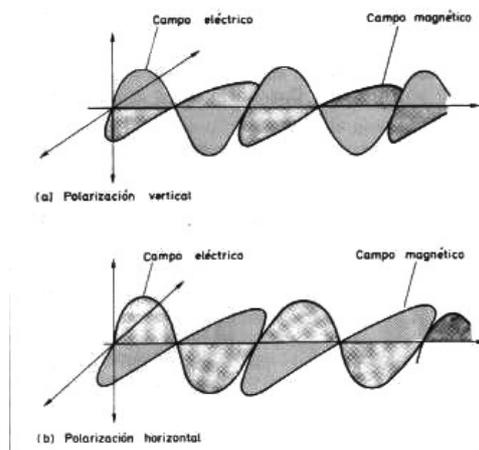


Figura 1.2.2 Polarización Vertical y Horizontal

### **Espectro Electromagnético**

Conjunto de bandas formadas por un grupo de canales, los cuales se forman a través de señales que están constituidas por varias ondas electromagnéticas que se componen de pulsos eléctricos y magnéticos. Todas las formas de telecomunicación actuales ocupan sólo una porción relativamente pequeña del espectro electromagnético.

Por orden decreciente de frecuencias (o creciente de longitudes de onda), el espectro electromagnético está compuesto por rayos gamma, rayos x duros y blandos, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.

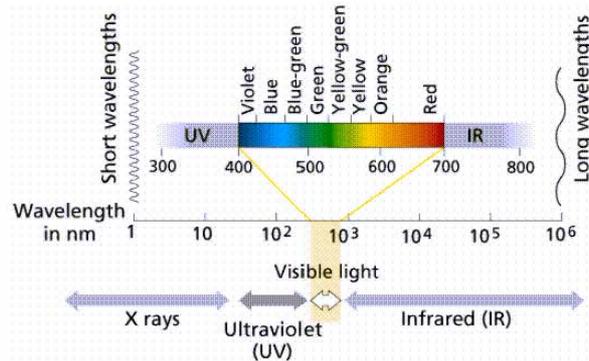


Figura 1.2.3 Espectro Electromagnético

### Espectro Radioeléctrico

Medio o espacio comprendido dentro del espectro electromagnético en donde se encuentran clasificadas todas las radiaciones de tipo electromagnéticas. Ampliando el concepto, podemos decir que se trata de un conjunto de radiofrecuencias donde el límite se fija convencionalmente por debajo de los 300 GHz

- ➔ VLF (Very Low Frequency)  
Ondas miriamétricas, comprende la gama de frecuencias radioeléctricas más bajas, entre 10 y 30 KHz. Su longitud de onda esta comprendida entre 3000 y 10000 metros. Sus características son. Propagación por onda de tierra, débil atenuación y estabilidad de propagación. Se utilizan en enlaces de radio a gran distancia.
- ➔ LF (Low Frequency)  
Ondas Kilométricas, comprende la gama de frecuencias radioeléctricas entre 30 y 300 KHz. Sus características de propagación son similares a las VFL, pero menos estables.
- ➔ MF (Médium Frequency)  
Ondas hectométricas, abarca frecuencias entre 300 y 3000 KHz. Presentan una absorción elevada durante el día y propagación ionosférica durante la noche, se emplean en radiodifusión
- ➔ HF (High Frequency)  
Ondas decamétricas, comprende la gama de los 3 a los 30 MHz. Presenta fuertes variaciones según la estación del año y según las horas del día y noche. Se emplean en comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia.
- ➔ VHF (Very High Frequency)  
Ondas métricas, Abarca todas aquellas frecuencias comprendidas en 30 y 300 MHz. Su propagación es generalmente directa, se emplean en enlaces de radio a corta distancia, emisiones de radio en frecuencia modulada y en Tv.
- ➔ UHF (Ultra High Frequency)  
Ondas decimétricas, Frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 MHz. Su propagación es exclusivamente directa, con posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales. Se utilizan en enlaces de radio, televisión, radar y ayuda a la navegación aérea.
- ➔ SHF (Super High Frequency) \*  
Ondas centrimétricas, frecuencias entre 3 y 30 GHz, se utilizan en enlaces de radio y en radar.
- ➔ EHF (Extremely High Frequency)

Ondas milimétricas, frecuencias entre 30 y 300 GHz, su uso también es en enlaces de radio y radar.

\* EDUSAT



Figura 1.2.4 Espectro Radio Eléctrico

### 1.3 MODULACIÓN

#### Modulación

Nace de la necesidad de transportar información, es un proceso para transformar la información de su forma original a una forma adecuada para su transmisión. Consiste en modificar alguna(s) de la(s) características de una señal llamada portadora de acuerdo con otra llamada mensaje o señal de información (moduladora), y de esta forma acoplar nuestra señal al canal de comunicaciones.

El proceso de modulación traslada el espectro de frecuencia a cualquier rango de frecuencia superior que resulte conveniente, haciéndolo más fácil de radiarlo por medio de ondas electromagnéticas.

El objetivo de modular una señal, es tener el control sobre la misma. El control se hará sobre ciertos elementos característicos de una oscilación continua; estos son modificados según la forma de la señal que se desea transmitir.

Las principales razones para modular una señal son:

- ➔ Facilita la propagación de la señal
- ➔ Optimiza el ancho de banda
- ➔ Evita interferencia entre canales
- ➔ Protege a la señal de la degradación de ruido
- ➔ Define la calidad de la información

Existen básicamente dos tipos de modulación: la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

- ➔ Modulación Analógica: AM, FM, PM
- ➔ Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM

#### Modulación Analógica

Durante el proceso de modulación, varía alguna característica de una onda seno de alta frecuencia de acuerdo con la señal de información y de modulación. Esta señal puede ser de

audio, un tren de impulsos digital, una imagen de televisión, o cualquier otra forma de información.

Existen varios tipos de modulación: de amplitud AM, de fase PM, de frecuencia FM y combinaciones de ellas.

- ➔ Modulación en Amplitud (AM): Consiste en modificar la amplitud o nivel de la señal portadora a cada instante, según las amplitudes o niveles de la señal moduladora.
- ➔ Modulación en Frecuencia (FM): La frecuencia instantánea de la onda portadora varía proporcionalmente al mensaje.

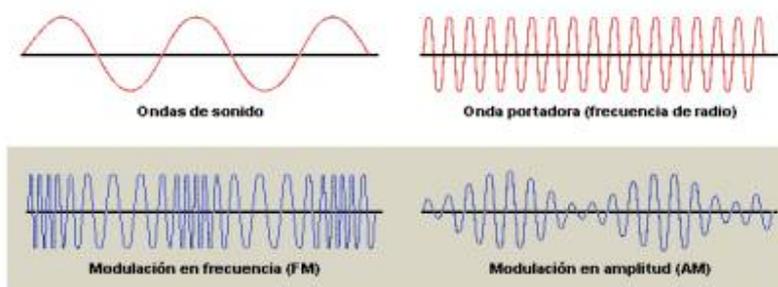


Figura 1.3.1 Modulación AM y FM

- ➔ Modulación de Fase (PM): Presenta muchas semejanzas con la modulación de frecuencia ya que cuando una oscilación varía en frecuencia también lo hace la fase correspondiente. La desviación de la fase es proporcional a la amplitud de la señal moduladora y el régimen con el que varía esta desviación está de acuerdo con la frecuencia de la señal moduladora.

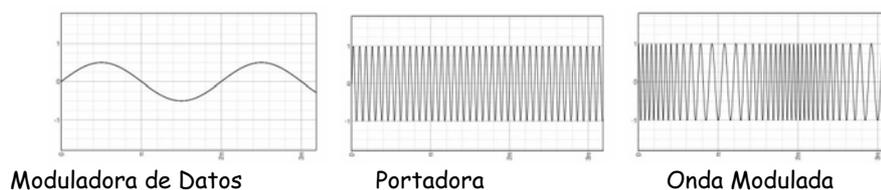


Figura 1.3.2 Modulación PM

### **Modulación por Pulsos Analógicos**

Mediante la modulación analógica, algunas características de la portadora varían continuamente de acuerdo con la información de modulación. En la modulación por pulsos se toma una pequeña muestra de la señal de modulación y luego se transmite un impulso, en este sistema se sustituye la onda portadora senoidal por una serie de impulsos rectangulares.

Para que un tren de pulsos contenga información bastara con variar uno o cualquiera de sus parámetros, de acuerdo con la forma de onda de la información, es decir de acuerdo con las variaciones proporcionadas por una señal moduladora. La muestra es actualmente una medida de la señal de modulación en un tiempo específico.

### Muestreo

El proceso de muestreo, consiste en tomar muestras de una señal analógica, a intervalos regulares de tiempo. El periodo o intervalo de repetición de dichos pulsos está regido por el teorema de Nyquist.

El muestreo es la toma de amplitudes (valores discretos de una señal continua en el tiempo) representativas de la señal, a cada cierto periodo de tiempo.

Una muestra es la medida del valor instantáneo de una señal evaluado sobre un periodo de tiempo muy corto, comparado con el intervalo entre muestras sucesivas. Una señal práctica consiste en un tren de pulsos, cada uno teniendo una amplitud igual al valor de la señal en el instante de muestras.

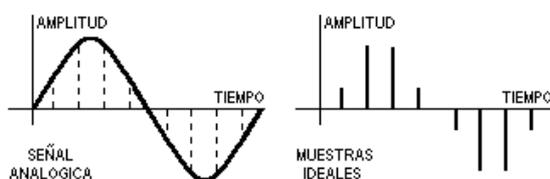


Figura 1.3.3 Muestreo

### Criterio de Muestreo de Nyquist

El Teorema de Nyquist establece que "Una señal continua que no contenga señales con frecuencias mayores a  $W$  Hz, está completamente determinada por muestras de la señal tomadas a intervalos de  $1/(2W)$  segundos". Este mismo teorema, pero expresado en términos de frecuencias, establece que "la frecuencia mínima de muestreo ( $f_s$ ) debe ser mayor o igual al doble de la frecuencia máxima ( $B$ ) de la señal a muestrear".

$$f_s = 2f_m$$

Ecuación 1.3.1 Criterio de Muestreo de Nyquist

Mediante este teorema se puede deducir la frecuencia de muestreo. El ancho de banda de un canal telefónico es de 300 a 3400 Hz, sin embargo, es recomendable tener un margen y considerar un ancho de banda  $B$  aproximado de 4000 Hz, así, aplicando la fórmula anterior tenemos:

$$f_s = 2(4000) = 8000 \text{ Hz}$$

por consiguiente cada muestra tendrá una duración de:

$$T = \frac{1}{8000} = 125 \mu\text{s}$$

Una vez muestreada la señal se obtiene una señal PAM. En los intervalos de tiempo donde no existe una señal se insertarán los pulsos PAM producto de otra señal muestreada en el multiplexaje. Se puede intervenir sobre tres parámetros, dando lugar a tres tipos de modulación.

- Modulación por amplitud de pulsos (PAM): La señal analógica al muestrearla se considera PAM, ya que la amplitud se modula, no produce señales digitales sino analógicas y presenta varias aplicaciones.
  - a) Permite que la señal transmitida disipe menos potencia (solo enviamos la señal durante el pulso)
  - b) Da la base para aplicar otras técnicas de modulación.

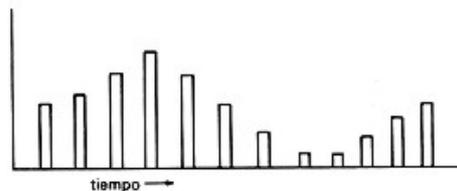


Figura 1.3.4 Modulación PAM

- Modulación por ancho de pulsos (PWM): En este tipo de modulación, la amplitud de la señal de entrada hace variar el ancho de las muestras mientras que la amplitud de estas permanece constante. A menor amplitud menor duración del pulso.
- Modulación por posición de pulso (PPM): En este tipo de modulación la posición de los pulsos del tren de pulsos representa la amplitud instantánea de las muestras de la señal analógica permaneciendo constante la amplitud de los pulsos.

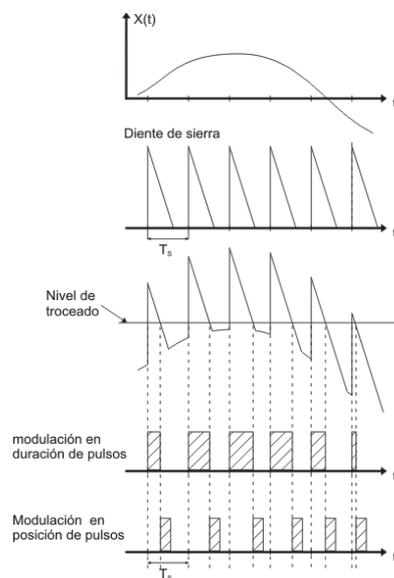


Figura 1.3.5 Modulación PWM y PPM

### Modulación Digital

Las técnicas de modulación y demodulación son de características especiales de los equipos de radio, para la transmisión de señales digitales. Las técnicas de modulación digital son utilizadas

en varias aplicaciones en forma notable: en los sistemas terrestres de línea de vista, en la comunicación a través de satélites y la transmisión de datos a través de canales de banda de voz. En este tipo de modulación se convierten los datos binarios digitales a una señal analógica, para facilitar su propagación por el medio, un sistema digital ofrece mayor tolerancia al ruido e interferencias, consume menos energía y requiere menos ajustes. Existen tres características a satisfacer con la implementación de la modulación digital, las cuales son:

- Velocidades digitales altas como consecuencia de servicios de mejor calidad y capacidad, partiendo desde 64 Kbps hasta 36 Mbps (comunicación vía satélite).
- Optimización en la eficiencia del ancho de banda (espectro en frecuencia), colocado al uso de potencia como factor primario con respecto a los transpondedores. Todo esto para las limitaciones que se tienen en los sistemas espaciales con respecto al peso del equipamiento, se utilizan niveles de modulación bajo tal como el BPSK (Modulación de Fase Bidireccional) y QPSK (Modulación de Fase en Cuatro Estados) con eficiencia en el espectro, cercana a 1/bit/seg/hertz.
- Evasión de los desvanecimientos a los que se expone la señal digital en su largo viaje desde tierra al satélite y viceversa. Estos desvanecimientos son difíciles de contrarrestar a velocidades altas, y en las comunicaciones espaciales se encuentran los desvanecimientos causados por lluvia sin manifestar dispersión en la señal.

Estas tres características deben ser satisfechas mediante la modulación digital. Para el caso especial de la comunicación vía satélite se utiliza la modulación digital por cambio de fase PSK.

### Modulación PCM

El sistema de modulación por codificación de impulsos es una variante de los sistemas anteriormente estudiados, y consiste en un sistema de modulación en el cual el margen de amplitud de cresta a cresta de la señal a transmitir se divide en cierto número de valores normalizados, teniendo cada uno de ellos su código de tres posiciones.

La técnica PCM (Pulse Code Modulation) se emplea para digitalizar la voz, representando las muestras instantáneas de la misma mediante palabras digitales que forman un tren de pulsos en serie.

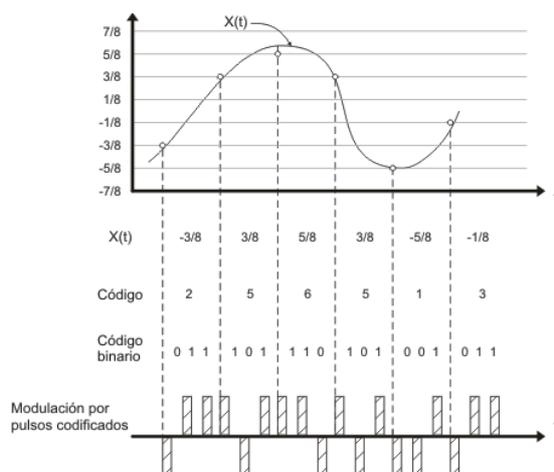


Figura 1.3.6 Modulación PCM

En el procesamiento de frecuencias de voz sobre la línea telefónica la CCITT establece en su recomendación G.711 una frecuencia de muestreo de 8000 Hz y corresponde a un intervalo de muestreo de 125 microsegundos.

Para la digitalización de las señales de voz en telefonía se utiliza esta técnica la cual se compone de los siguientes elementos:

- ➔ Filtrado para limitar en banda la señal a 4 KHz (teorema de Nyquist).
- ➔ Muestreo (Señal PAM) a 8 KHz.
- ➔ Cuantificación (Ley A o Ley  $\mu$ ) y codificación (8 bits por muestra).
- ➔ Decodificación y Filtrado.

### Cuantización

La cuantización es un proceso donde se aproximan los valores de las señales originales a un número finito de niveles discretos de amplitud definida previamente.

Dado que las amplitudes de los pulsos en la modulación pueden variar ampliamente con la señal original, la señal muestreada y retenida no es apropiada para transmitir a largas distancias, ya que es difícil regenerar los pulsos con suficiente precisión, por lo que el rango de amplitud continuo de los pulsos es dividido en un número finito de valores de amplitud el voltaje de estos valores contiguos se llama intervalo de cuantización y todas las muestras cuyas amplitudes caigan dentro de un intervalo de cuantización específico se le otorgarán el mismo nivel de amplitud de salida.

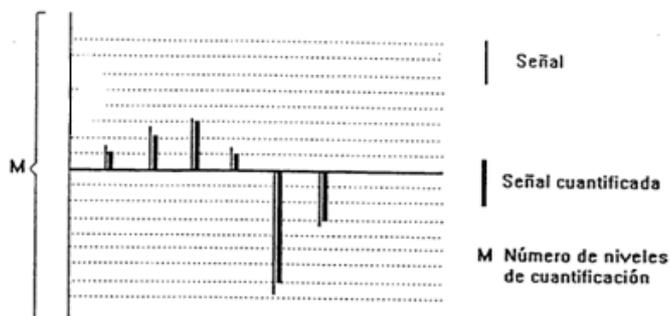


Figura 1.3.7 Cuantificación

### Niveles de Cuantización

El número de niveles de cuantización  $M$  está estrechamente relacionado con el número de bits  $n$  que son necesarios para codificar una señal. En el caso de un canal de comunicación (telefónico), se usan 8 bits para codificar cada muestra. La relación es la siguiente:

$$M = 2^n \text{ por lo tanto } M = 2^8 = 256 \text{ niveles}$$

### Ruido de Cuantización

Al producirse el proceso de aproximación o redondeo de las muestras, da lugar a una cierta alteración de la información representada por la diferencia existente entre la amplitud de la muestra y la amplitud del nivel de decisión que se asigna. A este fenómeno se le llama ruido de cuantificación o cuantización.

Este error se reduce conforme aumentan los intervalos de cuantización. La CCITT recomienda un rango de trabajo de 256 intervalos de cuantización (8 bits).

Este ruido es no lineal, siendo mayor para las amplitudes pequeñas de las muestras y despreciable para las amplitudes mayores. Para compensar esto se aplica una cuantificación no lineal, lo que significa que a las amplitudes pequeñas se les compara con niveles pequeños y a las muestras grandes se les compara con niveles o escalones grandes.

### Compansión

Compansión es el proceso de comprimir y después expandir. En el proceso de compansión, las señales analógicas de amplitud más alta se comprimen, antes de su transmisión, después se expanden en el receptor.

Si las señales de pequeña amplitud el ruido de cuantización va a ser mayor con respecto de la señal comparado con una señal grande. Puede pensarse que la solución es aumentar el número de niveles de cuantización. De esta manera las señales de amplitudes pequeñas se muestrean correctamente, pero las señales de gran amplitud no tiene caso muestrear con niveles de cuantización tan pequeños, una solución es la cuantización no lineal, en la que se le da una amplificación de baja amplitud de tal forma que su nivel queda por encima del ruido de cuantización.

A este proceso se llama compresión del rango de amplitud de la señal. Y en el receptor se debe realizar un proceso contrario para que la señal llegue a sus valores normales. A este proceso se le llama expansión del rango de amplitud. Al conjunto de los procesos se le llama compansión.

Existen dos tipos comerciales de compansión y están basados en la curva característica del compasor. Uno de ellos es el utilizado en Estados Unidos llamado "Compresión Ley  $\mu$ " o "Dolby" y el otro usado en Europa llamado "Compresión Ley A".

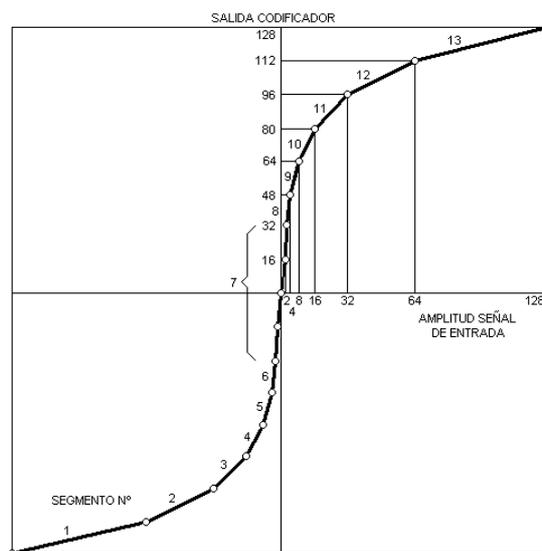


Figura 1.3.8 Ley de Compansión A

### Codificación

El proceso de codificación consiste en asociar a cada nivel de cuantización un elemento de código. El número de pulsos utilizado para representar cada valor de amplitud depende del número de niveles en que se divide el intervalo de voltaje de la señal original y el número de niveles de amplitud que puede tomar cada pulso del código.

En el caso del sistema binario el número de niveles por pulso es igual a 2 o sea "0" y "1", y dado que CCITT recomienda 256 intervalos de niveles de cuantización, el número de pulsos utilizados para representar cada nivel de cuantización es igual a 8.

## 1.4 TÉCNICAS DE MODULACIÓN

La manipulación de la frecuencia, la amplitud o la fase, de las ondas sinusoidales es un proceso conocido como modulación/demodulación. La modulación es la capacidad inherente de tomar la información digital (ondas cuadradas) y modificar las frecuencias específicas de la señal portadora para que la información pueda ser transmitida de un punto a otro sin ningún problema. La demodulación es el proceso de regresar la información a su forma original.

La transmisión electrónica no está limitada solo a líneas de grado de voz. También puede aplicarse a cualquier otra frecuencia usando las mismas técnicas de modulación/demodulación sobre diferentes tipos de líneas o pulsos, estos representan las señales digitales que pueden también ser transmitidos sobre circuitos diseñados específicamente para su propagación.

Modular es hacer variar algún parámetro de la señal en función de otra, a la primera se le conoce como señal modulada y a la segunda como señal moduladora.

Existen diversos esquemas de modulación utilizados en comunicaciones inalámbricas:

- Analógicos: AM, FM
- Digitales: ASK, FSK, PSK, MSK, BPSK, QPSK, OQPSK, GMSK.

### Modulación PSK (Phase Shift Keying)

Este es un proceso por lo cual la fase de una onda portadora se traslada de acuerdo con una señal de entrada digital. Un "0" puede ser representado por una portadora y un "1" por un cambio de fase en la frecuencia portadora de 180°.

Se aplica en módems para velocidades más altas que FSK, transmisión vía satélite, modem de transmisión de datos, etc.

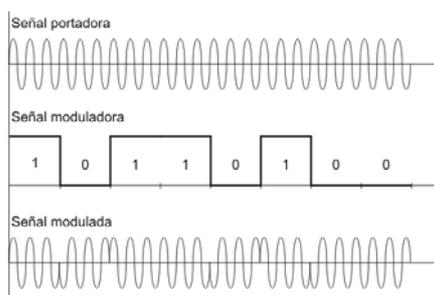


Figura 1.4.1 Modulación PSK

### Modulación ASK (Amplitude Shift Keying)

La onda portadora se traslada en amplitud con arreglo a una señal digital. La secuencia binaria modula una portadora senoidal de tal forma que: los "1" se representan mediante una onda senoidal de amplitud y los "0" se representan por cero volts.

La probabilidad de error es muy alta en este sistema ya que es muy sensible a los disturbios. Tiene aplicaciones en telegrafía, telemetría, control a distancia, etc.

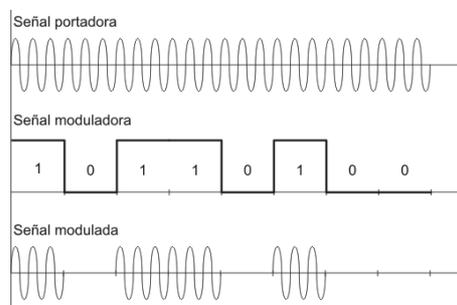


Figura 1.4.2 Modulación ASK

### **Modulación FSK (Frequency Shift Keying)**

La onda portadora se traslada en frecuencia de acuerdo con una señal digital. La frecuencia de la portadora puede asumir uno de dos valores que son determinados por la señal de datos binarios. Se aplica en transmisiones radiofónicas digitales, transmisiones vía satélite, módems de transmisión de datos, etc.

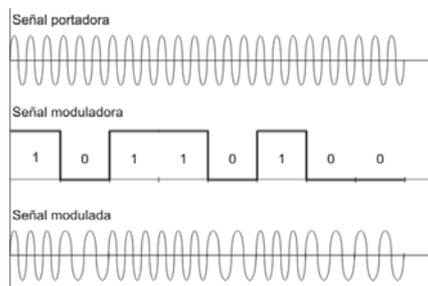


Figura 1.4.3 Modulación FSK

### **Modulación QPSK (PSK en Cuadratura)**

La señal modulada en QPSK es constituida por la operación de dos BPSK en cuadratura, los bits de número impar de la señal de entrada, son enrutados por un canal (en fase) y los bits de número par son enviados a otro canal (de cuadratura).

Los "1's" y "0's" se representan mediante  $\pm$  coseno y otro para representar "1's" y "0's" mediante senos.

Esta modulación es la más utilizada de todos los tipos de modulación digital. Su campo de aplicación principal es de comunicaciones satelitales, otras aplicaciones son en transmisiones radiofónicas, enlaces cortos de microondas y módems.

El ancho de banda es la mitad de la que ocupa PSK.

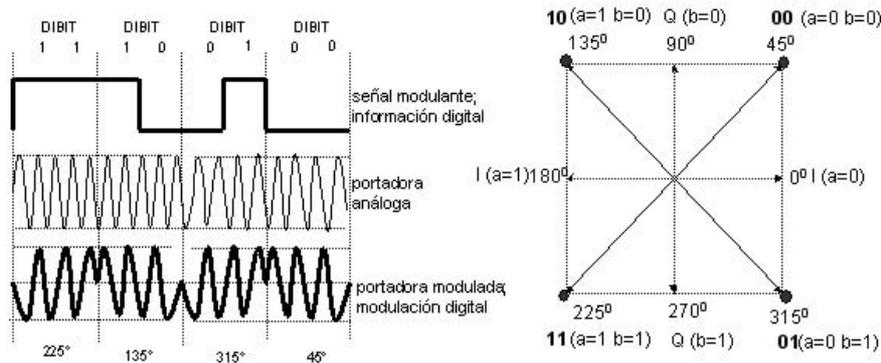


Figura 1.4.4 Modulación y constelación QPSK

### Modulación QAM

La información resulta obtenida tanto de amplitud como en la fase de la portadora. Los datos se subdividen en grupos de 3 bits (tribit's) de las cuales una varia la amplitud de la portadora y los otros dos varían de fase. De ello resulta que la señal modulada puede tomar 4 fases y 2 amplitudes distintas, en total 8 estados diferentes.

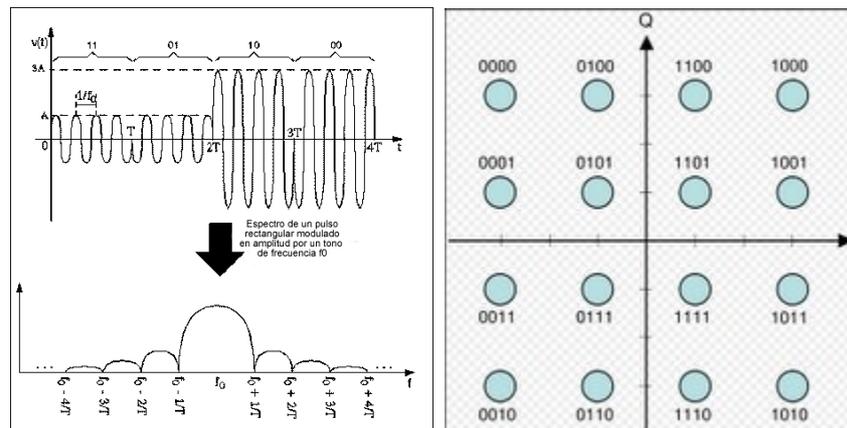


Figura 1.4.5 Modulación y Constelación QAM

### Modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying)

A cada fase se le asocia un símbolo (un bit en este caso), y a la cantidad de símbolos por Segundo se le llama baudios. Esta modulación se emplea en sistemas de baja y media capacidad. Es un binario de PSK, en donde los datos digitales son modulados por una portadora senoidal. La modulación puede ser prevista para alcanzar uno o dos posibles estados de fase (es decir, 0 o  $\pi$  radianes) durante cada bit en intervalo de tiempo ( $T_b$ ), representado por su binario 0 o 1. Esta modulación actualmente es idéntica a la modulación en amplitud con portadora suprimida, siendo una señal modulada que tiene valores positivos y negativos (para 0 y 1 binarios).

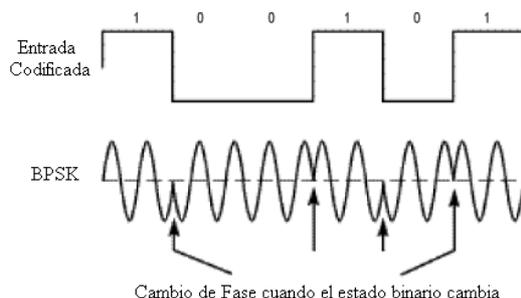


Figura 1.4.6 Modulación BPSK

### Modem(s)

Es un dispositivo el cual convierte las señales digitales a señales analógicas senoidales. En su forma de transmisión, equivale a modular las señales para que puedan transportarse a través de los medios de transmisión (líneas telefónicas comunes). Para convertir una señal digital en otra analógica, el modem genera una onda portadora y la modula en función de la señal digital. El tipo de modulación depende de la aplicación y de la velocidad de transmisión del modem.

### Ranura de Tiempo (Time Slot)

Es el tiempo de espacio de una palabra de 8 bits consecutivos, que puede ser la palabra de sincronía, de alineación o señalización del abonado, su duración es de  $3.9 \mu s$ .

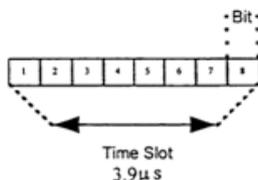


Figura 1.4.7 Representación de un Time Slot (Ts).

### Trama

Es el intervalo de tiempo existente entre dos muestras de un mismo canal y en ellas se intercalan las demás muestras de los canales del sistema, también corresponde a una vuelta del muestreador por todos los canales.

Como ejemplo, la norma Europea utiliza 30 canales telefónicos en una línea, pero necesita dos Ts más, uno para la sincronización y otro para la señalización, por lo que se transmiten 32 intervalos de tiempo. Una trama se puede definir como un conjunto de 32 TS consecutivos ó como el espacio existente entre muestra y muestra de un mismo canal. El periodo de tiempo de una trama es de  $125 \mu s$ .

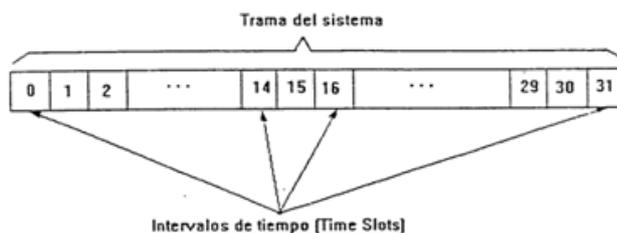


Figura 1.4.8 Trama del sistema según la Norma Europea

### Sincronización

La apropiada sincronización entre dos conmutadores, es de la siguiente forma. Si todas las señales mensaje tiene igual ancho de banda, entonces se transmiten secuencialmente las muestras, si las señales de datos muestreados tienen ancho de banda desiguales será necesario transmitir mayor número de señales por canales de banda ancha. Esto se ejecuta fácilmente si los anchos de banda están armónicamente relacionados.

En el  $T_{S_0}$  de las tramas pares, se encuentra la palabra de sincronía de trama y en el  $T_{S_0}$  de las tramas impares de encuentra la palabra de no sincronía (palabra de alarmas).

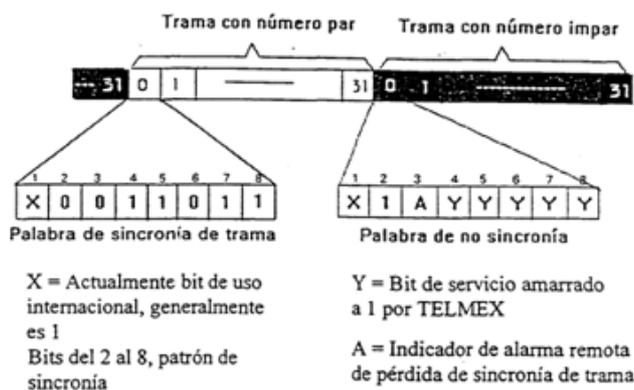


Figura 1.4.9 Palabras de sincronía y no sincronía

La sincronía de trama también conocida como alineamiento de trama, deberá transmitirse en todas las tramas pares: X0011011. La X puede ser 0 ó 1 y lo que normalmente se usa es 1 sin que afecte al sistema, en la actualidad, es sólo una indicación convencional para cruce de frontera.

### Multicanalización

Es la transmisión de información (ya sea de voz o datos), de más de una fuente a más de un destino, por el mismo medio de transmisión.

La multicanalización o multiplex digital consiste en ordenar las muestras de las distintas señales ya digitalizadas en un intervalo de tiempo conocido como trama, que también debe incluir la información de señalización y de alineamiento (sincronización). La trama tiene una duración igual al intervalo de muestreo ( $T_s$ ); el tiempo asignado a cada una de las muestras se llama ranura de tiempo (time slot " $T_s$ ") o intervalo de tiempo.

La CCITT reconoce dos tipos de sistemas de multiplexaje PCM:

Estándar Americano: Usado en USA y Japón, contiene 193 bits y está compuesto por 24 canales (23B+D) de 8 bits, que pueden ser de datos o de voz. Se define para servicios de telefonía, con un mecanismo de decodificación PCM de 8 bits, con 8000 muestras por segundo, siendo 1 muestra 8 bits.

La velocidad de línea es:

$$V_l = (8000 \text{ muestras/seg}) \times 193 \text{ bits} = 1.544 \text{ Mbps}$$

Y la del canal:

$$V_c = (8000 \text{ muestras/seg}) \times 8 \text{ bits/canal} = 64 \text{ Kbps}$$

En el caso de datos la muestra PCM son 7 bits más uno de sincronía, la velocidad del canal en este caso es  $8000 \times 7 = 56 \text{ Kbps}$ .

El multiplexaje por división de tiempo prevé la construcción de estructuras jerárquicas cuyos niveles se construyen mediante combinaciones de cierto número de señales de nivel inferior. La siguiente tabla muestra las pequeñas según el estándar americano.

Nivel	Canales de voz	Equiv. De const.	Bits rate (Mb/s)	Velocidad de transmisión	Televisión digital
DS-0	1			64 Kbps	
DS-1	24	24 x voz	1.544	1.544 Mbps	MPEG 1, VF*
DS-1 C	48	2 x DS1	3.152	3.152 Mbps	
DS-2	96	4 x DS1	6.312	6.312 Mbps	
DS-3	672	7 x DS2	44.736	44.736 Mbps	
DS-4	4032	6 x DS3	274.176	274.176 Mbps	

Tabla 1.4.1 Jerarquías del sistema PCM-24

\*MPEG 2, utiliza una velocidad de 1.2 Mbps y el audio en alta fidelidad en 1 Mbps

Europeo: Cada trama se divide en 32 intervalos de tiempo, la velocidad de muestreo para cada uno de los intervalos de tiempo es de 8000 muestras por segundo y cada intervalo de tiempo tiene 8 bits, por lo tanto la velocidad de transmisión de la trama es:

$$V_t = (8000 \text{ muestras/seg}) \times 32 \times (8 \text{ bits/muestra}) = 2.048 \text{ Mbps.}$$

Velocidad de Transmisión

La siguiente tabla muestra las pequeñas según el estándar europeo.

Nivel	Canales de voz	Equiv. De const.	Bits rate (Mb/s)	Velocidad de transmisión
E0	1			1
E1	30	30 x voz	2.048	30
E2	120	4 x E1	8.448	120
E3	480	4 x E2	34.368	480
E4	1920	4 x E3	193.264	1920
E5	7680	4 x E4	565.148	7680

Tabla 1.4.2 Jerarquías del sistema PCM-30

Existen varias formas en que se puede lograr el proceso de multicanalización, aunque los dos métodos más comunes son la multicanalización de división de frecuencia (FDM) y la multicanalización por división de tiempo (TDM).

### ***Multicanalización por División de Frecuencia (FDM)***

En FDM el ancho de banda disponible se dividen en un número determinado de slots o segmentos independientes (sin solapamientos). Cada segmento lleva una señal de información, ejemplo un canal de voz. Esta técnica es muy popular en la transmisión analógica como la radiodifusión, TV.

Suponiendo que los mensajes a transmitir son de un ancho de banda limitado, lo que se hace es modular cada uno de ellos a frecuencia portadora distinta con lo que se consigue trasladar el mensaje a otra banda del espectro de frecuencia que este libre.

FDM es posible solo cuando el ancho de banda disponible del medio de transmisión es superior que el ancho requerido por las señales a transmitir. Para prevenir problemas de interferencia los canales están separados por bandas de guarda, que son porciones de espectro que no se usan.

### ***Multicanalización por División de Tiempo (TDM)***

Este sistema de transmisión sólo es posible cuando la tasa binaria del medio de transmisión es mayor que el de las señales binarias a transmitir. Se pueden enviar múltiples señales digitales o analógicas que actúan de portadoras de datos digitales, intercalando trozos de cada señal en el tiempo. La TDM construye tramas con cada una de las entradas de datos que tiene. Estas tramas están constituidas por celdas que pueden tener diferentes longitudes.

La técnica de intercalar caracteres se usa con fuentes asíncronas. Cada ranura contiene un carácter de datos. Típicamente los bits de arranque y parada (start y stop) son eliminados por el transmisor y reinsertados por el receptor, lo que mejora la eficiencia.

## ***1.5 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN (ENLACE SATELITAL)***

Los componentes de los circuitos de microondas presentan un comportamiento diferente a las frecuencias de microondas, el uso de elementos convencionales se dificulta a causa de la longitud de onda tan pequeña. La dimensión del componente tiene que ser mucho mayor que la longitud de onda. Las líneas de transmisión en microondas más utilizadas son el cable coaxial y las guía de onda.

### ***Cable Coaxial***

A frecuencias en el intervalo de VHF (Very High Frequency) y menores es común el uso de cables coaxiales. Dicho cable consiste de un alambre interior que se mantiene fijo en un medio aislante que después lleva una cubierta metálica. La capa exterior evita que las señales de otros cables o que la radiación electromagnética afecte la información conducida por el cable coaxial. En la siguiente figura se muestra un cable coaxial típico.

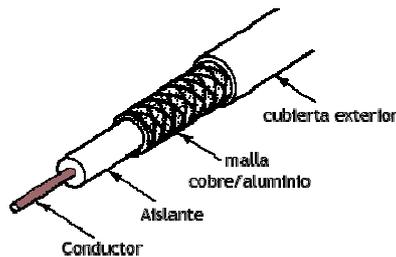


Figura 1.5.1 Cable Coaxial

La velocidad de transmisión suele ser alta, de hasta 100Mbps/seg; pero hay que tener en cuenta que a mayor velocidad de transmisión, menor distancia podemos cubrir, ya que el periodo de la señal es menor y por lo tanto se atenúa antes.

A continuación se describen los tipos de cables coaxial más empleados:

#### **10Base5**

Conocido también como cable coaxial grueso (Thick coaxial) y sirve como dorsal para una red tipo LAN. Utiliza transceptores (transceivers) y AUI (Attachment Unit interface) para conectar la tarjeta de red con la dorsal de cable coaxial.

Tasa de transmisión: 10 Mbps

Longitud máxima: 500 metros por segmento

Impedancia: 50 ohm

Diámetro del conductor: 2.17 mm

Nodos por segmento: 100 Longitud máxima (con repetidores): 1500 metros.

#### **10BASE2**

Conocido también como cable coaxial delgado (thin coaxial) utilizado para redes tipo LAN. Utiliza conectores tipo BNC para conectar la tarjeta de red con la dorsal.

Tasa de transmisión: 10 Mbps

Longitud máxima: 180 metros por segmento

Impedancia: 50 ohm, RG58

Diámetro del conductor: 0.9 mm

Nodos por segmento: 30 Longitud máxima (con repetidores): 1500 metros.

#### **10BROAD36**

Tasa de transmisión: 10 Mbps

Longitud máxima: 3600 metros

#### **100BASEX**

Tasa de transmisión: 100 Mbps

Fast Ethernet

### Guías de Onda

La guía de onda es otro medio de comunicación también muy usado, el cual opera en el rango de las frecuencias comúnmente llamadas como microondas (en el orden de GHz). Su construcción es de material metálico por lo que no se puede decir que sea un cable. El ancho de banda es extremadamente grande y es usada principalmente cuando se requiere bajas pérdidas en la señal bajo condiciones de muy alta potencia como el caso desde una antena de microondas al receptor/transmisor de radio frecuencia.

Las aplicaciones típicas de este medio es en las centrales telefónicas para bajar/subir señales provenientes de antenas de satélite o estaciones terrenas de microondas.

Cuando la frecuencia es superior a 3 GHz (longitud de onda de 10 cm), un tubo hueco, con un diámetro ligeramente superior a  $\frac{1}{2}$  onda (5 cm), puede ser utilizado como un aceptable espacio cerrado del cual se propaga la energía de señales de dicha frecuencia y superiores.

Las Guías de onda consisten de cobre o latón, la superficie interna normalmente se platea debido a que las corrientes en las paredes de la guía de onda oscilan en su superficie interna.

No todas las guías de onda son duras, existen guías de onda flexibles.

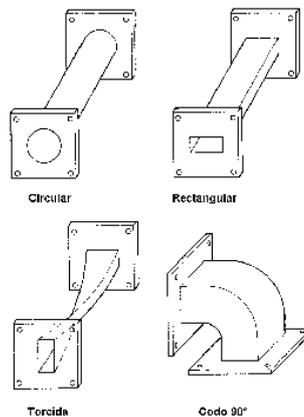


Figura 1.5.2 Guías de Onda

### Componentes de un Sistema de Guía de Onda

Las componentes de las guías de onda son.

#### Juntas

- Junta Permanente: Los dos extremos de la guía de onda deben estar trabajados a máquinas sumamente planos para poder estar unidos por cabos juntos.
- Junta Semipermanente: Permite que la junta sea desmoldada para reparaciones y mantenimiento, así como facilitando el montaje en el sitio propio.
- Juntas Rotativas: donde la antena debe señalar en diferentes direcciones a diferentes tiempos.



Figura 1.5.3 Juntas de Guía de Ondas

### ***Juntas "T"***

Las juntas "T" conectan una guía de onda al lado de otra. Pueden ser de dos tipos: de plano vertical y de plano horizontal



Figura 1.5.4 Juntas "T"

## **1.6 ANTENAS PARA ENLACES SATELITALES**

### ***Antena***

Las antenas parabólicas tienen como función la radiación o la recepción de ondas electromagnéticas, su elemento reflector parabólico concentra la energía en el punto focal, obteniendo así, su característica de transmisión o recepción unidireccional según sea su aplicación. Por su construcción puede ser sólidas o de malla.

A partir de ella se transmite la señal electromagnética de radiofrecuencia hacia el satélite en una frecuencia ascendente y, por medio de la misma se puede recibir la señal descendente desde el satélite en una frecuencia preestablecida. Las características esenciales de la antena son: la ganancia y el patrón de radiación.

Sus principios de operación son:

- Medio de acoplamiento de la potencia de RF de una línea de transmisión al espacio libre, permitiendo a un transmisor radiar su señal a un receptor capturar la potencia incidente.
- Las antenas pueden ser tan simples como un pedazo de cable o sistemas complejos como componentes electrónicos.

### ***Polarización***

Refiere a la orientación física de las ondas radiadas en el espacio:

**Polarización Lineal:** Las ondas están polarizadas linealmente, todas tienen la misma alineación en el espacio. El vector E (onda eléctrica) o H (onda magnética) solo se encuentra en una sola dirección.

**Polarización Vertical:** Tipo de polarización donde el modo en que se propagan las líneas de fuerza eléctrica son verticales, lo que equivale a decir que el plano de polarización eléctrica es vertical y el de polarización magnética es horizontal.

**Polarización Horizontal:** Tipo de polarización donde el modo en que se propagan las líneas de fuerza eléctrica, en una radiación electromagnética es horizontal; lo que equivale a decir que el plano de polarización eléctrica es horizontal y el de polarización magnética es vertical.

**Polarización Circular:** Si el vector del campo eléctrico da vuelta  $360^\circ$  dentro de una longitud de onda, el campo se llama polarizado circularmente. Este tipo de polarización también puede ser referido como polarizaciones lineales ortogonales siendo  $90^\circ$  fuera de fase.

**Polarización elíptica:** Un tipo de polarización más general se llama elíptica, donde la longitud de vector del campo está definido por una elipse y no por un círculo.

### ***Tipos de Antenas Parabólicas***

Las más importantes son:

- ➔ De foco Primario
- ➔ Offset
- ➔ Cassegrain

### ***Antena Parabólica de Foco Primario***

La superficie de la antena es un paraboloide de revolución. Todas las ondas inciden paralelamente al eje principal, se reflejan y van a parar al Foco. El cual esta centrado en el paraboloide.

Tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60 % llega al foco y se aprovecha, el resto no llega al foco y se pierde. Se suelen ver de tamaño grande, aproximadamente de 1,5 m de diámetro.

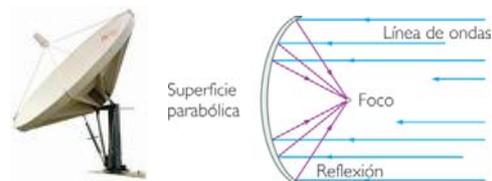


Figura 1.6.1 Antena de Foco Primario

### ***Antena Parabólica Offset***

Este tipo de antena se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica. Tiene el foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena. Debido a esto, el rendimiento es algo mayor que la de foco primario y llega a ser del 70% o algo más.

El diagrama de directividad tiene forma de óvalo. Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco y el resto se pierde.



Figura 1.6.2 Antena Offset

### **Antena Parabólica Cassegrain**

Es similar a la de foco primario, solo que tiene dos reflectores, el mayor apunta al lugar de recepción y las ondas al chocar, se reflejan y van al foco donde está el reflector menor, al chocar las ondas, van al foco último, donde estará colocado el detector.

Se suelen utilizar en antenas muy grandes, donde es difícil llegar al foco para mantenimiento de la antena.

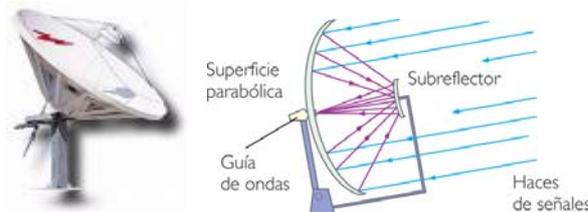


Figura 1.6.3 Antena Cassegrain

### **Parámetros de Antenas**

- Ganancia
- Patrón de radiación
- Directividad
- Polarización
- Impedancia
- Efectos terrestres
- Ancho de banda

### **Ganancia de Antena y Patrón de Radiación**

La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que recibe o transmite, en cierta dirección en relación con el nivel de potencia radiada y/o recibida por la misma, la cual se mide en dB. De lo anterior, es recomendable tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que viajan las señales que se desean transmitir o recibir, y una mínima ganancia en todas las direcciones que no sean de interés. Por lo que los lóbulos laterales o secundarios de una antena deben ser lo más pequeño posible, para que no escapen señales indeseables.

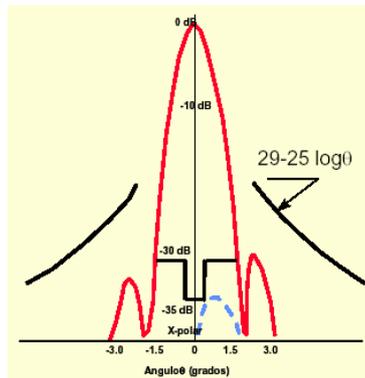


Figura 1.6.4 Patrón de Radiación

$$-\Theta-3 \text{ dB} = 70 (\lambda/D) \text{ grados}$$

Ecuación 1.6.1 Ancho del Haz

$$G_{\text{max}} = \eta [\pi d^2 / \lambda]$$

Ecuación 1.6.2 Ganancia de Antena

$d$  = diámetro de la antena (m)

$\lambda$  = longitud de onda =  $c/f$

$c$  = velocidad de la luz  $3 \times 10^8$  m/s

$f$  = frecuencia en Hz

$\eta$  = eficiencia de apertura de antena 0.6 típico

$$[G_{\text{max}}] \text{ dB} = 10 \log G$$

Ecuación 1.6.3 Eficiencia

### **Desvanecimiento (Fading)**

Se denomina desvanecimiento o fading al fenómeno de cambio de intensidad de la señal captada en la antena receptora, aunque la intensidad en la antena emisora se mantenga fija.

Es un fenómeno producido por diferentes causas, como la recepción de señales con trayectorias diferentes, cambios en la ionosfera, etc.

Para evitar los desvanecimientos de señal, se disponen de dos o más antenas equidistantes a una cierta distancia entre ellas y conectadas al mismo receptor. alguna de ellas recibirá la señal de fase y a la otra la oposición de fase, por estar situada en otro punto.

## **1.7 AMPLIFICADORES DE MICROONDAS**

La amplificación de la señal del enlace ascendente, se lleva a cabo por medio del amplificador de alta potencia (HPA), del cual existen tres tipos: Amplificador de alta potencia de estado sólido (SSPA), tubo de ondas progresivas TWT y el Klystron.

Dependiendo del número de portadoras a transmitir por la estación terrena, se elige en tipo de amplificador de alta potencia. En ocasiones la potencia puede ser de bajo nivel como consecuencia de transmitir solo una portadora de radiofrecuencia, para tal circunstancia se utilizan amplificadores de baja potencia (SSPA) hechos de tecnología de estado sólido.

### Amplificador Klystron

Es un amplificador utilizado en estaciones para múltiples cadenas ascendentes, de acuerdo a los servicios a transmitir, ubicación de la estación terrena con respecto al satélite y el número de estaciones que conforman la red.

Los Klystron producen un haz de electrones a partir de un cátodo caliente que es enviado a una cavidad cilíndrica con rejillas en sus partes superior e inferior. Algunas características de este amplificador son:

- Funcionan mediante una o dos cavidades resonantes que van amplificando consecutivamente a la señal.
- Trabajan en bandas estrechas (40 MHz @ 6 GHz, 80 MHz @ 14 GHz).
- Requieren de sincronización a la frecuencia central.
- Son más económicos que los TWT.
- Presentan alta eficiencia, del orden del 39%.

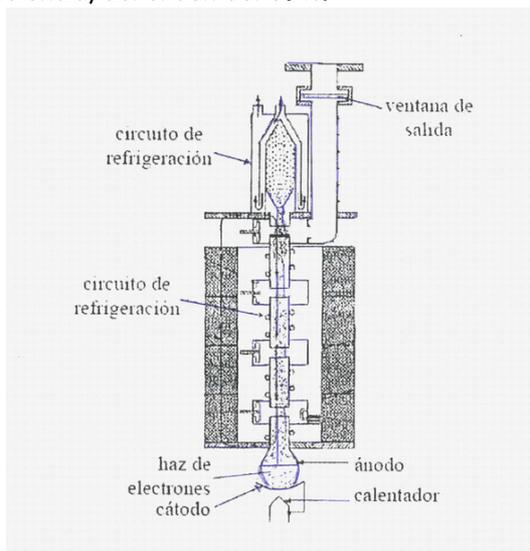


Figura 1.7.1 Amplificador Klystron

Banda de frecuencia	Potencia (W)	Ganancia (dB)	Ancho de banda (MHz)
5.925-6.425	150	50	23
	400	36	42
	750	40	40
	1000	35	40
	1500	37	40
	2000	38	40
	3000	35-42	40-80
	3400	40	45
	14000	52	75

5.9	1500	40	100
14-14.5	2000	40	100

Tabla 1.7.1 Características del Amplificador Klystron

### Amplificadores de Estado Sólido (SSPA)

Se emplean en estaciones pequeñas y con satélites que cuenten con transpondedores de alta ganancia, se construye a base de transistores de efecto de campo (FET, field effect transistors) de GaAs.

Tienen mejor linealidad que los amplificadores de tubo por lo que se requiere menor back-off en la transmisión de varias portadoras. Tiene buena eficiencia ya que consumen poca energía. Son confiables y de bajo costo y utilizan potencias pequeñas (5 W @ 6 GHz, 2 W @ 14 GHz).

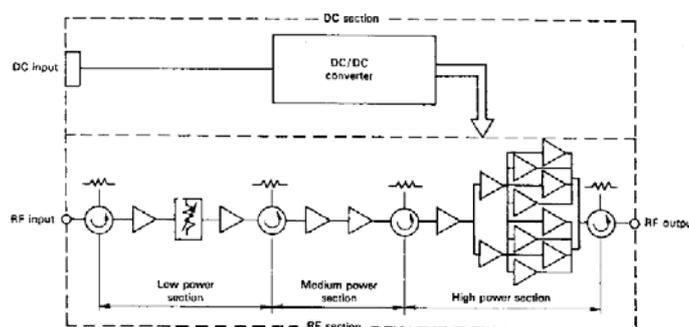


Figura 1.7.2 SSPA

### Tubo de Ondas Progresivas (TWT)

Es un tubo de electrones usado para la amplificación de frecuencias de microondas, puede sintonizar electrónicamente sobre una banda de frecuencias relativamente ancha. Consiste en un cañón con enfoque electrónico que envía un haz de electrones a lo largo del eje de una bobina espiral helicoidal hasta llegar al ánodo en el extremo más alejado.

Tanto la bobina helicoidal como el ánodo y el cañón electrónico se encuentran en una envuelta de vidrio a la que se le ha hecho el vacío.

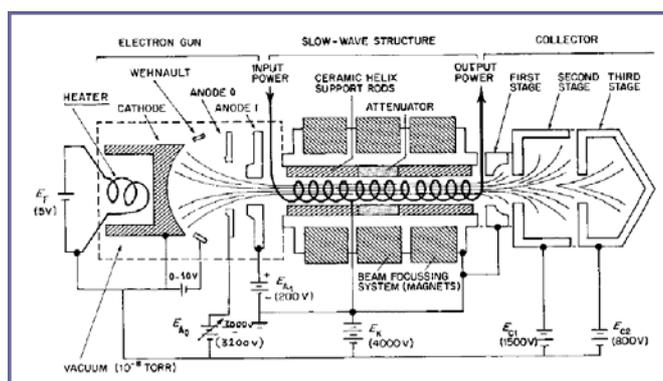


Figura 1.7.3 TWT

	<i>TWT</i>	<i>TWT</i>	<i>SSPA</i>	<i>SSPA</i>
<i>Banda de frecuencia</i>	C	Ku	C	Ku
<i>Potencia (W)</i>	600	300	25	16
<i>Eficiencia (%)</i>	25	22	15	5
<i>Ancho de banda (MHz)</i>	500+	500+	500	500
<i>Ganancia (dB)</i>	50	70	50	50
<i>Figura de ruido (dB)</i>	25	28	6	50

Tabla 1.7.2 Características del TWT y SSPA

### **El LNB (Bloque Amplificador de Bajo Ruido)**

El LNB que está instalado en el punto focal de la antena parabólica, tiene la función de recibir o captar tanto como sea posible la señal reflejada proveniente del satélite, que incide en el plato hacia este punto de máxima concentración.

Este elemento, es un dispositivo electrónico capaz de modificar la señal reflejada por el plato parabólico y adecuarla para que sea recibida por el decodificador. Se compone de un LNA y la antena dipolo en un solo bloque.

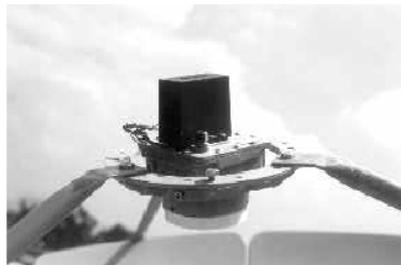


Figura 1.7.4 LNB

### **LNA (Low Noise Amplifier)**

Es un amplificador de bajo ruido, que está compuesto por un sistema amplificador y una guía de onda. Debe conectarse prácticamente en forma directa con el alimentador de recepción de la antena. Es un dispositivo electrónico que encuentra las señales recibidas por la antena, con poca potencia de salida, este aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a él para amplificación. El ruido se emplea para identificar a las señales nuevas de diversas frecuencias. Es capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena, antes de que se proceda a separarlas entre sí, por medio de filtros.

### **LNC (Low Noise Converter)**

Convertor de bajo ruido, éste es similar al LNA, la diferencia es que recibe y emite mediante el mismo dispositivo la señal y la convierte en otra.

	<i>Banda C</i>	<i>Banda Ku</i>
<i>Enfriamiento</i>	Sin enfriamiento/con enfriamiento	Sin enfriamiento/con enfriamiento
<i>Rango de frecuencia (GHz)</i>	3.0-5.0	10-14
<i>Ancho de banda (MHz)</i>	500	1000
<i>Temperatura de ruido</i>	35-60	63-130
<i>Ganancia</i>	50-60	50-60
<i>Salida a 1.0 dB, compresión en dB</i>	13	13

Tabla 1.7.3 Características de amplificador de Bajo Nivel de Ruido LNA

## 1.8 DECIBEL

### **Definición**

Equivale a la décima parte de un bel. Una unidad de referencia para medir la potencia de una señal o la intensidad de un sonido. El nombre bel viene del físico norteamericano Alexander Graham Bell (1847-1922).

El decibel (dB) es considerado como la base sobre la cual todos los diseñadores de telecomunicaciones comparan el rendimiento de los sistemas de cableado.

Primero usado para medir la intensidad del sonido. Un decibel es una forma conveniente usada por los ingenieros para describir la relación de entrada y salida ya sea de potencia o voltaje como. Los beneficios de especificar rendimiento en unidades de decibels incluyen:

- ➔ Los decibels se pueden usar para describir rendimiento independientemente del voltaje o potencia de operación de una aplicación - Por lo tanto, es una especificación "genérica" de rendimiento.
- ➔ El decibel se calcula en una escala logarítmica que permite especificación de rendimiento en una amplia gama de voltaje/Potencia.
- ➔ Los decibels se pueden sumar y restar (versus multiplicar y dividir sus relaciones correspondientes), por lo tanto facilita los cálculos y soluciones gráficas.
- ➔ El rendimiento de transmisión se especifica más comúnmente en unidades de dB.

La forma más simple de examinar cómo opera la función de decibel es asumir un voltaje de referencia de 1. Substituyendo 1 voltio en la función de decibel y solucionando para el decibel correspondiente que se relaciona a la mitad de la intensidad de señal (0.5 voltios) demuestra que un mejoramiento de rendimiento de 6 dB resulta en una reducción de la mitad de la intensidad de la señal.

El segundo uso para el término decibel (dBm), es como unidad de poder eléctrico (para el nivel de referencia en miliwatts). Estos decibels son monitoreados en indicadores especiales. En la producción de audio el interés principal es para los dBm que permiten conocer los niveles de poder eléctrico que se procesan por medio de diferentes equipos de audio.

El decibel es una unidad relativa de una señal, tal como la potencia, voltaje, etc. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibels (dB) puede ser fácilmente sumada o restada y también por la razón de que el oído humano responde naturalmente a niveles de señal en una forma aproximadamente logarítmica.

$$(dB) = 10 \log (\text{RADIO})$$

Ecuación 1.8.1 dB

$$G'(\text{dB}) = 10 \log (G)$$

Ecuación 1.8.2 Ganancia dB

Si el radio desde la salida de un amplificador hasta su entrada es 100, entonces la ganancia del amplificador será:

$$G'(\text{dB}) = 10 \log (100) = 20 \text{ dB}$$

Se observa que cada vez que la potencia se aumenta al doble, la ganancia expresada en decibels se incrementa 3 dB.

G	G'
1	0 dB
2	3 dB
4	6 dB
8	9 dB
16	12 dB

Tabla 1.8.1

De forma similar, si una señal es atenuada por un factor de 100, entonces la pérdida es:

$$\text{Pérdida (dB)} = 10 \log (1/100) = (10)(-2) = -20 \text{ dB}$$

También en este caso se redondean estas cantidades a -3 dB, -6 dB y 9 dB. Cada vez que la ganancia disminuye en un factor de 2, la ganancia de potencia en decibels disminuye en aproximadamente 3 dB.

P	P'
1	0 dB
0.5	-3 dB
0.25	-6 dB
0.125	-9 dB
0.0625	-12 dB

Tabla 1.8.2

**Definición de dBW (dB-Watts)**

Si:

$$0 \text{ dBW} = 1 \text{ Watt}$$

Entonces:

$$1000 \text{ Watts} = 10 \log (1000) = (10)(3) = 30 \text{ dBW}$$

Ecuación 1.8.3

En este caso el patrón que se observa es que la potencia en decibeles aumenta en 10 dB cada vez que la ganancia de potencia se incrementa por un factor de 10. Un resultado similar se obtiene cuando las ganancias de potencia son inferiores a la unidad.

Potencia (W)	dBW	Potencia (W)	dBW	dBm
1	0	1	-30	0
10	10	0.1	-40	-10
100	20	0.01	-50	-20
1000	30	0.001	-60	-30
10000	40	0.0001	-70	-40

Tabla 1.8.3

## **CAPITULO II**

### **COMUNICACIÓN SATELITAL**

#### **2.1 CONCEPCIÓN INICIAL DE LOS SATÉLITES**

El siglo XX ha sido denominado el de las comunicaciones espaciales, ya que se ha alcanzado la tecnología necesaria para poner en órbita diferentes satélites artificiales; esto se logró como resultado de años de investigación, trabajo y por la gran visión tecnológica de muchos hombres en el mundo.

La primera persona que habló del concepto de un repetidor orbitando alrededor de la Tierra para la reproducción y retransmisión de señales eléctricas fue Arthur C. Clarke quien escribió un artículo con su idea en la revista "Wireless World" en el otoño de 1945.

Describía la posibilidad de contar con un total de tres satélites situados en la órbita del Ecuador y a una altura en la que la fuerza gravitacional de la Tierra se igualara con la fuerza centrífuga derivada de la gran velocidad a la que se movería el satélite. Si el satélite recorría su órbita justo en 24 horas entonces se movería junto con la Tierra por lo que para la Tierra el satélite permanecería estático, siempre en el mismo punto. De ahí que a este tipo de satélites se les llame geostacionarios. Los tres satélites se ubicarían a una distancia de 120° de la órbita y dominarían así entre los tres toda la superficie terrestre. Una señal que fuera originada en cualquier punto podría ser transmitida a uno de los satélites y de ahí retransmitida a la Tierra dentro de la cobertura del primer satélite. Una estación terrena dentro de esta cobertura enviaría de nuevo la señal al segundo satélite para la difusión dentro de la cobertura del segundo satélite, repitiendo este proceso una vez más con el tercer satélite se podría enviar en un par de segundos la señal a todos los rincones de la Tierra.

#### ***Antecedentes de los Satélites Artificiales***

Posterior a la propuesta de Clarke, en 1955 un ejecutivo de los laboratorios Bell, John R. Pierce publica un artículo en el que analiza de manera más formal, factible, técnica y económica la puesta en órbita de un satélite de comunicaciones.

Pierce estimaba que el satélite podría contar con una capacidad equivalente a 1000 circuitos telefónicos y por lo tanto bien podría justificar una inversión del orden de los 1000 millones de dólares.

En la siguiente tabla se recrea la cronología de los eventos en la carrera satelital:

Satélite	Año	Características
SPUTNIK I (URSS)	1957	Con 84 kg. de peso transmitió telemetría por 21 días y se desintegró en la atmósfera terrestre después de 1,367 vueltas.
EXPLORER I (USA)	Enero 1958	Transmitió telemetría durante 5 meses.
SCORE (NASA)	Diciembre 1958	Primer satélite de órbita baja (182 a 1,048 Km.) que transmitió voz.
COURIER (USA)	1960	Recibía y almacenaba la información transmitiéndola al pasar por la estación de destino.
Telstar (att y bell lab.)	Julio 1962	Con 84 kg. de peso y 87 cm de diámetro, era capaz de recibir y transmitir simultáneamente. Fue el primero en transmitir televisión. (Sólo operó durante algunas semanas después su electrónica tuvo averías).
RELAY (RCA)	1962	Satélite experimental utilizado para transmitir voz, video y datos.
SYNCOM II y III (NASA)	1963	Fueron los primeros satélites geoestacionarios utilizados para múltiples experimentos. SYNCOM III transmitió la señal de televisión en los juegos Olímpicos de Tokio en 1964. Con 39 kg. de peso y 71 cm de diámetro este satélite constaba de 2 Transpondedores con 0.5 MHz de ancho de banda y 2 watts.
ATS 1 al 5 (NASA)	Diciembre 1966 a Agosto 1969	El programa ATS fue un programa cuyo principal objetivo era la investigación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probar tecnología de vuelo común a otras misiones</li> <li>• Probar tecnología para la órbita geosíncrona.</li> <li>• Conducir experimentos del gradiente de gravedad.</li> <li>• Conducir experimentos para ciertas aplicaciones específicas en tecnología satelital.</li> <li>• Estudios de comunicación y propagación.</li> </ul>
CTS (Canadá/NASA)	Enero 1976	Su principal objetivo fue probar la tecnología de transmisión de alta potencia en banda Ku. Este satélite utilizó estabilización de 3 ejes.

Tabla 2.1.1

A lo largo de este desarrollo, los satélites pasaron de ser el medio de transmisión más utilizado para las comunicaciones telefónicas entre continentes y también para la difusión de señales de TV. En años recientes el auge de la industria se ha concentrado en aplicaciones de comunicaciones móviles, televisión directa al hogar y acceso a internet de alta velocidad.

### **Satélite Natural**

Es un cuerpo celeste animado con movimiento de translación entorno, generalmente, de un planeta.

### **Satélite Artificial**

Es un elemento físico capaz de recibir y transmitir señales en forma analógica o digital de alta calidad, está colocado en órbita por las necesidades que tiene el hombre para recibir y transmitir información a cualquier punto de la Tierra. La mayoría de los satélites de comunicación se colocan en el arco satelital; es decir, se encuentran en la órbita geosíncrona o geoestacionaria, a una altura aproximada de 36,000 Km sobre el Ecuador; su velocidad es igual a la de la rotación terrestre y giran sobre su propio eje; por ello, cada satélite parece inmóvil con respecto a la Tierra, permitiendo que las antenas fijas apunten directamente hacia cualquier satélite.

Un satélite es capaz de recibir y transmitir datos, audio y video en forma analógica o digital de alta calidad y en forma inmediata. Está formado por transpondedores.

El satélite toma su energía de la radiación solar, cada satélite tiene un tiempo de vida determinado que varía según la cantidad de combustible que posee. Dicho combustible sirve para mover al satélite cada vez que éste se sale de su órbita, si el satélite pierde su posición y no tiene combustible, no hay manera de regresarlo ya que es atraído por las fuerzas espaciales hasta que se pierde. El satélite tiene un margen bien determinado en el espacio, como un cubo imaginario de aproximadamente 75 Km por lado, en el cual se desplaza sin salirse de control.

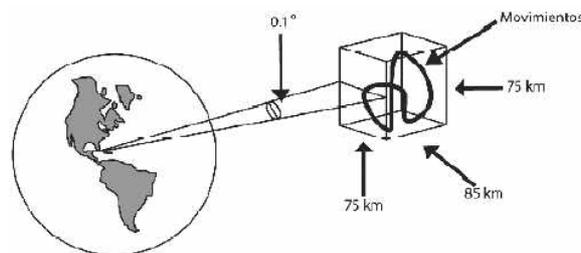


Figura 2.1.1 Rango de Movimiento de un Satélite

### **Aplicaciones de los Satélites**

A lo largo de su desarrollo, los satélites han sido ocupados para diversas aplicaciones entre las que destacan evidentemente las telecomunicaciones pero que también incluyen a la meteorología, la astronomía, las aplicaciones militares, etc. De las aplicaciones en telecomunicaciones destacan las siguientes:

- Enlaces transcontinentales
- Transmisión de eventos por TV
- Televisión directa al hogar (DTH)
- Comunicaciones móviles
- Comunicaciones aeronáuticas y marítimas
- Redes privadas (VSAT)
- Comunicación a puntos de difícil acceso
- Comunicación en caso de desastres naturales
- Radiodifusión directa
- Sistema de posicionamiento (GPS)

Los satélites comerciales ofrecen una gran gama de servicios de comunicaciones. Los programas de televisión se retransmiten internacionalmente. Los satélites envían programas a sistemas de televisión por cable, así como a los hogares que cuentan con antenas parabólicas. Los métodos de codificación digital han permitido reducir a una décima parte la frecuencia de transmisión necesaria para soportar un canal de voz, aumentando en consecuencia la capacidad de la tecnología existente y reduciendo el tamaño de las estaciones terrestres. También se ofrecen servicios de enlaces digitales de datos, telefonía, etc.

### ***Ventajas y Desventajas de los Satélites***

Ventajas:

- Cobertura geográfica muy amplia con independencia de la distancia.
- Confiabilidad (99.9 % activo).
- Broadcasting o multicasting de datos.
- Movilidad dentro de la cobertura.
- Capacidad muy amplia para servicios de voz, datos y difusión de video.
- Ancho de banda asimétrico.
- Facilidad de expansión de la red.
- Asignación simultánea de datos a un número ilimitado de estaciones.

Desventajas:

- Susceptibilidad a interferencias.
- Afectado por el efecto de los rayos solares en ciertas épocas del año (el sol se presenta por detrás del satélite).
- El tiempo de vida útil del satélite es corto.
- Retardo de la transmisión.

### ***Tipos de Satélites de Comunicaciones***

Una manera muy sencilla de clasificar los diversos sistemas de satélites de comunicaciones es por la altura a la que se encuentran. Este aspecto es un factor para determinar cuántos satélites necesita un sistema para conseguir una cobertura mundial y la potencia que debe tener.

Dada su gran variedad, existen diversas clasificaciones; la UIT los divide de acuerdo con el tipo de servicio que estos prestan, de tal manera que los hay fijos, móviles, de radiodifusión, de radionavegación y de exploración de la Tierra. Por lo anterior, se distinguen en dos grandes categorías:

- Satélites de Observación. Para la recolección, procesamiento y transmisión de datos desde y hacia la tierra.
- Satélites de Comunicación. Para la transmisión, distribución y propagación de la información entre diversas ubicaciones de la Tierra.

## **2.2 ORBITAS SATELITALES**

### ***Satélites de Órbita Baja LEO (Low Earth Orbit)***

Se ubican en órbitas de entre 250 y 1500 Km. Existen tres tipos de LEO, que manejan diferentes cantidades de ancho de banda. Los LEO pequeños, destinados a aplicaciones de bajo

ancho de banda (decenas a centenares de kbit/s), como radiolocalizadores, Los grandes LEO pueden manejar radiolocalizadores, servicios de telefonía móvil y transmisión de datos (de cientos a miles de kbit/s). Los LEO de banda ancha, operan en la franja de los Mbit/s y entre ellos se encuentran SkyBridge y Teledesic.

La cobertura global, objetivo principal de estos satélites, es el resultado de la interconectividad entre ellos y el hand off de los servicios, por medio de la regeneración de las señales en los mismos. Su aplicación se orienta a observaciones astronómicas, científicas y comunicaciones móviles.

La constelación IRIDIUM, Globalstar, Odyssey son ejemplos de estos satélites.

### **Satélites de Órbita Media MEO (Medium Earth Orbit)**

También denominados ICO (Intermediate Constellation Orbit), se encuentran a una altura comprendida entre los 10000 y 20000 km. Su posición relativa respecto a la superficie terrestre no es fija. Al estar a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para obtener cobertura mundial. Se utilizan fundamentalmente para posicionamiento (localización GPS). Los servicios que transitan son voz, fotos y mensajes cortos.

### **Satélites de Órbita Elíptica HEO (Highly Elliptical Orbit)**

Sistema de satélites de órbita inclinada Molnya, los cuales proporcionan un periodo máximo de 4 horas por vuelta de comunicación en zonas de perigeo (punto en el cual un objeto celeste que gira alrededor de la Tierra se encuentra a su mínima distancia de nuestro planeta), dan servicio a las regiones más alejadas del Ecuador, como la Antártica, la Patagonia, Liberia, Alaska, entre otros. Precisa de 3 satélites en órbitas elípticas de 12 horas, inclinadas  $63^\circ$  respecto al ecuador y repartidas cada  $120^\circ$  de longitud.

### **Satélites de Órbita Geoestacionaria GEO (Geostationary Earth Orbit)**

Orbitan a 35.848 km; sobre el ecuador terrestre. El periodo de rotación del satélite es exactamente de 24 horas, por lo tanto, da la apariencia de estar siempre sobre el mismo lugar sobre la superficie del planeta. A esta órbita de le conoce como órbita de Clarke. Precisan de posiciones orbitales exactas, se mantiene alejados unos de otros (de 800 a 1600km), es decir de  $1^\circ$  a  $2^\circ$  vistos desde el centro de su cobertura en tierra, transitan los servicios de redes nacionales con trafico de voz, datos, video conferencia y televisión permanente u ocasional. En México son utilizados como respaldo de las empresas telefónicas, servicios de redes privadas, televisoras, entre otras.

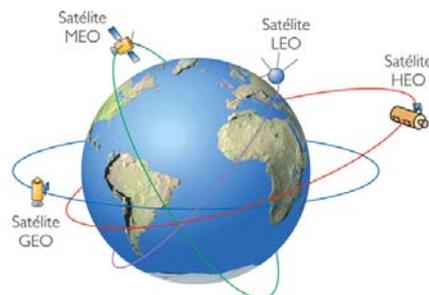


Figura 2.2.1 Órbitas satelitales

## **2.3 TRAFICO DE SERVICIOS POR VÍA SATÉLITE**

### ***Servicios a Transmitir***

Para la canalización de información en formato digital se establecen diferentes jerarquías, dentro de las cuales pueden enviarse todos los servicios digitales.

Cabe mencionar que cada país adopta una jerarquía en particular; pero puede presentarse el requerimiento de tratar con jerarquías diferentes a la propia, para lo cual existen interfaces de conversión de jerarquías, siendo una característica especial de algunos convertidores descendentes/ascendentes los cuales tienen la propiedad de trabajar híbridamente.

### ***Servicio Permanente u Ocasional***

El servicio permanente se refiere a aquellas señales o anchos de banda pertenecientes a redes donde la comunicación es continua; las redes de bancos como redes privadas, donde existe una estación central o matriz a donde llega toda la información de los nodos (estaciones de trabajo) y de la misma estación central sale hacia los nodos. Las Empresas televisoras de paga, las cuales utilizan a los satélites para dar una amplia cobertura a su producto.

Como enlaces ocasionales podemos mencionar a los eventos deportivos, políticos, sociales y de noticias; los cuales en ocasiones utilizan estaciones terrenas de servicio fijo instaladas en tracto camiones (denominadas móviles). Estos servicios se llevan a cabo por medio de la reservación temprana con la empresa administradora del segmento espacial, para que el espacio en transponder sea reservado y la duración pueda ser por horas o minutos solamente.

### ***Servicios de Telefonía, Fax***

La telefonía, fax y los servicios de baja velocidad de datos (bit rate), previamente estuvieron basados en la transmisión analógica; en la actualidad sistemáticamente todos los servicios se implementan por medio de las tecnologías digitales. Al incrementarse la capacidad de canales, y consecuentemente el tráfico de servicio, la transmisión puede lograrse por el uso de la modulación de pulso codificado PCM de portadoras digitales. En el caso especial de la transmisión vía satélite, es por medio de PSK, posterior a la modulación de pulsos codificados.

El fax es actualmente uno de los servicios sin voz, que funcionan en la red conmutada de telefonía pública (PSTN). El facsímil es un sistema de transferencia de imágenes de alta resolución a partir de la trama de exploración que realiza la tecnología de modem del PSTN en sus comunicaciones. El grupo 1 y 2 (para el PSTN analógico) grupo 3 (en el PSTN digital) y el grupo 4 (para digital en la red de servicios integrados), los cuales fueron normados por la UITT para el equipo de terminales de facsímil.

En los casos de telefonía se pueden mencionar a la telefonía pública nacional e internacional, telefonía móvil, redes de voz y radiodifusión sonora.

### ***Servicios de Televisión (audio y video asociado)***

El servicio de radiodifusión de la señales de televisión (audio y video asociado), es el más importante proporcionado por FSS y BSS. Extendiéndose como programación de televisión abierta (la señal que contiene secciones de entretenimiento, noticias, deportes y eventos especiales), programas educacionales/institucionales hasta aplicaciones de teleconferencia. La disponibilidad de los enlaces satelitales para la distribución de la televisión, elimina la relación asociada de distancia/costo con la entrega de las señales terrestres.

Las aplicaciones incluyen la distribución de la programación de televisión o información en video entre locaciones para una redifusión sobre estaciones terrestres o redistribución a través de las redes de cable (CATV).

### ***Video Analógico***

Las señales de televisión contienen información de forma eléctrica desde la cual la imagen puede ser recreada. Para interpretar un cuadro completo dentro de una señal eléctrica, la imagen electrónica de un cuadro es trazada por medio de un rastreo a alta velocidad en una manera sistemática. Un cuadro está formado por dos campos y estos completan una trama; la velocidad en EUA es de 30 por segundo, mientras que en Europa la trama es de 25 por segundo.

### ***Difusión de Televisión Digital***

El avance de las técnicas para la codificación de cuadros y sonidos, la codificación de canales y la modulación, que han probado su eficiencia y confiabilidad, del mismo modo las aplicaciones multimedia y de las comunicaciones que usan tecnología de video digital, que son una realidad. Logran que las técnicas digitales disponibles se conviertan en la llave para la introducción de los servicios satelitales basados en la televisión multiprograma a bajo costo.

La televisión digital abre amplias oportunidades en nuevos servicios a los usuarios, adicionales a los servicios de televisión comercial.

La mayoría de los sistemas usan ISO/IEC MPEG2 para la codificación de audio e imagen. Los satélites de comunicación tienen y tendrán un papel excepcional en la disposición de estos nuevos servicios, operando ya con sistemas de televisión digital (DVB). Algunos son sistemas flexibles, los cuales están diseñados para hacer frente a los amplios anchos de banda del satélite (26 o 72 MHz para el sistema DVB-S).

### ***Transmisión de Datos y Servicio Empresariales***

La disposición de la tecnología digital, y el interés por mejorar la productividad ha dado lugar a un aumento en la demanda de servicios para el ámbito industrial, financiero y en las organizaciones administrativas. Este incremento en algún momento resultó impráctico y excesivamente costoso, como consecuencia del despliegue geográfico de los puntos informáticos, del surgimiento de la necesidad "de hablar todos juntos", misma que fue superada con el uso de dispositivos acopladores de alta velocidad. Es por ello que las comunicaciones basadas en satélites y en el marco del internet, se ofrece la ventaja de enlaces de banda ancha de usuario a usuario a este tipo de información.

### ***Videoconferencia***

Generalmente la videoconferencia se refiere a la comunicación audiovisual interactiva a distancia entre dos o más interlocutores, utilizando herramientas ISDN (Integrate Service Digital Network); es decir, por medio de redes de banda ancha, tal como la red de servicios integrados en nuestro país con tecnología de fibra óptica, lo cual otorga un sonido claro y un video con buena resolución de movimiento.

Cada sitio que constituye la videoconferencia emplea un codificador que convierte la señal de video analógica a digital, comprimiéndola para su transmisión (con norma MPEG2). En el lado receptor la señal es reconvertida a analógica para ser desplegada en la pantalla. La ventaja de compresión de video y la adopción de la norma H.261 de la CCITT, ayudaron al surgimiento de nuevos y mejores sistemas de videoconferencia, con un costo más bajo. Esta nueva señal

comprimida opera sobre líneas ISDN en  $p \times 64$  Kbps ( $p$  = cuadros), en un rango que va desde 64 Kbps hasta 2 Mbps, donde el número nominal de  $p$  = 6, colocándose en un ancho de banda de 384 Kbps.

### ***Multimedia y Video Interactivo***

La multimedia se refiere a la habilidad para proporcionar una señal de video digital interactivo con total movimiento, dentro de una computadora personal (PC) o dentro del desempeño de una estación de trabajo de escritorio. Involucra texto, gráficas, sonido e imágenes fijas o en movimiento, lo cual tiene una amplia presencia en la PC y en el desempeño de las estaciones de trabajo. Los componentes principales de un sistema multimedia son:

- Herramientas de captura de datos
- Editores de datos y herramientas de autor, para edición de animación, audio y video, desarrollo de interface de usuario, etc.
- Almacenamiento de base de datos y herramientas de cobranza, para la investigación en grandes bases de datos, archivo y respaldo.

### ***Televisión Totalmente Digital***

La normalización de los formatos de compresión de video facilita la manipulación y almacenamiento del video de movimiento total, como una forma de datos de computadora, y éste es transmitido sobre las redes existentes o redes de computadoras a futuro, o sobre los canales de difusión terrestre. Previendo áreas de aplicación para normas de compresión de video digital, incluyendo la televisión totalmente digital, videoconferencia, videoteléfono, video correo, estaciones multimedia, películas digitales, videojuegos y otras formas de entretenimiento y educación. Las normas aplicadas para compresión de video hasta ahora: H.261 de video conferencia, MPEG-1 para multimedia y MPEG2 en la televisión completamente digital.

## **2.4 DESCRIPCIÓN DE UN SATÉLITE**

En la ingeniería de los satélites intervienen múltiples aspectos. No solo se trata de construir una máquina, sino también que sea capaz de resistir los rigores y presiones de lanzamiento, las ondas acústicas durante el mismo y sobre todo, funcionar en el ambiente de espacio, donde las temperaturas fluctúan entre los 200°C bajo cero en periodos de sombra y 200°C a la luz del sol.

El diseño de los satélites ha evolucionado al paso del tiempo y los logros en las tecnologías han proporcionado instrumentos más precisos, sistemas de provisión de energía eléctrica más potentes y componentes de menor peso, pero todos ellos en esencia no han cambiado mucho con los primeros satélites.

Un satélite se diseña para tener una vida útil u operacional de entre 10 y 15 años y depende de la capacidad del combustible que lleva a bordo. La optimización de su uso permitirá al satélite una vida útil más larga.

### ***Subsistemas de un Satélite***

Un satélite generalmente se diseña en varios subsistemas para que al ser puesto en órbita pueda ser controlado desde la tierra. Cuenta con los subsistemas de potencia, propulsión, telemetría y comando, y el de comunicaciones, entre otros.

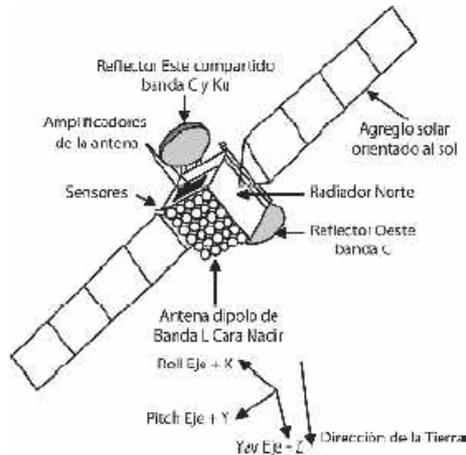


Figura 2.4.1 Partes de un Satélite Artificial

**Estructura Física**

Proporciona el soporte, la resistencia y estabilidad mecánica del satélite. La estructura está sujeta a diversos esfuerzos durante su lanzamiento, el encendido del motor de apogeo, el despliegue de las antenas y paneles solares y durante la acción de los dispositivos de control. Los elementos principales de la estructura pueden ser tubos cilíndricos o piezas cónicas o estar formadas por largueros, riostras y travesaños esbeltos. Los materiales empleados en la estructura son: aluminio, magnesio, acero, titanio, epoxy-grafito y otros compuestos, cuyas características son la resistencia mecánica y radiación, rigidez en estabilidad dimensional, bajo peso y baja resistencia eléctrica.

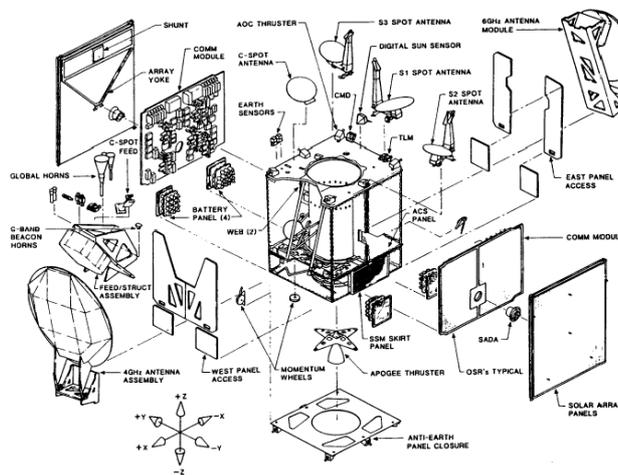


Figura 2.4.2 Estructura

**Subsistema de Potencia**

Genera y distribuye potencia eléctrica de corriente directa. La potencia primaria es proporcionada por radiación solar a través de las celdas solares de alta densidad, la potencia

secundaria es proporcionada durante el lanzamiento y por un sistema de baterías de níquel-hidrógeno.

Las celdas solares convierten una parte de la radiación que reciben directamente en energía eléctrica. Están constituidas esencialmente por una pastilla de silicio o de otra materia semiconductor que al ser tocada por los rayos solares, genera corriente eléctrica. La potencia eléctrica requerida por un satélite en alta proporción de los amplificadores de radiofrecuencia y cambia con el tipo de servicio al que este destinado, en tanto que la capacidad de suministro de energía eléctrica varía por las variaciones estacionales en la radiación solar captada, incluyendo los eclipses.

Las baterías más usadas son de níquel-cadmio, están constituidas de placas de cadmio y de níquel alternadas, con separadores inertes en un baño de solución acuosa de hidróxido de potasio como electrolito. En los últimos años se han utilizado baterías de níquel hidrógeno, siendo más ligeras y fiables. Constan de electrodos positivos de níquel e hidrógeno difundido en un material inerte como electrodos negativos.

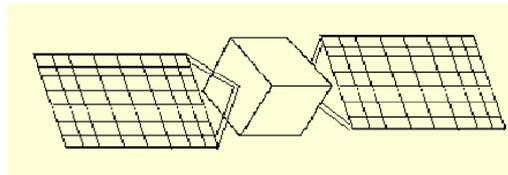


Figura 2.4.3 Paneles solares

### ***Subsistema de Propulsión***

Es un sistema integral bipropelante que permite la inserción en órbita, el control de orientación y las funciones de mantenimiento en su órbita geosíncrona. Los motores empleados actualmente en el espacio son de corriente continua y los de pasos, los primeros son generalmente de imán permanente, tienen fuerza máxima en el arranque y los empleados para la orientación de los paneles solares usan escobillas porque su desgaste es muy bajo.

El control de orientación estabiliza al satélite para evitar que se salga de dirección, y mantiene las antenas en su orientación correcta. La estabilización de un satélite geostacionario facilita la inmovilización aproximada de sus antenas respecto de la cobertura y ofrece resistencia a las perturbaciones que en forma constante tienden a desviar su orientación. Existen dos métodos estabilizadores:

- ➔ Giro Estabilizador o Rotación. El satélite se mantiene girando en su eje a 100 RPM (revoluciones por minuto), las partes externas del satélite giran, la ventaja de esta técnica es una mayor simplicidad en los impulsores que sirven para corregir los errores de actitud y órbita.
- ➔ Estabilización Triaxial. El elemento rotatorio más importante es un volante de inercia o rueda de momento ubicado dentro de la plataforma que gira a alta velocidad respecto de un eje nominalmente perpendicular al plano de la órbita. Acelerómetros detectan cambios en las 3 posiciones y corrigen por medio de estabilizadores giroscópicos. La masa giratoria se encuentra en el interior de la plataforma del satélite.

### ***Subsistema de Telemetría y Comando***

La telemetría, telemando y distancia consiste en las comunicaciones internas de un satélite y su centro de control. Constantemente verifica la órbita del satélite sin desviaciones respecto a

la Tierra, monitorea la calidad de la señal de recepción para ajustar la ganancia. La información se envía constantemente a la Tierra.

Cada señal de mando enviada, se recibe, se modula, almacena y regresa por la sección de telemetría al centro de control para su verificación, confirmación y ejecución.

Proporciona la recepción y demodulación de comandos en la banda C para su alineación en el cubo imaginario de operación y de comandos.

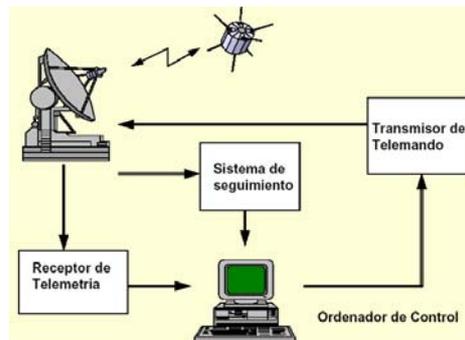


Figura 2.4.4 Telemando y Seguimiento

### ***Subsistema de Comunicaciones***

Permite ampliar y diversificar los servicios de comunicación satelital, así como optimizar el uso del segmento espacial; permite manejar las regiones de cobertura para la comunicación en diferentes bandas, como la C, Ku y L.

Las señales de comunicaciones enviadas desde la Tierra son recibidas por el satélite, entran a él a través de las antenas y ellas mismas se encargan de retransmitir toda esa información hacia la Tierra, después de procesarla debidamente. Los principales pasos del proceso son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuado, cambiarlas de frecuencia, realizando estas funciones por medio de filtros, amplificadores, convertidores de frecuencia, conmutadores y multiplexores, los cuales son realizados en los transponders.

### ***Transponder***

Es un dispositivo que forma parte del satélite, el cual cuenta con varias antenas que reciben y envían señales desde y hacia la Tierra. Los satélites tienen Transpondedores verticales y horizontales. El transponder tiene como función principal amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambiar la frecuencia y retransmitirla con una cobertura amplia a una o varias estaciones terrenas. Recoge la señal entrante de la antena receptora, ésta es amplificada por un LNA (amplificador de bajo ruido), que incrementa la señal sin admitir ruido. De la salida del LNA la señal es introducida a un filtro Pasa Banda (FPB) para eliminar lo que no pertenece a la señal original y luego esta señal se pasa a un convertidor de frecuencia (OSC) que reduce la señal a su frecuencia descendente, ésta pasa para su amplificación final a un HPA (amplificador de alta potencia, usualmente de 5 a 15 watts), que tiene un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) como amplificador de salida. Una vez concluido el proceso, la señal pasa a la antena descendente y se realiza el enlace con la estación receptora.

Las principales funciones del transponder son:

- ➔ Recibir y transmitir las señales

- ➔ Aumentar la potencia de las señales. Este proceso es indispensable, ya que sin la potencia suficiente la información llegará en forma deficiente o simplemente no se recibirá
- ➔ Disminuir la frecuencia e invertir la polaridad. Son dos maneras de evitar que las señales, tanto de ascenso como descenso se interfieran y de que existan pérdidas en la información.

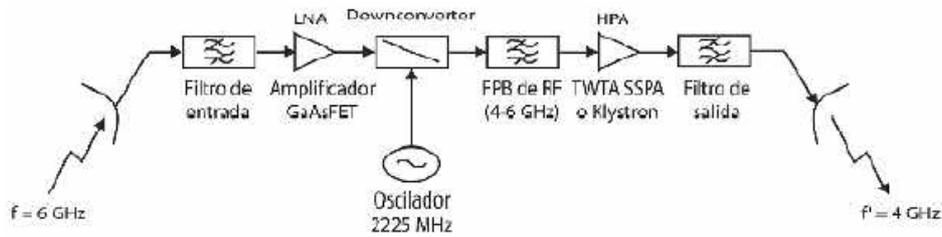


Figura 2.4.5 Diagrama Básico de un Transponder en Banda C

Transpondedor	Estructura	Ancho de banda	Banda
Tipo N	Angosto	36 MHz	C 6/4 GHz
Tipo W	Ancho	72 MHz	C 6/4 GHz
Tipo Ku	Ancho	54 o 108 MHz	Ku 14/12 GHz
Tipo Ku	Angosto	36 MHz	Ku 14/12 GHz

Tabla 2.4.1 Tipos de Transponder

## 2.5 SATELITES MEXICANOS

En la actualidad, México tiene asignados tres segmentos espaciales, o posiciones orbitales, para el servicio nacional y de casi todo el continente, empleando para ello tres satélites con diferentes tipos de coberturas: Solidaridad II, Satmex 5 y Satmex 6. El Solidaridad II actualmente es utilizado en otro tipo de transmisiones completando a si su ciclo de vida útil. Para atender y apoyar la creciente demanda en todos los niveles educativos y aliviar el rezago en las poblaciones más alejadas y dispersas del territorio nacional, la Secretaría de Educación Pública a través de la Red Edusat hace uso del sistema de televisión vía satélite, utilizando la señal de compresión digital del satélites geostacionario Satmex 5.

Satélite	Equipo	Transponder	Freq. Subida (GHz)	Freq. Bajada (GHz)
Solidaridad II	DVB	3N	6.025	3.800
Satmex 5	DVB	24C	6.405	4.180

Tabla 2.5.1 Satélites usados en la Red Edusat.

### **Ubicación de los Satélites Mexicanos**

Los satélites mexicanos se encuentran ubicados sobre el arco satelital, ubicado a una latitud 0° donde está el Ecuador. El satélite Satmex 6 se encuentra ubicado en la posición orbital de 113° Oeste, el satélite Solidaridad II tiene una longitud de 114.9° Oeste, mientras que el satélite Satmex 5 se encuentra en 116.8° Oeste, con referencia al meridiano de Greenwich.

### **Satélite Solidaridad II (114.9° W)**

Solidaridad II pertenece a la segunda generación de comunicaciones espaciales para México y cuenta con un total de 48 transpondedores equivalentes en las bandas C y Ku con la siguiente cobertura:

- ➔ Banda C: México, sur de los Estados Unidos, Caribe, Centro y Sudamérica.
- ➔ Banda Ku: México, costa este de los Estados Unidos, y las ciudades de San Francisco y Los Ángeles

Beneficios adicionales:

- ➔ Coberturas regionales con alta potencia sobre México
- ➔ Ideal para cualquier aplicación: voz, video, datos, Internet, broadcast, etc.
- ➔ Conectividad entre los principales nodos de los Estados Unidos y Latinoamérica
- ➔ Excelentes ángulos de elevación en Norteamérica y la mayor parte de Latinoamérica

Cuenta con 12 Transpondedores en banda C, pero con mayor potencia que la de los primeros, y con cobertura en más áreas geográficas, gracias a la tecnología de los amplificadores de estado sólido que se emplearon en su construcción.

Asimismo, dentro de la carga útil se cuenta con 16 transpondedores de banda Ku equivalentes a 4 veces la capacidad que se tenía en los Morelos. Adicionalmente existe un sistema de transmisión en banda L, que permite dar ser-vicios de comunicación móvil a todo el país, incluyendo sus costas y mar territorial.

Todas las bandas empleadas por los satélites cubren el territorio de México, además de las extensiones en banda Ku para coberturas en la frontera sur de los EUA, la costa este y las ciudades de San Francisco y Los Ángeles. La cobertura en banda C se extiende hacia el Caribe, centro y Sudamérica. El centro de control y operaciones para los satélites se encuentra ubicado en Iztapalapa, D.F., y se cuenta con todos los sistemas electrónicos necesarios para mantener en sana operación esta flota.

Satélite Solidaridad II	36 MHz Banda C	72 MHz Banda C	54 MHz Banda Ku
PIRE (dBW) en la orilla de la cobertura	R1: 37.0 R2: 36.2 R3: 37.0	R1: 40.1	R4: 47.0 R5: 45.0
G/T (dB/K) en la orilla de la cobertura	R1: 4 R2: 1 R3: -1	R1: 2	R4: 2 R5: -1
Densidad de flujo a saturación (dBW/m <sup>2</sup> )	R1: -93 R2: -90 R3: -90	R1: -91	R4: -94 R5: -91
No. de transpondedores	12	6	16
Redundancia	14 SSPA para 12 canales	8 SSPA para 6 canales	19 TWTA para 16 canales
Rango de atenuación de entrada	0 a 14 dB en pasos de 2 dB	0 a 14 dB en pasos de 2 dB	0 a 22 dB en pasos de 2 dB
Inicio de operación	diciembre de 1994		
Vida estimada de operación	14 años		

Tabla 2.5.2 Especificaciones técnicas del Solidaridad II

Solidaridad II	Banda C	Banda Ku	
	36 MHz	72 MHz	54 MHz
<b>PIRE (dBW)</b>			
Washington D.C.			R5: 49.7
San Francisco			R5: 48.3
Miami	R2: 37.6		R5: 49.8
San Juan	R2: 37.2		
México D.F.	R1: 39.8 R2: 37.0	R1: 43.1	R4: 50.5
Tegucigalpa	R2: 37.8		
Caracas	R2: 38.4		
Lima	R3: 38.2		
Buenos Aires	R3: 39.0		
Sao Paulo	R3: 38.4		
<b>G/T (dBW/K)</b>			
Washington D.C.			R5: 6.3
San Francisco			R5: 4.9
Miami	R2: 2.6		R5: 11.0
San Juan	R2: 1.7		
México D.F.	R1: 8.7 R2: 4.6	R1: 5.7	R4: 9.2
Tegucigalpa	R2: 3.9		
Caracas	R2: 4.8		

Lima	R3: 2.4
Buenos Aires	R3: 4.8
Sao Paulo	R3: -1.5

Tabla 2.5.3 Parámetros de Segmento Espacial

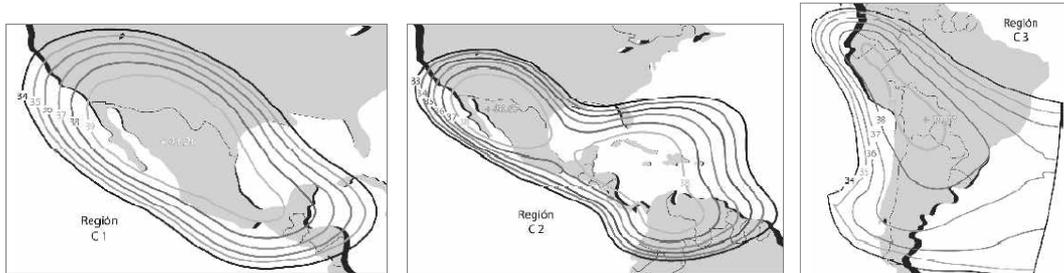


Figura 2.5.1 Cobertura Solidaridad II Banda C Región C1, C2 y C3

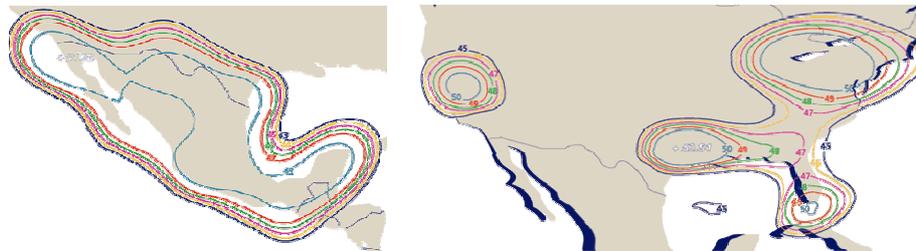


Figura 2.5.2 Cobertura Solidaridad II Banda Ku Región Ku4 y Ku5

### Satélite Satmex 5 (116.8 ° W)

Fabricado por Hughes Space & Communications, en California, EUA, lugar en donde se construyó la primera y segunda generación de satélites mexicanos.

La vida útil esperada de Satmex 5 es de 15 años y fue puesto en órbita por un cohete de Arianespace en 1998. Satmex opera este satélite desde su centro primario en Iztapalapa, D.F. y cuenta con un centro de control alterno en Hermosillo, Sonora, con lo que se garantiza la operación del sistema, de la misma forma que se hizo para los satélites Solidaridad. Tiene celdas solares de arseniuro de galio y cuenta con nueva tecnología en la batería y el sistema de propulsión, para operar con 24 Transpondedores de banda C y 24 de banda Ku de alto poder. Esta capacidad en banda Ku le permite la transmisión de señales de televisión directa al hogar (DTH), a antenas menores de un metro de diámetro; su PIRE (potencia isotropita radiada efectivamente) y sus márgenes de G/T (*gain to noise temperatura ratio*) le dan capacidad suficiente para hacer radiodifusión digital con gran confiabilidad; además, los haces de cobertura brindan servicio a casi todo el continente americano.

Pertenece a la familia B-601HP de alta potencia y de estabilización triaxial. Su diseño lo dota con más de 7,000 watts de potencia para la operación de la carga útil. Este satélite cuenta con cobertura en las siguientes regiones:

- Banda C: Continental
- Banda Ku: NAFTA y continental

Beneficios adicionales:

- ➔ Cobertura continental en las bandas C y Ku con alta potencia
- ➔ Reducción en el tamaño de antenas
- ➔ Flexibilidad en la configuración de redes de usuarios
- ➔ Huella en banda Ku dedicada a Norteamérica con excelente ángulo de elevación

Satmex 5 es un exitoso satélite que proporciona servicios de comunicación ideales para potenciar todo tipo de negocios:

- ➔ Aplicaciones de banda ancha
- ➔ Telefonía rural y de larga distancia
- ➔ Distribución de video
- ➔ Transmisión de datos
- ➔ Distribución de contenido multimedia

Satélite Satmex 5	36 MHz Banda C	36 MHz Banda Ku
PIRE (dBW) en la orilla de la cobertura	39	Ku 1: 49.0 Ku 2: 46.0
G/T (dB/K) en la orilla de la cobertura	-2	Ku 1: 0 Ku 2: -1.5
Densidad de flujo a saturación (dBW/m <sup>2</sup> )	-93	Ku 1: -93 Ku 2: -95
No. de transpondedores	24	24
Redundancia	30 TWTAs para 24 canales	32 TWTAs para 24 canales
Rango de atenuación de entrada	0 a 15 dB en pasos de 1 dB	0 a 20 dB en pasos de 1 dB
Combustible remanente al 1º de enero de 1999	Bipropelante 106.761 Kg.	Xenón 229.443 Kg.
Grados de tolerancia en el mantenimiento de nave espacial	±0.05° N-S ±0.05° E-W	
Inicio de operación	enero de 1999	
Vida estimada de operación	Más de 15 años	
Posición orbital	116.8° Oeste	

Tabla 2.5.4 Especificaciones Técnicas Satmex 5

Satmex 5	Banda C	Banda Ku	
		Ku-1 NAFTA	Ku-2 Continental
<b>PIRE (dBW)</b>			
Washington D.C.	39.7	52.2	47.3
San Francisco	40.0	51.8	48.2
Miami	41.0	50.1	47.9

San Juan	39.9		47.2
México D.F.	40.8	51.5	47.7
Tegucigalpa	40.5	48.0	48.0
Caracas	40.1		47.1
Lima	40.0		47.8
Buenos Aires	40.7		48.0
Sao Paulo	39.0		47.1
<b>G/T (dBW/K)</b>			
Washington D.C.	-2.0	+4.7	+1.3
San Francisco	-1.5	+2.0	+2.4
Miami	+1.9	+2.6	+1.1
San Juan	-1.3		+1.9
México D.F.	+0.5	+4.2	+3.6
Tegucigalpa	+2.3	-4.5	+2.6
Caracas	-0.1		+1.3
Lima	-0.7		+2.7
Buenos Aires	-1.0		+1.3
Sao Paulo	-2.8		+1.5

Tabla 2.5.5 Parámetros de Segmento Espacial

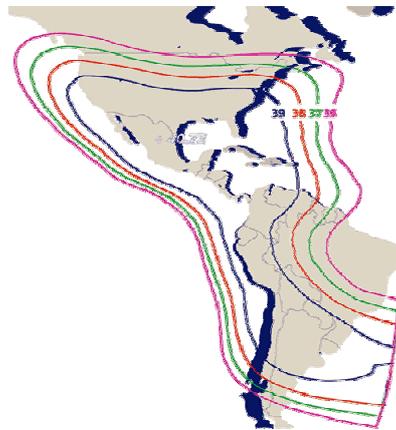


Figura 2.5.3 Cobertura Satmex 5 Región C Continental

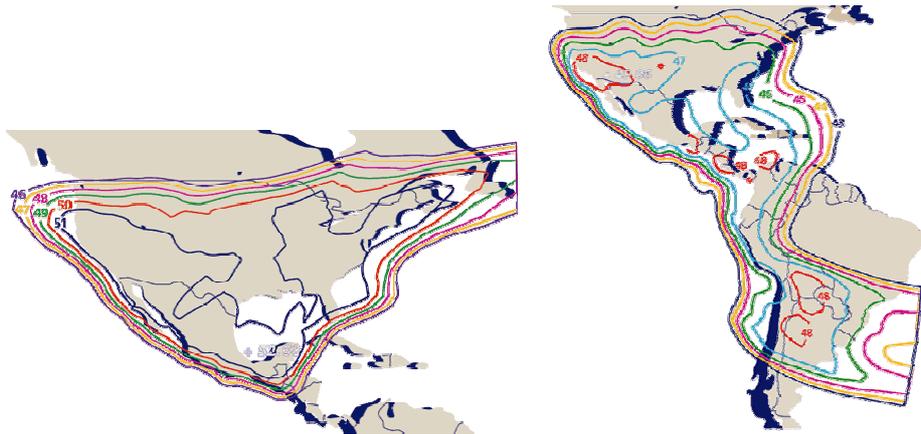


Figura 2.5.4 Cobertura Satmex 5 Región Ku 1 NAFTA y Ku 2 Continental

### **Satélite Satmex 6 (113.0 ° W)**

Satmex 6 es el satélite más grande que ha construido Space Systems Loral (SSL), pertenece a la familia FS-13000X, capaz de generar 13.7 KW (BOL) al inicio de su vida útil con un total de 60 Transpondedores de 36 MHz cada uno; 36 canales en banda C darán servicio en tres regiones (Estados Unidos, Sudamérica y la Plataforma Continental) y 24 canales en banda Ku con cobertura NAFTA y Continental, con un haz de alta potencia sobre las principales ciudades de Sudamérica incluyendo Brasil, siendo con ello el satélite con mejor cobertura en el Continente Americano. Este satélite se encuentra ubicado en la posición orbital de 113.0° Oeste.

Satmex 6 es un satélite moderno satélite modelo FS-1300X, que por su diseño ofrece grandes beneficios. Es capaz de generar 14.1 KW (BOL) con un total de 60 transpondedores que dan servicio en las bandas C y Ku con diferentes coberturas:

- ➔ Banda C: Estados Unidos, Sudamérica y continental
- ➔ Banda Ku: NAFTA y continental, con un haz de alta potencia sobre las principales ciudades de Sudamérica

Beneficios adicionales:

- ➔ Reducción del tamaño de antenas
- ➔ Linealizador en cada canal
- ➔ Coberturas configurables
- ➔ Alta potencia den Sudamérica y el Caribe

Satélite Satmex 6	Banda C 36 MHz			Banda Ku 36 MHz	
Cobertura C	C1 CONUS	C2 Sudamérica	C3 Continental	Ku-1 NAFTA	Ku-2 Continental + haz regional en Sudamérica
PIRE a la orilla de la cobertura	40 dBW	39 dBW	38 dBW	49 dBW	Continental: 46 dBW Sudamérica: 49 dBW
Número de transpondedores	12	12	12	12 fijos + 6 conmutables	6 fijos + 6 conmutables
G/T a la orilla de la cobertura	0.0 dB/K	-1.5 dB/K	-3.0 dB/K	+1.5 dB/K	Continental: -3.5 dB/K Sudamérica: -0.5 dB/K
Densidad de flujo en saturación a la orilla de la cobertura	98 dBW/m <sup>2</sup>	98 dBW/m <sup>2</sup>	98 dBW/m <sup>2</sup>	98 dBW/m <sup>2</sup>	Continental: -98 dBW/m <sup>2</sup> Sudamérica: -98 dBW/m <sup>2</sup>
Redundancia	16:12	16:12	16:12	16:12	16:12
Potencia (nominal)	42 W	33 W	47 W	150 W	250 W
Rango del atenuador	0 a 15 dB en pasos de 1 dB			0 a 20 dB en pasos de 1 dB	
Tolerancia de deriva	+ 0.05° N-S + 0.05° E-W				
Inicio de operación	Principios de 2003				
Vida útil estimada	15 años				

Tabla 2.5.6 Especificaciones Técnicas del Satmex 6

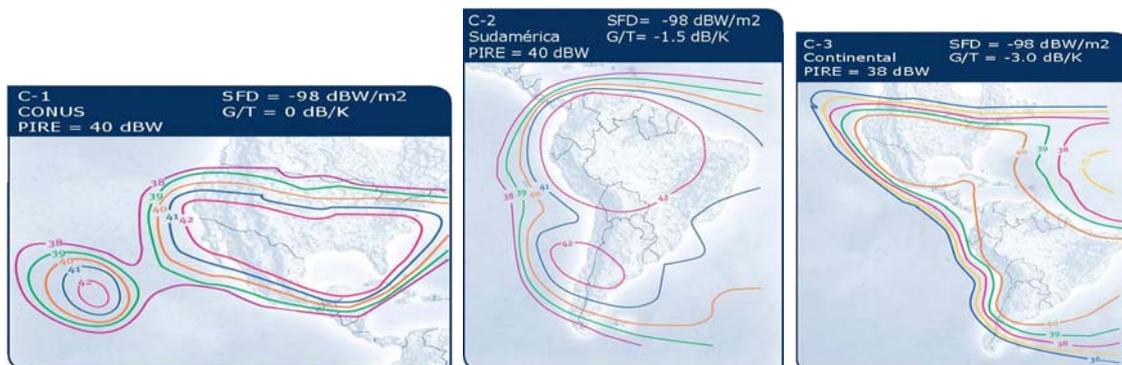


Figura 2.5.5 Cobertura Satmex 6 Banda C Región C1 Conus, C2 Sudamerica y C3 Continental

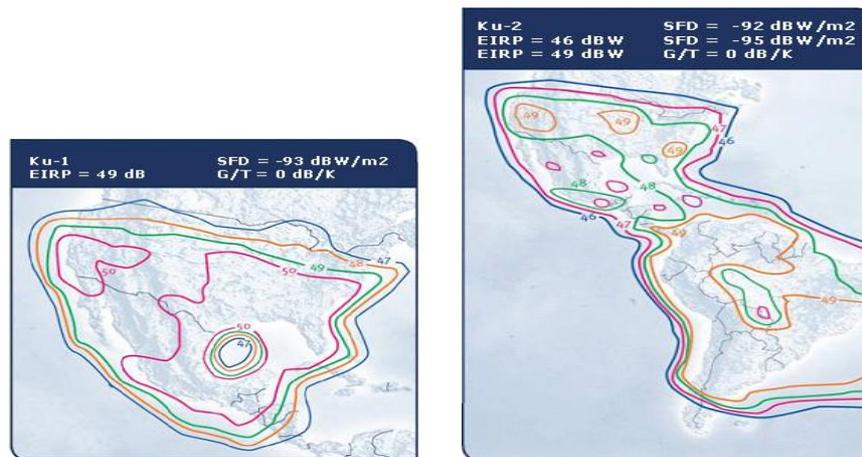


Figura 2.5.6 Cobertura Satmex 6 Banda Ku Región Ku1 NAFTA y Ku2 Continental

### **Cobertura Satmex 5**

La tecnología DigiCipher II, opera a través del satélite Satmex 5, Transpondedor 24 C, el cual presenta una cobertura de tipo Continental. El satélite Satmex 5, para la Red Edusat utiliza una polarización horizontal y opera para los decodificadores con tecnología DVB.

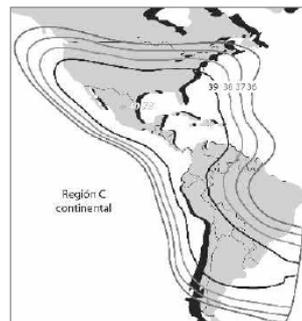


Figura 2.5.7 Cobertura actual Satmex 5

## **2.6 RECURSOS SATELITALES**

### ***Bandas de Frecuencias Utilizadas en la Comunicación Satelital***

Las bandas de frecuencia utilizadas en los satélites son designadas al igual que el espectro radioeléctrico, en donde existe reglamentación de acuerdo con la posición geográfica de los usuarios, nación, servicio y otros factores.

La banda C destinada al tráfico comercial, en ella se asignan dos intervalos de frecuencia, el más bajo para tráfico de enlaces descendentes y el superior para tráfico de enlaces ascendentes. La banda Ku proporciona más potencia que la C y, en consecuencia, el plato de la antena receptora puede ser más pequeño, del orden de 1.22 metros de diámetro, aunque la cobertura es mayor. Esta banda presenta un problema con la lluvia, ya que el agua absorbe las microondas cortas. La banda Ka también se le asignó un ancho de banda para tráfico comercial por satélite.

Los satélites geoestacionarios que proporcionan servicios fijos, permanecen fijos para transmitir o recibir la señal de servicio. Para tal caso, el satélite posee un equipo denominado transponder, que recibe señales de tierra y las retransmite luego de procesarlas. En la actualidad se utilizan algunas designaciones para la banda Ku, tal como:

- ➔ FSS banda inferior 10,7-11,7 GHz polarización lineal horizontal o vertical
- ➔ DBS (SRS) 11,7-12,5 GHz polarización circular derecha o izquierda
- ➔ FSS banda superior 12,5-12,75 GHz polarización horizontal o vertical

<i>Designación</i>	<i>Rango de Frecuencia aproximada (GHz)</i>	<i>Servicios usuales por satélite</i>
<i>VHF</i>	30-300 MHz	Mensajería
<i>UHF</i>	300-1000 MHz	Militar, navegación móvil
<i>L</i>	1-2 GHz	Móvil, radio localización y radio broadcast
<i>S</i>	2-4 GHz	Móvil, navegación
<i>C</i>	4-8 GHz	Fijo
<i>X</i>	8-12 GHz	Militar
<i>Ku</i>	12-18 GHz	Fijo, video broadcast
<i>K</i>	18-27 GHz	Fijo
<i>Ka</i>	27-40 GHz	Fijo, video broadcast, intersatelital
<i>m/m ondas</i>	>40 GHz	Intersatelital

Tabla 2.6.1 Bandas de Frecuencias

### **Cobertura de Antena**

La cobertura de la antena montada al satélite hacia la Tierra, puede ser hemisférica, continental o zonal, esto dependiendo del diseño de la antena y del tipo de satélite del que se trate (internacional o doméstico). Cabe mencionar que las antenas están diseñadas para cubrir simultáneamente una vasta región o/y pequeñas zonas (spot) en la Tierra.

El re-uso de frecuencia en una misma banda, se logra por medio de la distribución de canales en distintas polaridades, además puede utilizarse con irradiaciones separadas. Con esta técnica se multiplica efectivamente el ancho de banda del transponder disponible para la comunicación por medio de factores de re-uso.

En la siguiente figura se expone una parte de la disposición de frecuencias y polaridades en los transponders del satélite satmex 5, otorgando con ello una factibilidad de re-uso de frecuencia.

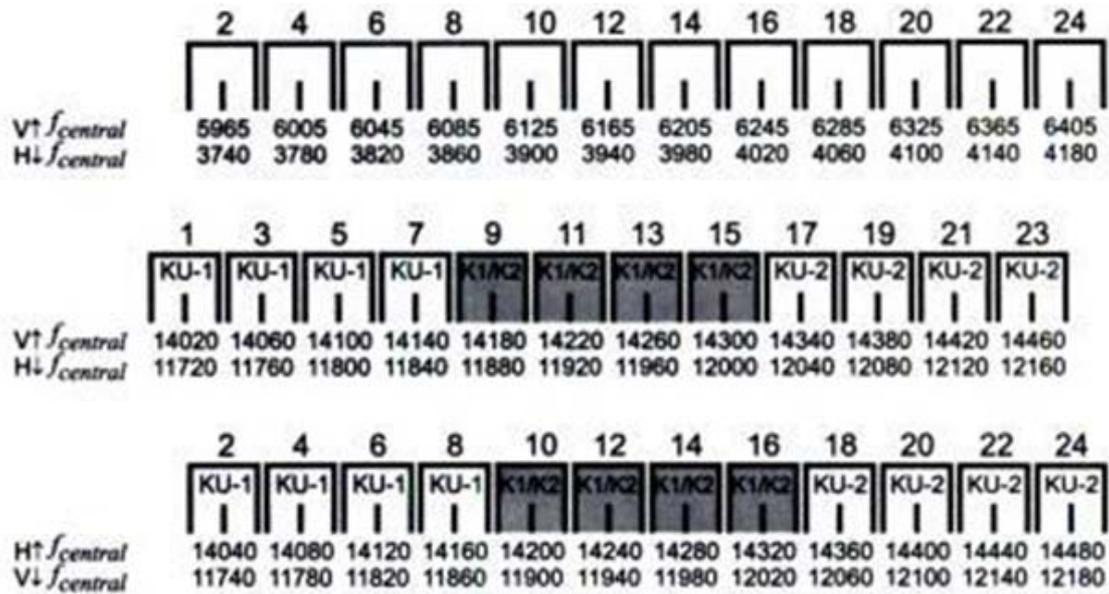


Figura 2.6.1 Plan de Frecuencias y Polarización del Satélite Satmex 5 de la Banda Ku. Las Frecuencias Centrales de Subida y Bajada están en GHz.

Como puede observarse en el plan de frecuencias, los transponders están dispuestos en diferentes bandas de frecuencia para los enlaces ascendentes y descendentes, así como polarización vertical y horizontal.

### **Asignación de los Recursos de Transmisión del Satélite**

Existen tres métodos básicos por medio de los cuales los recursos del satélite de comunicación pueden ser asignados para diferentes usos:

- En frecuencia. Acceso múltiple por división de frecuencia
- En tiempo. Acceso múltiple por división de tiempo.
- Asignación de códigos diferentes. Cada usuario es identificado por medio del rastreo del espectro (spread-spectrum) de las señales codificadas, o por el acceso múltiple por división de código.

### **Técnicas de Acceso Múltiple al Satélite**

Acceso múltiple se define como las técnicas en donde simultáneamente más de un par de estaciones terrenas pueden comunicarse entre sí a través de los canales satelitales usando un simple transponder. Esto es, la técnica de acceso usada será para explotar la ventaja de geometría del satélite, siendo este el núcleo de la red satelital.

El acceso hacia el transponder puede ser por una simple portadora o por múltiples portadoras, éstas pueden ser moduladas por banda base sencilla o múltiple, lo cual incluye señales de voz, datos o video. Los sistemas utilizados para codificar y modular en un sistema de acceso ya se mencionaron arriba. Aunque existen muchas y variadas implementaciones específicas de sistemas de acceso múltiple, existen tres tipos fundamentales.

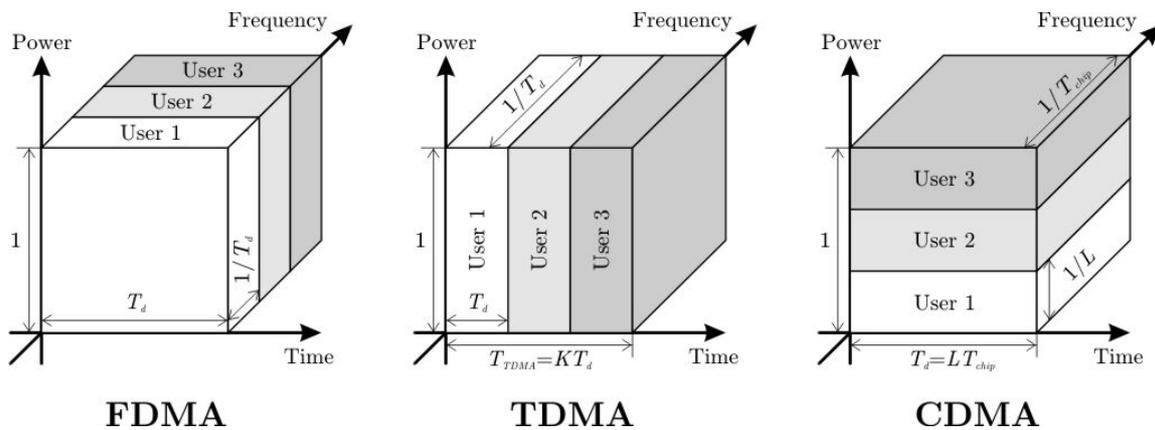


Figura 2.6.2 Métodos Múltiples de Acceso Satelital

**Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)**

Este sistema se canaliza al transponder usando una sola portadora por canal. El ancho de banda asociado con cada estación terrena puede ser tan pequeño como el requerido para un canal de voz sencillo. FDMA puede usarse para cualquier transmisión analógica o digital, y en cualquier modo continuo o por tramas. A las transmisiones de cada estación terrena se le asignan bandas de frecuencias específicas, para los enlaces de subida y bajada, para el canal del satélite; estos se pueden pre asignar de acuerdo a la demanda. Su uso es en servicios ocasionales.

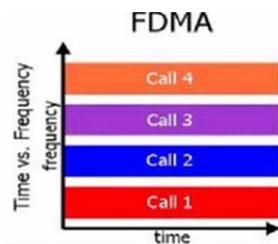


Figura 2.6.3 FDMA

**Múltiple Canal por Portadora MCPC Digital**

Empleado en las telecomunicaciones de satélites comerciales, el MCPC (Multiple Channel Per Carrier) digital se utiliza para la transmisión de señales de banda base codificada digitalmente. La información de banda base por cada portadora consiste típicamente de trenes de bits PCM-TDM. En EUA las señales son construidas utilizando la jerarquía T, en Europa la jerarquía CEPT, empleándose múltiples de canales de 64 Kbps.

La señal multiplexada es modulada sobre portadoras digitales empleando típicamente la modulación PSK, estas portadoras van en el mismo transponder y son compatibles con FDM/FDMA, las cuales no requieren de pulso de sincronización sino de una frecuencia de coordinación, típica del sistema FDMA. El uso del TDM (multiplexión por división de tiempo) en banda base, permitiendo un acceso temporizado de las señales de tierra compensando los intervalos de ausencia de señal con la introducción de otras señales en su momento.

El MCPC trabaja con una relación C/N estandarizada según el ancho de banda total que ocupa todo un paquete de señales de televisión multiplexadas como se muestra en la siguiente tabla:

Características de transmisión de datos de salida MPEG 2 Mbps	Relación del código interno convencional	Velocidad de símbolos de portadora MBPS	C/N
23,754	$\frac{1}{2}$		4.1 dB
31,672	$\frac{2}{3}$		5.6 dB
35,631	$\frac{3}{4}$	25,776	6.8 dB
39,590	$\frac{5}{6}$		7.8 dB
41,570	$\frac{7}{8}$		8.4 dB

Tabla 2.6.2 C/N del MCPC

Por las características de los servicios prioritarios de señales de TV, la señal a transitar por el satélite es de televisión digital y se opta por la técnica de acceso MCPC (múltiples señales por portadora). Siendo esta técnica la más adecuada para transmitir una cantidad considerable de canales de televisión por una sola portadora.

Para tal efecto debemos considerar las diferentes velocidades a las cuales se comprime el video y el audio en forma digital y utilizada para la transmisión vía satélite, son las recomendadas por MPEG2, como se exponen en la siguiente tabla:

Aplicación	Velocidad de información Mbps
Deportes	4.008
Películas	3.456
Noticias	1.520
Retransmisión calidad de estudio	8.000
Audio monoaural	0.128
Audio estéreo por canal	0.256
Datos adicionales	0.960
Control del servicio	0.1536
Bits adicionales	% 15 de la suma total

Tabla 2.6.3 Recomendaciones de MPEG2

### **Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)**

Es caracterizado por el uso de una portadora por transponder modulada digitalmente, es también donde el ancho de banda asociado a la portadora típicamente es la totalidad del ancho de banda del transponder. Esto lleva a tope la velocidad de bit factible en el mismo. La velocidad de bit total de la portadora (de red) es el tiempo distribuido entre un determinado número de estaciones terrenas, es decir, es el resultado de la suma del tráfico total producido por la comunicación entre ellas, todo en unidad de velocidad de información.

La velocidad en cada estación terrena nunca podrá exceder la velocidad de la portadora de red. Sin embargo cada una de ellas puede transmitir su información en tramas de datos, acorde a la velocidad común (en todas ellas) y ajustadas con la portadora de red pre asignada. Para lograr este objetivo se recurre a las ranuras de tiempo, ciertamente los requerimientos de temporización deben ser críticamente planeados para cierto sistema donde acontecerá la cadena, particularmente porque el satélite está en movimiento sigiloso y constante en una modalidad de ondulación. Aunque la ventaja primaria del TDMA es realizada en el arreglo de

una simple portadora por transponder, hay casos donde el ancho de banda de la TDMA puede ser una fracción del ancho de banda del transponder.

En el caso del enlace de televisión digital se utiliza la técnica de acceso múltiple por división de tiempo TDMA. Asigna el ancho de banda entero de la portadora a un usuario pero en diferente tiempo.

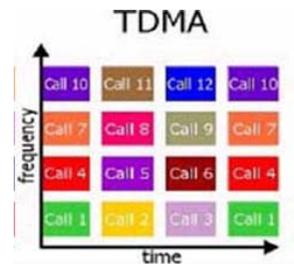


Figura 2.6.4 TDMA

### **Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)**

Esta técnica también utiliza modulación digital en la portadora. No obstante, cada estación terrena transmite simultáneamente en una alta velocidad convenida, con cada mensaje, fuente única de forma tal que solamente el destinatario permitido con el decodificador apropiado puede recibir el mensaje. La velocidad de portadora está principalmente constituida por tiempos de velocidad de fuentes individuales y ocupa típicamente la totalidad del ancho de banda del transponder. Ofrecen un amplio ahorro de energía y ancho de banda estando presentes todos los canales todo el tiempo en el transponder en la misma portadora, con diferente código.

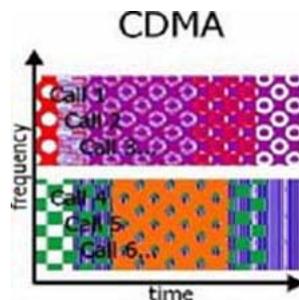


Figura 2.6.5 CDMA

### **Protocolo de Acceso Múltiple Aloha**

El protocolo Aloha se considera un sistema igual a igual, separa los canales uplink y downlink, existiendo varios tipos de Aloha. Uno de ellos se ajusta al protocolo de detección de colisiones por escucha de portadora (Aloha aleatorio). Otro utiliza un sistema de ranurado con prioridades (Aloha ranurado).

La idea básica del protocolo es, simplemente la transmisión de un paquete de datos en cualquier momento en el que se tengan datos que enviar. Esto hace que la probabilidad de que el paquete se destruya por colisión con los datos de otro usuario sea muy alta. Sin embargo, los usuarios pueden monitorear el canal, saber si sus datos han colisionado con otros paquetes.

Un método para mejorar el rendimiento del canal es el denominado Aloha Ranurado. En este caso el eje temporal se divide en intervalos discretos que corresponden con un paquete y se

llaman ranuras. Ahora el usuario no puede transmitir sus datos en el momento en que quiera, sino que tiene que esperar hasta el comienzo de una nueva ranura. La probabilidad de colisión disminuye puesto que ésta solo se puede producir en el comienzo de una ranura y podemos tener la seguridad de que un paquete que se ha empezado a transmitir bien, completará la transmisión de manera correcta.

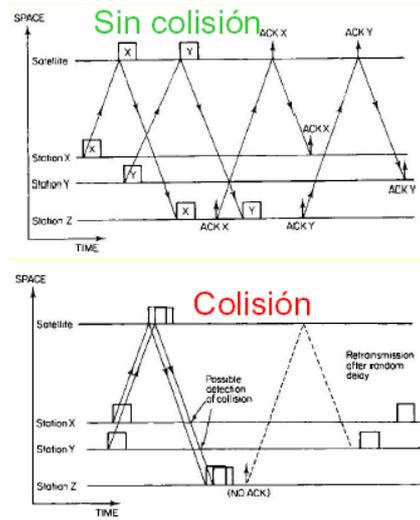


Figura 2.6.6 Aloha Puro y Aloha Ranurado

### Descripción de la Estación Maestra

Se describe como estación terrena a la terminal de transmisión o recepción de señales de un enlace de telecomunicaciones vía satélite. La configuración general de la estación terrena no es muy diferente de la terminal de radio de microondas. Aquí la señal sufre atenuación por pérdida en el espacio libre (en valores cercanos a 20 dB), ya que la onda portadora viaja en una trayectoria aproximada de 36,000 Km, misma que constituye el enlace entre la estación y el satélite.

La estación maestra o "HUB" es el punto de conexión común para dispositivos dentro de la red. Está formada por una estación de mayores dimensiones, que una estación remota, disponiendo de una antena de unos 6.9 metros de altura y 5 metros de diámetro. Hace la gestión de la red de estaciones remotas y constituye el punto de entrada a la red satelital.

En dirección de transmisión del HUB a las estaciones remotas es determinada como "outroute" (ruta de salida), mientras que la transmisión de las estaciones remotas al HUB es determinada como "inroute" (ruta de entrada).

La infraestructura de una estación terrena incluye todos los locales, edificios y obras de ingeniería civil, aunque pueden ser también móviles. Su tamaño depende del tipo de estación y de los servicios que cursa la estación terrena. Según la regulación de INTELSAT define ocho tipos de estaciones.

- Norma A. Funcionan en la banda C y están equipadas con antenas de diámetro superior a 15 metros, amplificadores de muy bajo ruido, amplificadores de gran potencia en transmisión. Pueden cursar cualquier tipo de tráfico y pueden adaptarse a cualquier incremento o modificación del tráfico.

- ➔ Norma B. Funcionan también en la banda C y poseen antenas de tamaño medio (unos 11 metros), y con cadenas de comunicaciones para la transmisión y recepción bastante sencillas. Solo son rentables cuando se limitan a capacidades de tráfico pequeñas o medias.
- ➔ Norma C. Funciona en la banda de 14/11 GHz, con antenas de 11 metros, de diámetro y se utilizan normalmente en transmisiones de alta capacidad.
- ➔ Norma D. Funcionan en la banda C y están diseñadas en forma específica para ofrecer un servicio básico de satélite a las comunidades rurales y alejadas.
- ➔ Norma E. Funcionan en la banda de 14/11 GHz, o de 14/12 GHz. Y su tamaño es desde 3.5 a 10 metros, son diseñadas para servicios comerciales de INTELSAT totalmente digitales IBS destinadas a ofrecer redes de servicios integrales para las aplicaciones de servicios comerciales internacionales y nacionales.
- ➔ Norma F. Funciona en la banda C y el tamaño de su antena va desde 5 a 10 metros, diseñadas para servicios IBS totalmente digitales destinadas a ofrecer redes de servicios integrales para las aplicaciones de servicios comerciales internacionales y nacionales.
- ➔ Norma G. Funcionan en las bandas de 6/4, 14/11 o 14/12 GHz y tienen una amplia gama de tamaños de antenas. Las características de calidad de funcionamiento no incluyen los siguientes parámetros: PIRE máximo por portadora, método de modulación, factor de calidad G/T, ganancia de transmisión y calidad de canal.
- ➔ Norma Z. Se utiliza en aplicaciones nacionales, funcionan en las bandas 6/4, 14/11 o 14/12 GHz, tienen una amplia gama de tamaño de antenas. Las características de calidad de funcionamiento no incluyen los siguientes parámetros: PIRE máximo por portadora, método de modulación, factor de calidad G/T, ganancia de transmisión y calidad de canal.

El propietario/usuario de la estación terrena tiene gran flexibilidad y libertad para decidir el mejor diseño de transmisión conforme a sus necesidades.

### ***Subsistema de Banda Base***

En el caso de nuestro estudio y para el tipo de transmisión y equipo que se empleara, el sistema de banda base es el siguiente. En este subsistema se realizará la función de codificación, compresión (MPEG-2), multiplexaje, modulación y respaldo del audio y video. Se compone de:

**Encoder FVE-140.** Su función básica es: codificación, compresión (MPEG-2) y la multiplexación de la señal de audio y video analógico. Puede trabajar a tasas de transmisión para una señal digital de video de 1.5-15Mbps o hasta 50Mbps.

Es un manejador y es el encargado de interconectar los componentes de hardware, su objetivo dentro de la red es centralizar, controlar, configurar y monitorear cada uno de los componentes, permitiendo a los operadores acceder al sistema de una manera fácil y rápida.

### ***Funciones de Modulo TX / Rx***

Recibe la temporización (secuencia cronometrada) del modulo oscilador maestro "MOM" y distribuye la temporización dentro de la red.

Funciones outroutes: Acumula la trama bit outrout, tráfico constante de tramas, monitoreo de la señal outrout recibida, detecta el encabezamiento de la trama, ajusta el tiempo de referencia acordado en la ruta de la salida.

Funciones inroute: Emisión a través de los demoduladores por lo paquetes de datos inroute, realiza el procesamiento de datos inroute, envía los paquetes de inrout.

La señal outrouit de estación remota es de 512 Kbps y las inroutes son de 128 Kbps. Tanto la información de usuario, como la de control des sistema, se envía en ambos sentidos mediante un protocolo de nivel 2 llamado ODLIC (Optimum Data Link Control).

### **Subsistema IF**

En esta parte del sistema se llevará a cabo la conversión, amplificación y transmisión de las señales de audio y video.

Su función básica es la de enviar la trama MPEG-2, que viene del encoder o del remultiplexor, después de modularla es enviada hacia algún medio de transmisión como coaxial, fibra óptica o satélite, con la posibilidad de diferentes esquemas de modulación, QPSK, 8PSK y 16 QAM. Soporta diferentes velocidades de símbolo desde 1.5 hasta 68Mbps.

### **Convertidor de Subida (Upconverter)**

Su función básica es realizar un cambio de frecuencias, de baja frecuencia IF que puede ser 70MHz o 140MHz a alta frecuencia RF para la cadena ascendente que podrá ser frecuencia de subida en banda C (5925-6425 MHz) o en banda Ku (14000-14500), La señal de IF es ecualizada realizando varas etapas mezcladoras y teniendo diferentes valores de oscilador local y pasándola por filtros pasa banda, para la definición del ancho de banda específico y no mezclar señales no deseadas.

La IF se mezcla con la frecuencia del oscilador local de 70 MHz, más baja que la frecuencia de salida y se convierte en la señal RF requerida, en la sección de RF hay un filtro pasabanda con un ancho de banda de 40 MHz y un filtro de rechazo para suprimir la fuga de frecuencias del oscilador local.

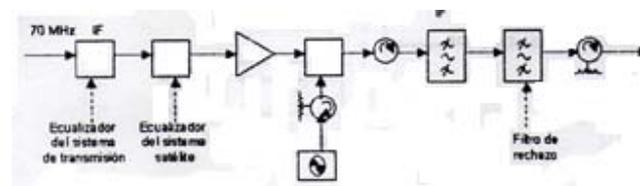


Figura 2.6.7 Upconverter

### **Convertidor de Bajada (Downconverter)**

Transforma las señales de radiofrecuencia de 11-12 GHz a señales de frecuencia intermedia de 70 Mhz. Estas señales se trasladan seguidamente de la banda base del demodulador.

Los convertidores de bajada contienen los siguientes elementos: Filtro RF, mezclador, oscilador local, amplificador de IF, filtros IF, ecualizador de retardo de grupo.

La señal de entrada de recepción pasa a través de un filtro, con una anchura de banda de 500 MHz, entra a un mezclador donde se combina con la frecuencia del primer oscilador local y se traslada a la primera frecuencia intermedia. La primera IF pasa a un filtro de ancho de banda de 40 MHz y es convertida a una señal de 70 MHz en el segundo oscilador local.

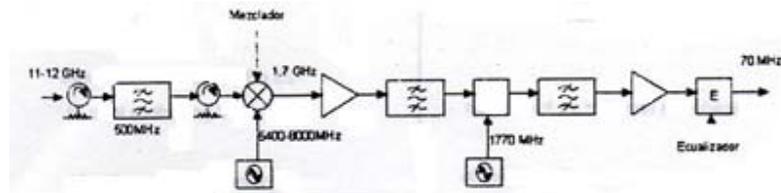


Figura 2.6.8 Downconverter

### Enlace Básico de RF

En el lado transmisor en enlace de RF inicia a partir del equipo convertidor ascendente, en el cual se lleva a cabo el establecimiento de la frecuencia de transmisión requerida para llegar al satélite, con las características de codificación y modulación requeridas, de acuerdo al tipo de tráfico y técnica de acceso a la red. La potencia para que la portadora llegue hasta el satélite es dada por medio del amplificador de alta potencia (HPA).

El segmento espacial involucra solamente al satélite y su sistema de comunicaciones en su papel de receptor activo, convertidor de frecuencia y transmisor. La portadora que proviene de la estación terrena transmisora, incide en la antena de recepción del satélite, y después de su conversión a la frecuencia de bajada, es transmitida por otra antena hacia la estación terrena receptora.

El lado receptor está constituido por el amplificador de bajo ruido LNA (instalado siempre en el foco de la antena), tiene la tarea de minimizar los efectos del ruido sobre la señal de RF recibida desde el satélite, así como la conversión de la portadora hasta su presentación en banda base para ser entregada al usuario final.

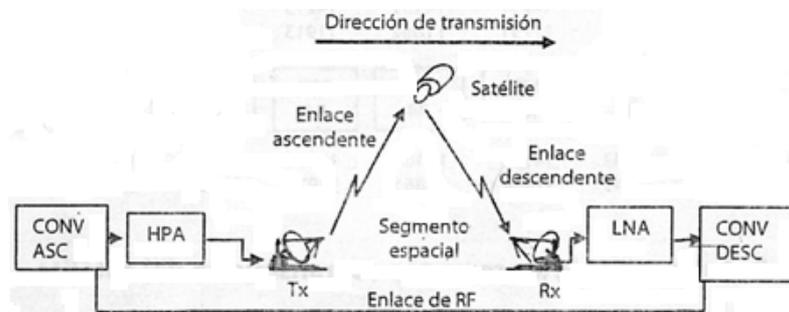


Figura 2.6.9 Enlace básico de RF

## 2.7 ARQUITECTURA DE REDES SATELITALES

### Estructura General

Por medio de los sistemas satelitales se pueden establecer servicios públicos completos hasta el usuario final. Un sistema de satélite o un solo satélite se emplean para establecer la transmisión y la recepción de señales de características específicas, dentro de una sola red o un número indeterminado de estas de telecomunicación independientes, a un conjunto determinado de estaciones.

Los satélites diseñados para la comunicación de servicios múltiples y los de servicio específico tienen la facilidad para permitir la operación de redes con características muy diversas, usualmente utilizado en forma exclusiva la capacidad de comunicación de los mismos en anchura de banda y potencia que requiera cada una de ellas, en una porción de la parte del espectro de frecuencias que tienen asignada.

La red más pequeña puede contar con solo dos estaciones terrenas y la más grande con varias de ellas. Sin embargo, una red pequeña puede ocupar más capacidad del satélite que una red mucho mayor en número de estaciones debido al tipo de señales que utilice y a la magnitud y tipo de tráfico que maneje.

Una red privada permite que un usuario enlace su propio tráfico de datos a una oficina en una ciudad y sus sucursales a otras ciudades por medio de un satélite de cobertura nacional. Cuando un usuario no desea adquirir las estaciones para establecer una red privada propia, se puede recurrir a los servicios de otra que preste servicios públicos a través de lo que se conoce como "Estación Maestra Compartida" que puede formar parte de un telepuerto, al cual tienen acceso diversos usuarios por medio de enlaces terrestres.

Cada red se diseña para las necesidades propias de los usuarios que contratan la capacidad de un sistema de satélites, ya sea para señales de video, audio, datos o una combinación de ellos. Existen varios tipos de arquitectura de redes.

### ***Punto a Punto***

En cobertura regional, o global con compatibilidad de interconectividad y configuración de comunicación (una o dos vías). Cada estación transmite en una frecuencia diferente al satélite (uplink) y recibe en otra (downlink) que corresponde a la transposición de la frecuencia de transmisión de la otra estación realizada en el repetidor del satélite en que operan.

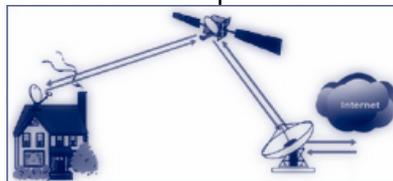


Figura 2.7.1 Comunicación Punto a Punto

### ***Punto-Multipunto***

Puede utilizarse como Bidireccional (Todas las estaciones en la misma cobertura, banda de frecuencia, con un estudio previo de tráfico que definiendo el tipo de acceso ya sea voz y datos) y de solo Recepción (Transmisora y receptoras en la misma cobertura, banda de frecuencia y tipo de tráfico).

Todas las estaciones de destino reciben la señal en la misma frecuencia al no haber en la red otras señales que se requieran recibir selectivamente. A mayor potencia enviada por la estación transmisora, mayor será la potencia recibida por las antenas receptoras y menor el diámetro requerido de sus reflectores.

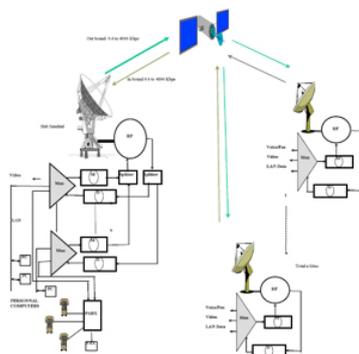


Figura 2.7.2 Comunicación Punto a Multipunto

**Estrella**

Misma cobertura, banda de frecuencia y tráfico. Un caso común de comunicación punto a punto corresponde a una estación maestra (HUB) desde la cual se establecen varios enlaces de este tipo con varias estaciones remotas (Vsat), cada una de las cuales se comunica solo con la maestra. Los enlaces del HUB con cada Vsat son independientes y les permiten cursar simultáneamente tráfico bidireccional utilizando frecuencias diferentes para cada uno a fin de evitar interferencias entre ellos.

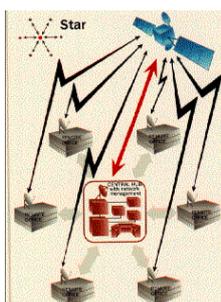


Figura 2.7.3 Red en Estrella

**Malla**

Esta topología es más eficiente con técnicas de acceso por división de código, ahorrando energía del satélite, ancho de banda, rehusó de frecuencia, tiempo, etc. Traducido en costos. Cualquiera de las estaciones puede fungir como maestra.



Figura 2.7.4 Red Malla

***Red VSAT (Very Small Aperture Terminals)***

Son redes de comunicación satelital que permiten el establecimiento de enlaces entre un gran número de estaciones remotas con pequeñas antenas, con una estación central conocida como HUB.

Un consumidor final puede recibir muchos servicios con la misma infraestructura, datos, TV, educación a distancia, música, publicidad, etc.

## CAPITULO III

### ELEMENTOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

El sistema de comunicación para la transmisión de nuestra señal es multifuncional ya que se puede usar el sistema conocido como Single Channel Per Carrier o el Multi Channel Per Carrier. El Single Channel per Carrier (único canal por portadora SCPC). Es una tecnología ampliamente utilizada en el campo de las telecomunicaciones por satélite, que permite la transmisión de datos, voz, video. Consiste en transmitir una señal digital en una frecuencia fija, llamada portadora, se requieren dos portadoras para establecer un enlace en una topología punto a punto. La unidad terrestre SCPC consta de una unidad externa que incluye una antena y un sistema transmisor que incluye el amplificador de potencia (HPA), el amplificador de bajo ruido (LNA) y el Up/Down Converter.

Una unidad interna que integra un módem satelital con tarjeta moduladora, demoduladora, dispositivo de control y circuitería de procesamiento de señal e interfaz para interconexión con el usuario. Una estación maestra o HUB SCPS consta de equipo de radiofrecuencia (RF) y equipo de banda base, el equipo de RF incorpora una antena estándar amplificadores de señal de alta potencia (HPA), convertidores de subida para controlar la transmisión al satélite y convertidores de bajada que controlan la recepción de las señales.

El sistema SCPC puede integrar los siguientes servicios:

- ➔ Voz
- ➔ Datos
- ➔ Videoconferencia
- ➔ Internet
- ➔ Voz y datos sobre Frame Relay
- ➔ Internet Asimétrico
- ➔ Voz por demanda

El sistema SCPC ofrece:

- ➔ Servicio de transmisión dedicado. (Full-Time)
- ➔ Soporte de múltiples topologías (punto-punto, puntomultipunto)
- ➔ Alta confiabilidad
- ➔ Integración de voz/fax, datos y video
- ➔ Recomendable para redes pequeñas (2-8 sitios)
- ➔ Alta velocidad (mayor a 64KBps)

El Multi Channel per Carrier (multi canal por portadora MCPC). Se refiere a la multiplexión de varios canales de datos digitales en un flujo de bits digital común, que luego se utiliza para modular una única compañía que ofrece todos los servicios para el usuario final.

La única compañía soporta múltiples canales de comunicación, de ahí el término "múltiples canales por portadora". Estos canales pueden ser de vídeo, audio, telefonía y servicios de datos. MCPC El término se utiliza con frecuencia en el contexto de la DVB (Digital Video Broadcasting), donde la señal digital está compuesta, denominado MPEG-2 Transport Stream o multiplex DVB. MCPC es un subproducto de SCPC, combinada con convencionales TDM de voz y datos multiplexado.

Múltiples canales por portadora es el método más popular de las comunicaciones por satélite en el desregulado los mercados internacionales impulsado por las demandas de los usuarios.

Los elementos que conforman nuestro sistema de comunicación son: Antena Flyaway Fa-180, FVE-140 Encoder (Modulador/demodulador), Receptor DVB (digital video Broadcast), Monitor de Video a color trinitron PVM-14N5A, Analizador de espectros, Amplificador de alta potencia (HPA) y Cámara de televisión, debemos hacer notar que para éste elemento se le asigno un apéndice general, ya que la cámara puede ser analógica, digital u otra, por lo que su uso y generalidades se explican de manera general en dicho apéndice.

### 3.1 ANTENA FLYAWAY FA-180

La antena flyaway, es una estación terrena móvil o portátil que opera dentro de la banda Ku. El armado de la antena es relativamente fácil ya que todos los componentes o la mayoría de ellos se ensamblan por medio de broches.

El plato reflector se forma por la unión de 8 pétalos. Cuenta con dos módulos de forma octagonal, uno de ellos forma la base, las patas de la antena se colocan en sus extremos y tiene la facilidad de ajustarse a las irregularidades del terreno, dentro de este modulo también se guardan los pétalos.

Sobre este modulo se coloca el segundo, el cual forma la base de la antena, cuenta con un sistema para el ajuste de los ángulos de Azimut y elevación y polarización, en su base se encuentra una burbuja que nos sirve de nivel para que la antena este estable. En esta misma base se colocan los pétalos.

El brazo donde se coloca el LNB, se forma al unir las dos partes que lo conforman, uno de sus extremos se fija en la base de la antena y el otro tiene la función de sostener al LNB.

Adicionalmente la antena cuenta con una guía de onda que se conecta al HPA (Amplificador de Alta Potencia), el cual nos proporcionara la potencia necesaria para el envío de nuestra señal.

La antena tiene una dimensión de 1.8 metros y necesita una alimentación de AC de 120-240 volts.

Consta de los siguientes componentes:

Ocho pétalos, cada uno de ellos cuenta con un clip lateral para unirse y sujetarse entre si, y de esta manera formar el plato reflector.



Figura 3.1.1 Pétalos

Un brazo de alimentación superior (en forma de L), cuenta con dos grapas de alimentación, una para unirse al brazo inferior y otra para la unión con el LNB, se sujeta por medio de un par de clips que se encuentran a sus costados.



Figura 3.1.2 Brazo L

Un brazo de alimentación inferior (en forma de S), cuenta también con dos grapas de alimentación, una para la unión con el brazo superior y la otra para la unión con la base del plato reflector, que se encuentra en la caja que forma la base del HUB. La sujeción del brazo es por medio de clips laterales.



Figura 3.1.3 Brazo S

Cuatro soportes (patas) en dos estuches, que se unen a la base por medio de grapas y una mariposa. En una de ellas existe un orificio en el cual se introduce un tornillo con una base circular la cual será la que haga contacto con la superficie, esta base se puede ajustar tanto en elevación como en movimientos horizontales hasta lograr que la burbuja de nivel se encuentre en un rango óptimo.



Figura 3.1.4 Soportes

Una caja octagonal que sirve de base para montar el HUB. Esta misma sirve para guardar y transportar los pétalos del plato reflector, las patas de la base, los brazos superior e inferior y otros artículos. En sus costados se montan las cuatro patas que darán estabilidad a toda la estructura.



Figura 3.1.5 Caja (base)

El HUB, se encuentra dentro de una caja también de forma octagonal. Este modulo contiene la base del plato reflector, el sistema de apuntamiento (ángulo de azimut, elevación y

polarización). En un costado presenta una burbuja de nivel para que la antena este lo mas cercana posible al plano horizontal.



Figura 3.1.6 HUB

Para ajustar la elevación se cuenta con una escala visible de elevación con valores en grados que van de 0° a 90°. Esta escala se encuentra junto a la burbuja de nivel, cuenta con un seguro para dejar fijo el valor requerido.



Figura 3.1.7 Elevación

Para el ángulo de Azimut, en la parte central del HUB se encuentra un disco graduado con la escala de polarización la cual se fija a la base por medio de cinco tornillos allen. Para poder mover la antena y fijarla en el valor requerido, se cuenta con una manivela que se une por un costado de la caja, al darle vuelta el HUB comienza a girar y de esta manera se ajusta.

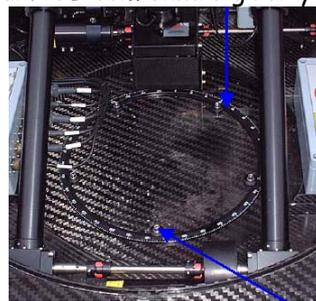


Figura 3.1.8 Ángulo de azimut

La polarización, en la base inferior del plato parabólico se encuentra el sistema de polarización, junto con este, la conexión de la guía de onda que se sostiene y une por medio de cuatro tornillos y está conectado al HPA. Existe también un disco graduado en escala para seleccionar el valor requerido. En el costado izquierdo de este modulo se encuentra una manivela que se gira para lograr la polarización deseada.



Figura 3.1.9 Polarización

### ***Ensamble de la Antena***

La antena FA-180 se proporciona en dos cajas de fibra de carbono, cubiertas y para poder ser transportadas en maletas de lona.



Figura 3.1.10 Cajas que contienen los elementos de la antena

Las maletas de lona se retiran para dejar al descubierto las cajas.  
Se remueven los clips que se tienen a los costados para poder retirar las tapas.



Figura 3.1.11

La caja que servirá de base, en su interior contiene los pétalos del plato reflector y los distintos accesorios para el ensamble total de la antena.



Figura 3.1.12

Las cuatro patas se sacan de sus bolsas para colocarse en los costados de la caja que funcionara como base del HUB.



Figuras 3.1.13 y 3.1.14

Al colocar las patas de la antena se verifica la burbuja de nivel y se ajusta en caso de ser necesario moviendo las patas de la base.



Figura 3.1.15 Burbuja de nivel

El HUB (segunda caja) se coloca sobre la primera de manera alineada, en el centro del plato reflector se observa la grapa en donde se colocara uno de los brazos (en forma de S).



Figuras 3.1.16 y 3.1.17

Se retira la protección de la grapa de unión con los brazos y el LNB. Y se procede a su ensamble. Primero se coloca el brazo en forma de "S", posteriormente el brazo "L" y finalmente el LNB.



Figuras 3.1.18, 3.1.19 y 3.1.20

Al costado del plato reflector se comienzan a colocar los 8 pétalos que quedarán unidos por medio de broches en sus costados.



Figuras 3.1.21 y 3.1.22

Finalmente la antena queda completa. En espera de su alineación de acuerdo a los parámetros que hayamos calculado y se requieran para realizar nuestro enlace.



Figura 3.1.23 Antena armada

### **3.2 FVE-140 ENCODER (MODULADOR/DEMODULADOR)**

El encoder es el encargado de realizar las funciones de decodificación, compresión, multiplexión, etc. Para la correcta recepción y envío de las señales ya que dentro de él se encuentra toda la electrónica necesaria para ello. En él se puede seleccionar la frecuencia tanto de subida como de bajada, la modulación, dar o quitar ganancia, enviar portadora limpia, solo por mencionar algunas de sus funciones. El encoder recibe la información o la envía por medio de un cable que está unido al LNB.

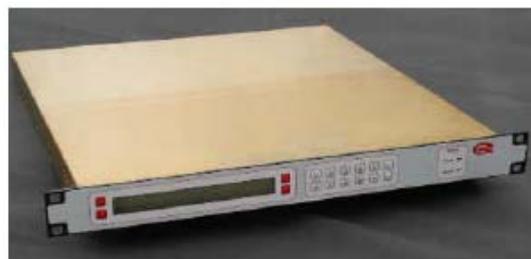


Figura 3.2.1 Encoder

### **Descripción General**

El FVE-15 es un Modulador-Demodulador que funciona en un rango de 70 MHz, el Encoder comprime la señal en el sistema MPEG, utiliza la Banda L y la Banda KU en el convertidor de subida (Upconverter).

Todos los módulos se controlan en un panel de LCD, en él se despliega un menú con el cual se da entrada al sistema.

La unidad opera con un suministro de AC.

Presenta 4 señales de audio analógico y 1 señal de video analógico que puede conectarse al encoder, alternativamente, puede incorporársele una interfaz digital (SDI) la señal de audio y video se presentan multiplexadas digitalmente.

Cuenta con entradas y salidas analógicas, permite conexiones en cascada, multiplexa la señal en sistema MPEG antes de la modulación.

El sistema MPEG utiliza los formatos 4:2:0 y 4:2:2.

### **Conectores**

Audio

Video, SDI, ASI,  
70 MHz de salida.

AC

Banda de salida Ku

### **Especificaciones**

3 Conector XLR Hembra

Conectores BNC de 75 Ohms de salida y entrada

Conector BNC de 50 Ohms

Conector de entrada IEC

Socket tipo N

Entrada de Ac

Protección de Ac

86 a 264 volts AC, 40 a 400 Hz

Vivo y Neutro, fusible de 1 amper

Banda de salida KU

Potencia de Salida KU

13.750 a 14.500 GHz

-35 a +5 dBm (ajustable en pasos de 0.5 dB)

### **Entrada Compuesta**

	PAL	NTSC
Características De la señal	625 líneas PAL-B 525 líneas PAL-M (monocromática)	525 líneas NTSC-M (monocromática)
Calidad	Broadcast 4:2:2 o 4:2:0 configurable	
Nivel de entrada	1v pico-pico nominal +/- 5%	
Pérdida de retorno	>30 dB (arriba de 6 MHz)	
Ancho de Banda de Luminancia	5.5 MHz	
Ancho de Banda Cb, Cr	Depende del sistema	
Señal a Ruido	>55.6 dB	
Pulso de respuesta	<1.0%K	
Error	1%	
Error de transmisión Y/C	10 ns	
Jitter en un campo	+/- 2.5 ns	
Ganancia Diferencial	<1%	
Phase Diferencial	<1 grado	
Convertidor de video	10 Bits ADC 5 líneas adaptables	
Amarre de Video	DC rango de amarre (-1 a 3 volts)	

**Video**

Modo	MP@ML o 422P@ML
Tasa de Bits de MP@ML	1.5-15 Mbits/Seg 4:2:0 directamente del canal
Tasa de Bits de 422P@ML	3.0-50 Mbits/Seg directamente del canal
Resolución horizontal	480 líneas en 525 líneas (NTSC) 576 líneas en 625 líneas (PAL)
Tasa de trama	29.97 Hz (NTSC), 25 Hz (PAL)
Modos de retraso	Modo de retraso estándar <200 ms Retraso bajo <100ms
Longitud normal	12 o 15 (8 Mbits)
Selecciones en el menú de video. Entradas de video	NTSC NTSC sin pedestal SDI 525 líneas SDI 625 líneas PAL Barras de color 625 líneas Barras de color 525 líneas
Razón de aspecto	4:3 16:9
Encoder selección menú Setup	
Auto	On/Off
Mbps	
Modo	Estándar de resolución baja
Resolución Horizontal	720/704

**Entradas de Audio**

Entradas analógicas	Análogo externo o Embebido por SDI
Canales externos de audio	2 entradas estéreo configurables a monoaural o estéreo
Tipo de señal	Análoga
Impedancia de entrada	20K $\Omega$
Línea nominal	0 dBu
Exactitud a 0 dBu	1KHz: +/- 0.2dB 20Hz-63Hz: +/- 0.5dB 100Hz-16KHz: +/- 0.1dB 20KHz: 0 - 1.0dB
Diafonía @ 0dBu	50Hz-100Hz 80dB 100Hz-15Hz 60db
Señal a ruido (referencia de 1 KHz de tono)	> 0 = 66dB
Codificación de audio	MPEG, MPEG2, Leyer II (Musicam)
Tasa mínima de bits de audio	128 Kbits/canal, 384Kbits-estereo
Sincronización de Audio/Video	10mseg a -30mseg
Tono de prueba	880Hz

Entradas de Audio A y B, selección en Setup

Se presentan varios submenús en la pantalla para lo siguiente:

On/Off

Entradas	Audio embebido SDI 1(2 para el canal B)
	Tono de prueba
	Entradas analógicas (Canales 1 & 2 o 3 & 4 para Audio B)
Modo	Estéreo
	Mono
Bps	128 a través de 384 Kbps

### **Especificaciones de Modulación**

Modulación	QPSK o 16QAM
FEC	$\frac{1}{2}$ , $\frac{2}{3}$ , $\frac{3}{4}$ , $\frac{5}{6}$ , $\frac{7}{8}$
Intervalos de guarda	$\frac{1}{32}$ , $\frac{1}{16}$ , $\frac{1}{8}$ , $\frac{1}{4}$
QPSK Symbol rate	26.7 Msym/seg
16QAM FEC	$\frac{3}{4}$
16QAM Symbol rate	15.9 Msym/seg

### **Operación**

El encoder es controlado por medio de menús. Para simplificar la operación en la pantalla se visualiza la salida en banda Ku. Esta es la pantalla más usada y contiene la información de la frecuencia y potencia de salida final.

Menú principal:

➔ Frequency	Band
➔ Power up	Power down
➔ Power	Enter
➔ Setup	Retur

### **Frecuencia**

Esto selecciona la frecuencia y el cursor parpadea. Las flechas de izquierda y derecha del panel numérico permiten cambiar la posición del cursor y seleccionar la frecuencia deseada.

Una vez seleccionado el dígito el cursor se mueve al siguiente valor. Una vez que el valor de la frecuencia es el indicado se presiona el botón ENTER.

Si existe algún problema el encoder presenta una señal de alarma por un lapso de 15 segundos borrando el display, transcurrido el tiempo el display regresará a su tono normal.

La frecuencia se coloca lo más cercano a 25KHz usando el convertidor ascendente. Para un valor más preciso de la frecuencia se auxilia del menú setup y se selecciona Modulator.

En esta sección se puede modificar el valor a 70MHZ en intervalos de 100 Hz hasta tener la frecuencia requerida.

### **Banda**

La unidad requiere seleccionar la banda de interés C, Ku o DBS. Al seleccionar la banda automáticamente se posicionan los cambios de frecuencia uno a uno dependiendo de la selección de banda.

### **RF Power Up/Power Down**

Estos botones controlan la atenuación de salida. Esta es a 46.5 dB en un rango de atenuación de +5dBm a la salida y baja hasta -41.5dBm. Cuando cualquier límite de los rangos es alcanzado e display indicara que cualquier límite, superior o inferior fue alcanzado.

Durante su operación, cuando se cambia la frecuencia de salida el nivel de la señal se reduce al mínimo. El usuario debe incrementar la ganancia para obtener la deseada. Para garantizar que el satélite no tendrá problemas con una frecuencia incorrecta.

Con los botones Up y Down en la unidad, se puede aumentar o disminuir el nivel de la señal.

Se debe hacer notar que colocando el nivel demasiado alto, se puede causar la distorsión de la señal y los armónicos se incrementan considerablemente. Debe tenerse cuidado cuando se ajusta el nivel de salida de la señal.

La selección de ajustes de video es más amigable en el encoder. El ajuste para el video se selecciona en el menú Setup. Ahí se proporcionaran los datos necesarios y se presiona enter para validar los valores.

Al encender el encoder, se debe seleccionar el en menú funciones avanzadas para acceder al Encoder Mode y no en el modo ASI. De no ser así no se podrá acceder a los diferentes menús. Cuando se tiene ya el menú Modulador es necesario asignar la salida a 70 MHZ.

Al seleccionar todo el menú del encoder se puede acceder a las siguientes ventanas:

Audio	Advanced
Video	General
Encoder	Enter
Modulator	Return

### **Encoder Selección Menú Setup**

Auto	On/Off
Mbps	
Modo	Estándar de resolución baja
Resolución Horizontal	720/704

### **Modulador Selección Menú Setup**

Mbps	(Mega símbolos por segundos)
Frecuencia (MHz)	70.000 (Normal)
FEC	$\frac{1}{2}$ , $\frac{2}{3}$ , $\frac{3}{4}$ , $\frac{4}{5}$ , $\frac{5}{6}$ , $\frac{6}{7}$ , $\frac{7}{8}$
Polaridad de Modulación	Normal/Invertida

El Encoder funciona con un suministro de energía convencional:

Input: 100-240 V ~ 50/60 Hz

O mediante su pila interna la cual proporciona energía suficiente para una transmisión ininterrumpida de casi 6 horas. Esto hace que todo el sistema de comunicación sea muy versátil puesto que se puede manejar en regiones alejadas sin ningún tipo de problema energético.

### **Conexiones, Panel Trasero**

Conectores de Audio-Balanceado

Conector XLR

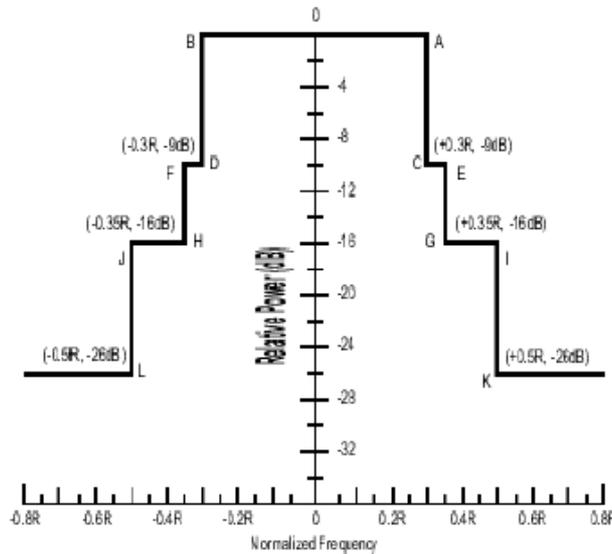
Pin	Function
1	Ground/Screen
2	High
3	Low (connect with Pin 1 for unbalanced)

Conectores auxiliares

Pin	Function
1	Screen/ground
2	TX Data (coming from unit)
3	RX Data (going to unit)
4	N/C (Not connected)
5	N/C
6	N/C
7	N/C
8	N/C
9	N/C
10	N/C
11	Screen/ground
12	TX Data (coming from unit)
13	RX Data (going to unit)
14	N/C
15	N/C
16	N/C
17	N/C
18	N/C
19	N/C
20	N/C
21	N/C
22	N/C
23	N/C
24	Summary Alarm - Common
25	Summary Alarm - Signal

N/C = no conectar

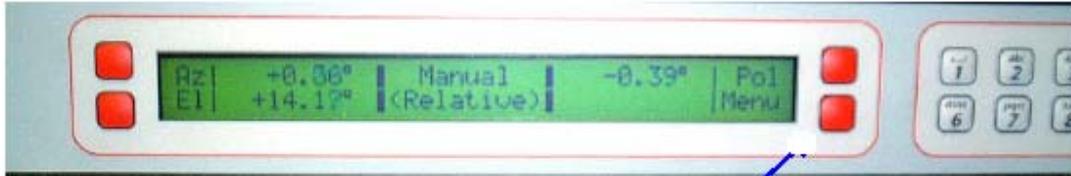
**Espectro de crecimiento**



Note:  
 - The transmission rate R is defined (Figure 1) as the bit rate entering the modulator after the application of Forward Error Correction (FEC) coding and including overhead bits.  
 - 0 dB relative power corresponds to the maximum power density.

## Operación del Encoder (Menú)

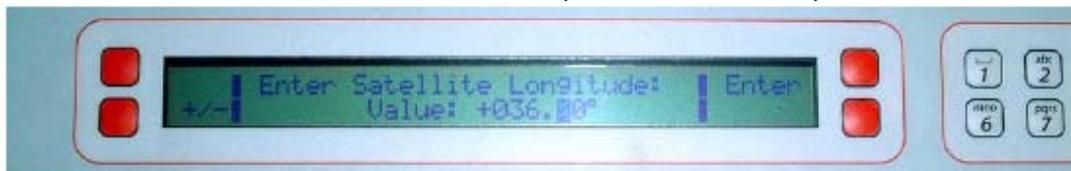
Presionar el botón de menú



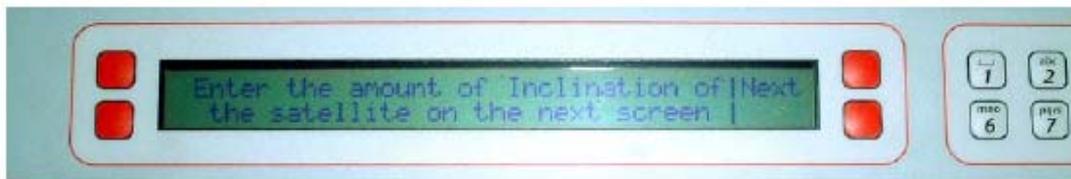
Presionar el botón toggle para introducir los datos



del satélite. Polarización (vertical u horizontal).

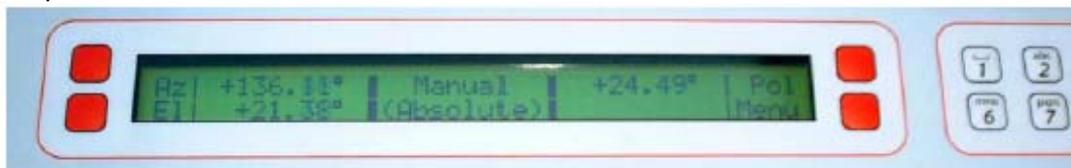


El valor de la longitud.



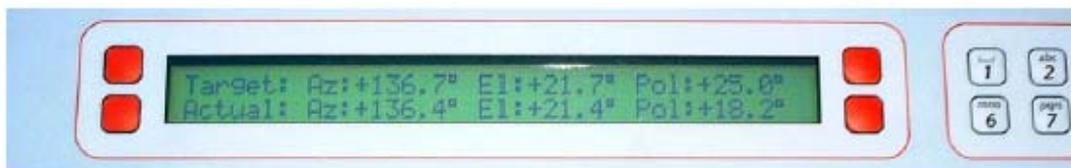
Y la inclinación.

Se presiona el botón Next y nos despliega la siguiente ventana para poder asignar los valores correspondientes.



Angulo de Azimut, Elevación y Polarización.

Todos los valores se asignan por medio del panel numérico y para dejarlos fijos se presiona el botón de ENTER



Una vez que todos los valores se han introducido, la antena y el encoder están en posición para poder realizar la transmisión de manera correcta.

### **3.3 RECEPTOR DVB (Digital Video Broadcast)**

En el proceso para establecer una comunicación será imprescindible mencionar a un emisor o transmisor que envía la señal, un medio o canal que es por donde se propaga la información, y un receptor que recibe la señal.

El receptor es un dispositivo que nos permite percibir la señal enviada desde una estación transmisora, ya sea en forma alámbrica, a través de conductores, o en forma inalámbrica a través del espacio, este dispositivo recibe la señal compuesta por ondas electromagnéticas de tipo analógica o digital.

En el mercado de las telecomunicaciones hay una amplia variedad de decodificadores (receptores) disponibles. Cada marca y modelo tiene una apariencia distinta y presenta características diferentes en la calidad de la imagen y del sonido.

Los decodificadores que se utilizan en la Red Edusat son Marca Zinwell, modelos ZDX-7100CI y ZDX-7100IRCI que reciben y procesan las señales del satélite con la más avanzada tecnología para la descompresión digital; ofrecen una excelente calidad en la imagen y sonido a través de la recepción digital; además de ser equipos estéticos con una impresionante simplicidad para su manejo.

Todos estos equipos están contruidos bajo normas estrictas y diversas pruebas de laboratorio.

#### **Principales Características del DVB**

Las características que presenta este formato son:

- Como sistema de compresión de audio y video, se emplea el estándar MPEG-2.
- Proporciona técnicas de Modulación y métodos de Codificación para corrección de errores en sistemas por satélite, terrestres y por cable.
- Proporciona formatos para inserción de datos en el canal de transmisión.

Todos los productos DVB cumplen una serie de características, de manera que sus estándares han de ser:

- Abiertos: los estándares DVB, una vez publicados, están disponibles para cualquier persona en todo el mundo, independientemente del lugar en el que se hayan desarrollado.
- Interoperabilidad: cualquier sistema DVB ha de ser compatible con otro sistema DVB. Además, tienen la posibilidad de ser trasladados de un medio a otro de forma sencilla. Por ejemplo, las señales DVB se mueven fácilmente del satélite al cable y del cable al sistema terrestre. El siguiente esquema muestra la facilidad con que una señal DVB-S para satélite puede ser transmodulada en una señal DVB-C para cable.

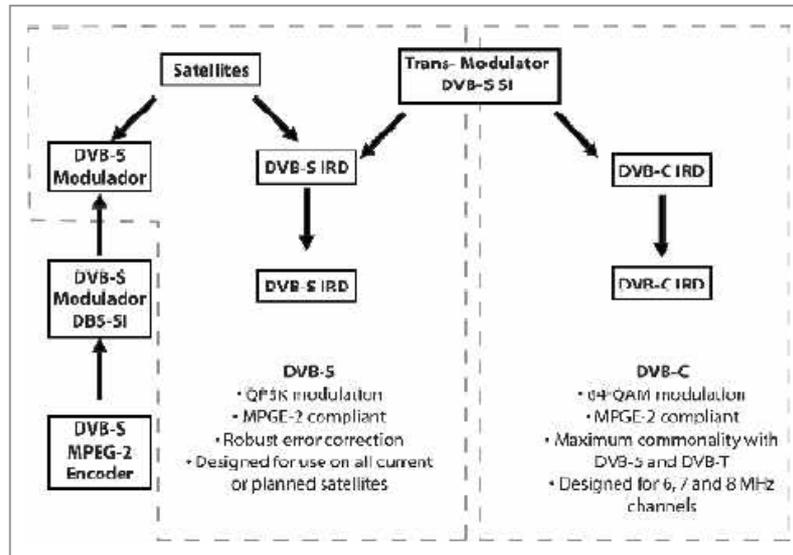


Figura 3.3.1 DBV

La interoperabilidad permite a los fabricantes conseguir una economía de escala. Esto implica la posibilidad de utilizar un conjunto de elementos comunes para todos los sistemas de difusión. El sistema DBV presenta:

- 16 canales de televisión por transponder
- Compresión de video con MPEG-2
- Soporta televisión NTSC y PAL
- Servicios de datos (síncronos 115 Kb/seg)
- Audio MPEG Layer I y II o Musicam
- Multiplexamiento estadístico y fijo
- Encriptación
- Codificación FEC
- Modulación QPSK

Digital Video Broadcast usa la tecnología de compresión digital de video con los estándares internacionales JPEG y MPEG, ya que se diseñó principalmente para comprimir video con calidad de difusión a 4-6 MHz, de modo que abarcara un canal de difusión NTSC o PAL.

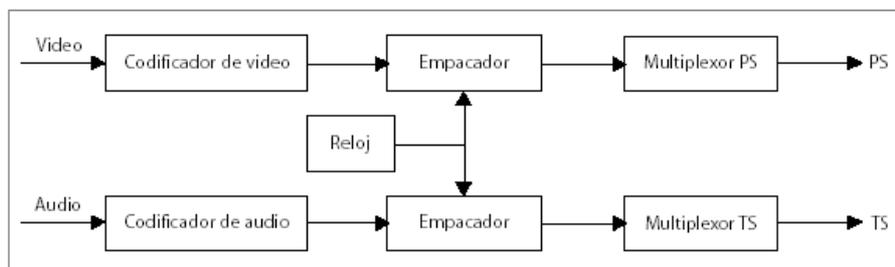


Figura 3.3.2 DVB Multiplexación de dos corrientes en MPEG-2  
 PS (paquetes de longitud variable, base de tiempo común)  
 TS (paquetes de longitud fija, base de tiempo común)

### **Componentes de un Decodificador**

El decodificador es el dispositivo encargado de convertir la señal captada por el LNB para que pueda observarse en el televisor. Está compuesto por un convertidor descendente, una etapa de frecuencia Intermedia (IF) final, un demodulador, un procesador de video y audio, y en la mayoría de los casos, de un modulador integrado.

#### **Convertidor Descendente**

Éste reduce la frecuencia a una frecuencia Intermedia (IF) final, generalmente 70 MHz, y recibe corriente del sintonizador para escoger el canal.

#### **Demodulador**

Este circuito procesa la señal de televisión modulada en FM del satélite a una forma llamada señal de banda base. Esta señal contiene toda la información original de audio y de video.

#### **Procesadores de Video y Audio**

El procesador de video entrega a un amplificador la información de la banda base de video entre 0 y 4.2 MHz. El procesador de audio selecciona de una subportadora escogida la información de audio.

#### **Modulador**

El modulador retransmite las señales de audio y video de forma digital a analógica para que pueda ser entendida por una TV convencional; es decir, la señal modulada se convierte nuevamente a su forma original.

### **Tipos y Modelos de Decodificadores Utilizados en la Red EDUSAT**

Los tipos de receptores para TV satelital que existen son: analógicos y digitales. En los receptores digitales, el tipo de tecnología es lo que hace la diferencia entre los modelos, así los modelos ZDX-7100CI y el ZDX-7100IRCI, utilizados en la Red Edusat usan la tecnología DVB y pueden recibir de los satélites Solidaridad II y del satélite Satmex 5.

### **Modelos Utilizados en la Recepción de la Señal EDUSAT**

Marca	Modelo
Zinwell	ZDX-7100CI
Zinwell	ZDX-7100IRCI

Tabla 3.3.1 Receptores Zinwell

### **Decodificador Digital Marca Zinwell, Modelos ZDX-7100CI y ZDX-7100IRCI. Características Generales**



Figura 3.3.3 Receptor Zinwell

Estos modelos cuentan con un sistema integrado que combina, en un solo gabinete, al decodificador de señales digitales, la fuente de poder y el control de polarización. El equipo despliega en pantalla diferentes menús, que facilitan el uso del mismo, escribiendo paso a paso cada operación.

**Aprobaciones**

Los equipos han sido aprobados por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) así como por el Underwriters Laboratory (UL), la Comunidad Europea (CE), entre otros.

**Instalación: Conexiones del Panel Trasero del Decodificador**

Conector	Función
IF IN	Conector tipo "F" hembra para entrada del conector del cable que viene del LNB, por medio de este conector se recibe la señal y se proporciona el voltaje necesario para que pueda operar el LNB.
IF OUT	Conector tipo "F" hembra para salida de la señal proveniente del LNB, por medio de este conector se puede enviar señal a otro equipo receptor como el DCI.
Salida de audio R (derecho) e L (izquierdo)	Estos conectores de tipo RCA (derecho e izquierdo), se utilizan cuando se conecta el decodificador a un equipo auxiliar de sonido o cuando se conecta a un solo televisor, ya que las salidas de video y audio son independientes. El nivel de volumen no puede controlarse desde el decodificador, pero sí desde el equipo auxiliar o televisor.
Mono	Salida de audio monoaural con conector tipo RCA
Video	Salida de video con conector tipo RCA
SVHS	Conector especial con formato S-Video para mejor recepción de Imagen.
Antenna In	Conector tipo "F" hembra utilizado para conectar el cable de la antena aérea VHF (local), o el de la antena UHF.
TV Out	Conector tipo "F" hembra utilizado para conectar el cable coaxial a la entrada (VHF) de un televisor.
AC In	Entrada para cable con clavija polarizada de 2 terminales para alimentar de corriente (90 a 260 VCA, 50 a 60 Hz) al decodificador. Utilice esta clavija solamente en contactos de pared polarizados (una de las terminales de la clavija es más ancha que la otra).
TV	Terminal Scart (Europea) para la conexión de un televisor. Actualmente no tiene aplicación en la Red Edusat
Data Port	Terminal de Puerto serial para la transmisión Recepción de datos vía satélite. Actualmente no tiene aplicación en la Red Edusat

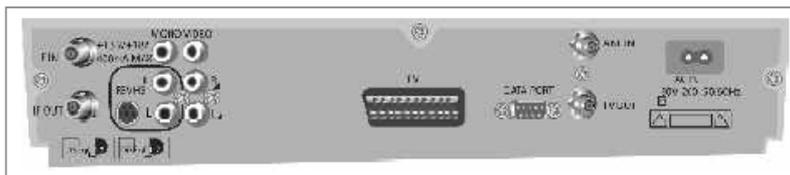


Figura 3.3.4 Panel trasero del decodificador ZDX-7100CI

### Diagrama de Conexión del Decodificador a un Televisor

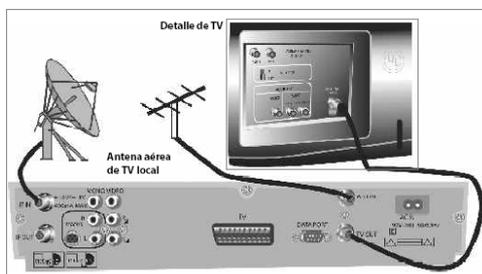


Figura 3.3.5

Para todas las conexiones que se hagan del decodificador a otros aparatos, se utilizará cable coaxial RG-6 o RG-59.

### Uso: Funciones de las Luces Indicadoras y Botones del Panel Frontal del Decodificador Zinwell

#### Funciones de las Luces Indicadoras

Luz	Función
Luz de señal	Enciende una luz roja cuando el decodificador no está recibiendo una señal satelital.
Pantalla luminosa	Despliega el número del canal que se está observando.

#### Funciones de los Botones del Panel Frontal

Botón	Función
Power	Enciende y apaga el decodificador.
OK	Da la orden de ejecutar.
Exit	Regresa al menú anterior.
Menú	Proporciona Acceso al menú principal del decodificador.
P+ / P-	Control de canales. P+ Cambia al canal inmediato superior; P- cambia al canal inmediato inferior.
V+ / V-	Control de volumen. V+ para aumentar el volumen; V- para disminuir el volumen del decodificador.

#### Ventilación y Sobrecalentamiento de Componentes

Todas las aberturas y ranuras en el chasis del decodificador sirven para ventilar y proteger el equipo contra el sobrecalentamiento. Estas aberturas no deben ser bloqueadas o tapadas con ningún objeto. El decodificador no debe ser instalado cerca de fuentes de calor, en muebles o repisas que no cuenten con una ventilación adecuada; éstos deben tener estabilidad para evitar que el receptor se caiga y sufra daños.

### ***Toma de Corriente Aterrizada***

El equipo sólo debe ser conectado a un contacto con el tipo de corriente adecuada.

El receptor tiene una clavija polarizada para corriente alterna como medida de seguridad, el contacto tiene que ser adecuado a ésta; no lime la terminal ancha de la clavija ni utilice adaptadores. Evite utilizar en la medida de lo posible extensiones eléctricas.

### ***Protección contra Sobrecargas***

No conecte equipos o aparatos eléctricos al mismo circuito eléctrico utilizado para el sistema de la Red Edusat, ya que esto puede provocar un incendio por corto circuito.

### ***Protección contra Variaciones de Voltaje***

Utilice siempre reguladores de voltaje o supresores de picos para proteger al decodificador de las variaciones de voltaje y picos de corriente.

### ***Cuando los decodificadores no encienden***

Verifique que el decodificador esté conectado y que el contacto tenga corriente. Si esto no funciona, desconecte el decodificador, espere un minuto, vuelva a conectarlo e intente encenderlo de nuevo; recuerde que después de conectarlo a la corriente eléctrica tendrá que esperar aproximadamente 40 segundos para poder encenderlo.

### ***Cuando no hay Imagen o Sonido en los Decodificadores DVB***

Verifique todas las conexiones y asegúrese de que el decodificador y la televisión se encuentren sintonizados en el mismo canal (3 o 4). Si la falla no se encuentra en otros elementos de equipo, el decodificador se encuentra bloqueado; realice entonces la siguiente secuencia, para ello es indispensable el uso del control remoto.

### ***Secuencia de Revisión para los Decodificadores DVB.***

#### ***Cuando no hay Imagen en Pantalla***

Recuerde que todos los equipos de la Red Edusat están programados para que desplieguen la señal en el Canal 3 del Televisor, si nota que no hay señal, seleccione el canal 4 en el televisor y realice la siguiente rutina:

- ➔ Oprima el botón MENU del control remoto.
- ➔ Con los botones de navegación seleccione el inciso AJUSTE GENERAL y actívelo con el botón OK.
- ➔ Seleccione el inciso AJUSTE DE TV con los botones de navegación y actívelo con el botón OK. Ahora, revise que la casilla marcada como TIPO DE TV se encuentre en el formato NTSC, en caso contrario auxíliese con los botones de navegación flecha izquierda o flecha derecha y el botón OK para realizar el cambio.
- ➔ Oprima el botón de navegación flecha abajo dos veces y verifique que en la casilla NO. DE CANAL UHF esté seleccionado el Canal 3, en caso contrario auxíliese con los botones de navegación flecha izquierda o flecha derecha y el botón OK para realizar el cambio.
- ➔ Cambie de canal el televisor para ver la señal que envía el receptor.
- ➔ Oprima el botón EXIT del control remoto tres veces para salir de todos los menús.

## ***Especificaciones Técnicas del Decodificador Zinwell, Modelo ZDX-7100CI***

### **IF Input:**

Frequency: 950 ~ 2150 MHz  
Input Level: -25 ~ -65 dBm  
Connector: F-Female \*2  
Demodulator: QPSK  
Symbol Rate: 2 ~ 45 MS/s  
\* IF Loop Through

### **Video Output:**

Formats: MP @ ML  
Aspect Ratio: 4:3 / 16:9  
Picture Resolution: 720 x 576, 720 x 480  
Output System: NTSC/PAL  
Connector: RCA / SCART/ S-Video

### **Audio Output:**

Formats: MPEG (Layer I y II)  
Sample Rate: 32/44.1/48 KHz  
Mode: Mono / Stereo / Dual  
Connector: RCA / SCART

### **RF Modulator:**

System: PAL-I/B/D/G/K(NTSC/PAL-CN)  
Channel: Ch.21~69 / (Ch.3~4)  
Return Loss: 6 dB max. 75 Ohms  
Audio: Mono  
Connector: IEC / (F-type)  
By Pass Bandwidth: 45~862MHz

### **LNB Control:**

Polarized Control: 13/18 V DC (350mA max), Short Circuit Protection  
Band Switching: 0/22 KHz

**DiSEqC:** 1.0 & 1.2

**Channel Capacity:** 3500 Ch maximum

**Common Interface:** One Pair of common interface socket CI

**Front Panel:** IR Receiver

5 function Keys

Four digit 7-segment displayer

Two step PCMCIA socket for DVB Common Interface

**Rear Panel:** Loop through tuner without secondary satellite receiver

2 set of RCA Audio port (L/R)

1\*RCA of Video port

1\*RCA with Mono and L/R audio

1 S-VHS Video port

1 SCART for TV

1 SCART for VCR

1 SCART for Aux

PLL Re-modulator

9-PIN RS232 Data Port

**Power Supply:**

Input Voltage: 90 ~ 260 VAC, 50 ~ 60 Hz

Consumption (Max.): 40 W

**Dimension:**

W xD xH (mm): 360 x 250 x 65

Weight (Kg): 3.1Kg

**General Data:**

Operating temperature: 5°C ~ +40°C

Storage Temperature: -40°C ~ +65°C

### **3.4 MONITOR DE VIDEO A COLOR TRINITRON PVM-14N5A**

La televisión es un sistema para transmitir imágenes en movimiento y sonido a larga distancia. Las señales transmitidas del emisor al receptor son ondas electromagnéticas de radio frecuencia; estas ondas tienen una trayectoria rectilínea como la luz, y para transmitir las a grandes distancias es preciso hacerlas pasar por repetidores de televisión o utilizar satélites artificiales que los retransmitan.

Los monitores de televisión que reciben señales de audio y video en banda base proveniente de un satélite, tienen una mayor calidad de imagen que los que reciben señal abierta, debido a la tecnología empleada para la transmisión de dichas señales.

Imagen: Tubo de imagen trinitron de paso fino, proporciona una imagen de alta resolución. La resolución horizontal genera más de 500 líneas de TV en el centro de la imagen. Cuando se reciben señales de video NTSC, se activa un filtro de peine que proporciona una separación Y/C más exacta, lo que permite frenar la disminución de la resolución y la diacromía. El circuito de realimentación de corriente del haz interno garantiza un balance de blancos estable. El monitor puede mostrar señales NTSC, PAL y SECAM. El sistema de colores adecuado se selecciona de forma automática.



Figura 3.4.1 Monitor de Video

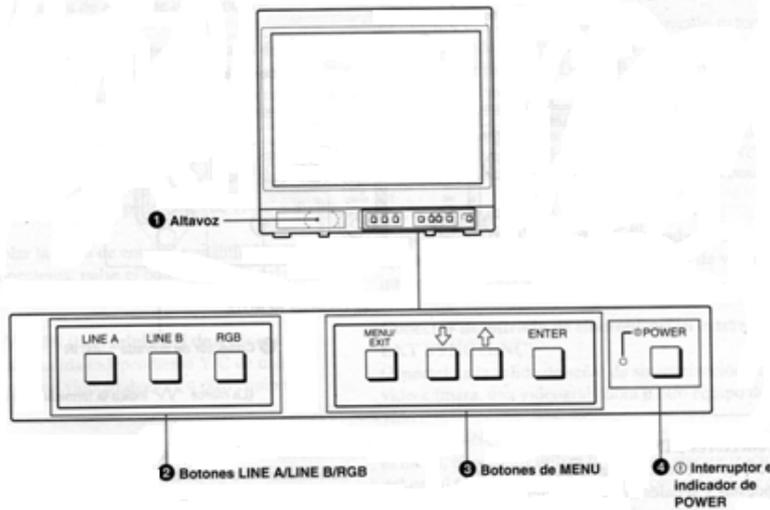


Figura 3.4.2 Panel frontal

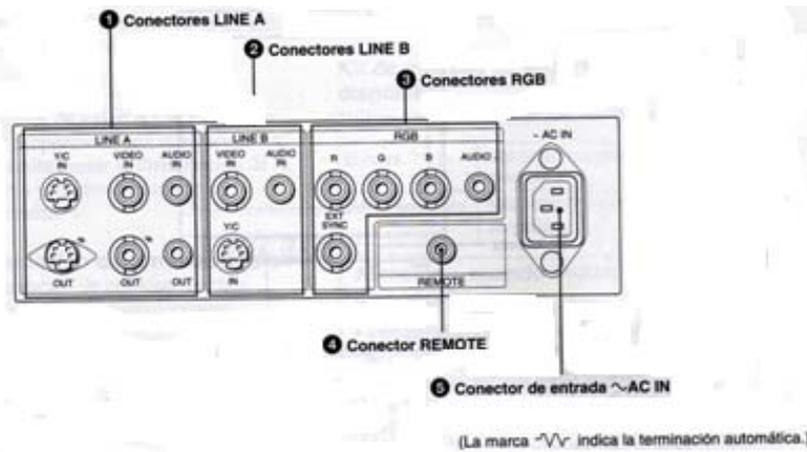


Figura 3.4.3 Panel trasero

**Conectores LINE A**

Conectores de entrada para señales de vídeo compuestas y señales independientes de vídeo y audio Y/C y sus conectores de salida derivados.

**Conectores LINE B**

Conectores de entrada para señales de vídeo compuestas y señales independientes de vídeo y audio Y/C.

**Conectores RGB**

Conectores de entrada RGB analógicos para las señales R/G/B, las señales de sincronización externas y las señales de audio.

**Conector REMOTE**

Toma de entrada de línea. Este conector funciona de la siguiente manera:

Abierto: Si está abierto, se selecciona la señal de entrada actual.

Tierra: Si se pone a tierra, se selecciona la señal de entrada elegida antes de la actual.

**Conector de entrada AC IN**

Entrada del cable de alimentación de CA.

**Menús de ajuste y configuración.**

Es posible ajustar y configurar elementos como volumen, contraste, brillo, intensidad de color, sistema de colores e idioma. Los ajustes y configuraciones permanecen tal cual hasta que se cambian, incluso si se interrumpe la corriente.

En la siguiente figura se muestra el árbol de los menús en pantalla.

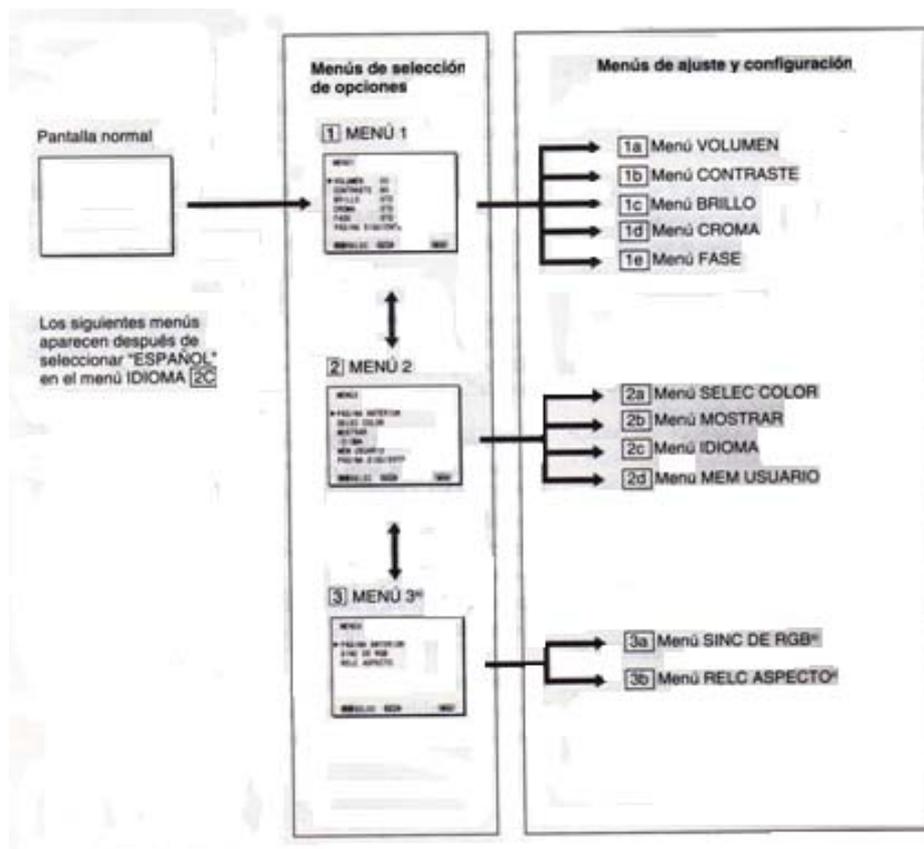


Figura 3.4.4 Menús

## Especificaciones

### Señal de Video

Sistema de colores NTSC, PAL, SECAM.

Resolución 500 líneas de TV

Respuesta de frecuencia LINE 6 MHz $\pm$ 3dB (Y) RGB 6 MHz $\pm$ 3dB

### Calidad de imagen

Exploración normal 7% por encima de la exploración del área de pantalla efectiva de TRC

Linealidad H. Menos de 8.0% (habitual)

Linealidad V. Menos de 7.0% (Habitual)

Temperatura de color D65

### Entradas

LINE A/B Y/C IN Mini DIN de 4 pines (x2)

VIDEO IN BNC (x2), 1 Vp-p + 3 dB, -6 dB.

AUDIO IN Toma de entrada de línea (x2), -5 dBu (0 dBu = 0,775 Vr.m.s), más de 47 K $\Omega$

RGB BNC (x3) 0.7 Vp-p + 3 dB, -6 dB

### Salidas

LINE A Y/C OUT Derivación mini DIN de 4 pines (x1), terminación de 75 ohmios automática.

VIDEO OUT Derivación BNC (x1), terminación de 75 ohmios automática.

AUDIO OUT Derivación de toma de entrada de línea (x1).

Salida de altavoz Nivel de salida: 0.8 W

### General

Tubo TRC de 14 pulgadas, tamaño de imagen visible de 340 mm.

Consumo de energía: 80 W.

Requisitos de energía: 100 a 240V CA, 50/60Hz.

Condiciones de Funcionamiento: Temperatura 0 a + 35°C (32 a 95 °F).

Humedad: 0 a 90 %.

### Asignación de Pines

Conector Y/C IN (tipo mini DIN de 4 pines)



Nº de pin	Señal	Descripción
1	Entrada Y	1 Vp-p, sincronización negativa, 75 ohmios
2	Entrada portadora CROMA	0,286 Vp-p (NTSC), 300m Vp-p (PAL), Ráfaga Tiempo de retardo entre Y y C: dentro de 0+100 nseg., 75 ohmios
3	GND para entrada Y	GND
4	GND para entrada CROMA	GND

Figura 3.4.5

## 3.5 ANALIZADOR DE ESPECTRO

El analizador de espectro puede ser cualquier modelo, ya que este solo se utiliza para la comprobación de que nuestra señal de satélite es la correcta.

Se verifica que el espectro que aparezca corresponda al satélite que estamos usando (Solidaridad II o SATMEX V).

A continuación se tratarán los aspectos más importantes del analizador.

1. Bloque de Función Activa: Es el espacio de la pantalla que indica las funciones seleccionadas, los valores que aparecen en este bloque pueden cambiarse utilizando la perilla, las teclas de pasos o el teclado de números/unidades.
2. Bloque de Mensaje: Los mensajes asociados a las funciones aparecerán en este bloque.
3. Teclas Transitorias: Teclas no etiquetadas que varían en uso dependiendo de las teclas de función seleccionadas.
4. Frecuencia, Intervalo y Amplitud: Teclas de las tres funciones primarias relacionadas con las funciones más importantes del analizador.
5. Estado Instrumental: Funciones especiales y de calibración que afectan a todo el analizador. La tecla verde PRESET se localiza aquí. Es el botón de auxilio que restablecerá el analizador, regresándolo a un estado conocido. SAVE y RECALL utilizan memoria no-volátil para restaurar y volver a llamar rutas y estados.
6. Copia: Puede utilizarse para imprimir o para graficar los estados en la pantalla.
7. Control: Permite al usuario acceder a los menús, ajustar la resolución y desplegar los instrumentos de control (como la velocidad de barrido B/W).
8. Marcador: coloca un apuntador en forma de diamante en la pantalla, la cual localiza las amplitudes y frecuencias de la señal.
9. Teclas de Datos, Pasos y Perilla: Permiten la manipulación de una función activa. La tecla HOLD desactiva una función activa.
10. Entrada: Una señal de entrada de 50 ohms para el analizador.
11. Salida Calibrada: Proporciona una señal calibrada de 299.9 MHz a -20 dBm en el panel frontal.
12. Comb out 100-MHz: proporciona una señal de 100-MHz con armónicas de 22 GHz, para ser utilizadas como señal de referencia de la frecuencia.
13. Ist lo output: Proporciona una señal del oscilador local con un rango de 3.0 a -6.6 GHz.
14. Intensidad: Ajusta la brillantez del display.
15. Línea: Suministra energía al analizador.

En este ejemplo veremos como se realiza una medición utilizando el Cal output y se medirá una frecuencia de referencia conocida.

1. Se suministra energía al analizador (si ya cuenta con esta se presiona la tecla PRESET).
2. Se conecta el Cal output a la entrada utilizando el adaptador apropiado y el cable BNC.
3. La tecla PRESET, le regresará a la frecuencia conocida, en caso de estar fuera de rango.
4. Frecuencia: Oprima la tecla frequency, aparecerá "center" en el bloque de función activa del CRT "12500 MHZ" aparecerá debajo del display "center". Coloque la frecuencia central en 299.99 MHz utilizando el teclado.
5. Intervalo: Presione la tecla Span. Aparece "Span" en el bloque de función activa, seleccione 200 MHz utilizando la tecla de pasos inferior.
6. Marcador: Se coloca un MARKER (diamante) en el pico de la señal para encontrar la frecuencia y la amplitud de la señal. Para activar un marcador, se presiona la tecla

MKR, se gira la perilla para mover el marcador al pico de la señal. También se puede utilizar la tecla Peak Search, la cual automáticamente coloca un marcador en el pico más alto de una ruta.

7. Zooming Automatico: Utilizado esta función, se puede amplificar rápidamente para observar las bandas laterales de una señal.
8. Al presionar PRESET, se sintoniza una señal de la portadora y se coloca un marcador en el pico.
9. Se ajusta: Frecuencia-299.9 MHz. Span-200 MHz y Peak Search.
10. La tecla Signal Track mantendrá la señal en el centro del CRT, a medida que el analizador amplifica la señal.
11. Presionando Span, 200 KHz, el intervalo disminuye secuencialmente hasta que el zooming automático se haya concluido.
12. Se oprime la señal Track nuevamente para desconectar el Signal Tracking.



Figura 3.5.1 Analizador de Espectros

### 3.6 AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA (HPA)

HPA Banda "Ku" 700 watts TWTA

Marca	Modelo	Número de serie
CPI	VZU-6997AD, 20T0000	SC1535M2
CPI	VZC-6997AD, 20T0000	SC1540M2

#### *Especificaciones*

FRECUENCIA: 13.75 A 14.50 GHz

POTENCIA DE SALIDA TWT: 700 W min. (58.75 dBm)

Flange 650 W min. (58.13 dBm)

Bandwidth 750 MHz

GANANCIA: 75 dB min. en rango, 88 dB max. 78 dB min. Una señal pequeña, 90 dB max.

RF Level Adjust Range: 0 a 20 dB (via PIN diode attenuator)

Ganancia de estabilidad en contante manejo y temperatura:  $\pm 0.25$  dB/24 hr. max. (despues 30 min.)

Con linelizador 5.5 dB pk-pk max.

Input VSWR 1.3:1 max.

Output VSWR 1.3:1 max.

Carga: VSWR

## CAPITULO IV

### FUNDAMENTOS DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN

#### 4.1 TEORIA BÁSICA DE LA LUZ

##### Visión

En algunas aplicaciones del procesamiento digital de imágenes, como en la compresión digital, es necesario entender el sistema visual humano. El comprender las características y las limitaciones del sistema ojo-cerebro puede ayudar a maximizar la efectividad de las operaciones de la compresión digital de imágenes.

La visión humana es un doble proceso que se realiza por una parte en el ojo y por otra en el cerebro. La respuesta luminosa de un objeto estimula al ojo, este estímulo se transfiere al cerebro, donde es registrado como una sensación consciente.

Los rayos de luz generados o reflejados por un objeto primero golpean el ojo en la córnea. Esta actúa como un lente convexo, refractando los rayos. Esta refracción forma el enfoque inicial de la luz que entra al ojo. Después de la córnea, los rayos pasan a través de un líquido claro y húmedo llamado el humor acuoso, y después pasan a través del iris y el cristalino. El iris actúa como una apertura variable que controla la cantidad de luz que puede pasar a través del cristalino. El cristalino lleva a cabo el segundo enfoque de la luz, proyectando a esta en la retina. Tal como una cámara, el ojo debe ser enfocado basado en qué tan lejos está este del objeto. Los rayos de luz salen del cristalino pasando a través de una sustancia transparente y gelatinosa, llamada humor vítreo, y son finalmente enfocados en la retina. El humor vítreo mantiene la estructura del ojo mientras que ópticamente une el cristalino a la retina.

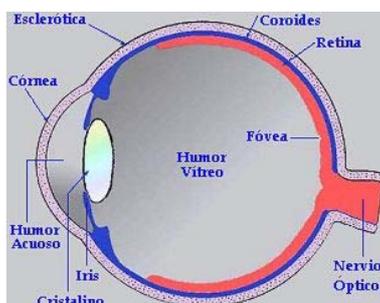


Figura 4.1.1 Corte del ojo

Los estudios sobre el sistema visual humano, establecen que en el ojo existen unas células llamadas conos que reaccionan frente al color. Estas células se presentan en 3 tipos diferentes: un tipo de conos reaccionan frente a longitudes de onda de la gama central del espectro (verdes), un segundo grupo de conos reaccionan ante la gama de tonos rojos, y un tercer tipo de conos, son especialmente excitados por la banda de tonos azules.

Esta es la razón principal para que en televisión se hayan elegidos como colores primarios el rojo ( R ),el verde ( G ) y el azul ( B ).

### Visión de Color

El ojo no es uniformemente sensible a todo el espectro visible. La Figura muestra la respuesta relativa del "ojo medio" a la luz de luminancia constante proyectada en las varias longitudes de onda comprendidas en el espectro. El pico (máximo) de la curva está en la región verde-amarillo y es interesante observar que una curva que represente la distribución de energía de luz solar o natural tiene su máximo en esta área. La curva de línea gruesa representa la impresión subjetiva de brillo del observador medio en condiciones de luz natural. Como muestra la segunda curva, en condiciones cercanas a la oscuridad la curva de respuesta se desplaza hacia la izquierda.

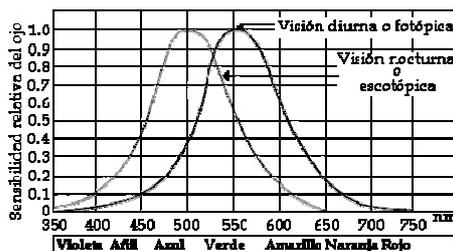


Figura 4.1.2 Sensibilidad relativa del ojo humano a diferentes longitudes de onda

Casi todos los colores pueden ser obtenidos mezclando sólo tres luces de color. A estos colores se les llama "primarios" y los que se usan son el rojo, el verde, y el azul.

El comportamiento del ojo es consistente con los tres tipos de conos únicamente, teniendo cada uno una curva diferente de respuesta. Las tres curvas de respuesta se solapan de manera que todos los colores están debajo de cualquier curva de ellas, o bien parcialmente debajo de dos, o de las tres curvas. La Figura siguiente ilustra esto. Se observará que el amarillo activa a los conos verde y rojo. Lo lógico es deducir que cuando la luz verde y la luz roja llegan a la retina al mismo tiempo, la excitación simultánea de los conos correspondiente al verde y al rojo produce en el centro sensorial del cerebro una impresión que es indistinguible de la del amarillo monocromático. Para que se pueda ver el color, tiene que llegar al ojo la energía electromagnética. Se ve un objeto por la luz reflejada desde él. Si parece verde a la luz del día, entonces esto debe implicar que aunque está bañado de luz natural "blanca", es solamente la reflexión de la parte verde de la luz la que llega a los ojos. El resto del espectro es "absorbido". Por consiguiente un objeto parece coloreado a causa de que sólo refleja parte del espectro visible y absorbe el resto. El color procede de la luz incidente. La hierba no parece verde bajo iluminación de sodio a causa de que en ella no hay luz verde que pueda ser reflejada.

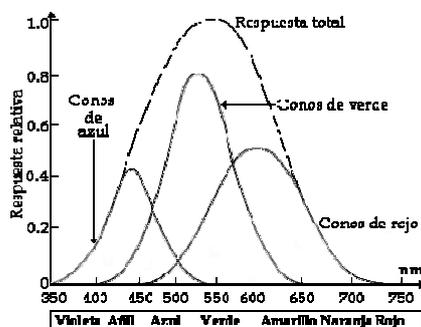


Figura 4.1.3 Sensibilidades de los tres tipos de conos en la retina

### Mezcla Aditiva de Colores

Toda la gama de tonalidades visibles que transmite la televisión a color es posible debido a sus propiedades de mezcla, a partir de los tres colores primarios, rojo, verde y azul, esta mezcla se denomina aditiva. Un ejemplo de la mezcla aditiva de estos tres colores es el siguiente:

Rojo + Verde = Amarillo  
 Rojo + Azul = Magenta  
 Azul + Verde = Cian  
 Rojo + Azul + Verde = Blanco

Al mezclar los colores primarios en diferentes proporciones, se puede obtener casi cualquier otro color. Los colores amarillo, magenta y cian se conocen como colores complementarios. Si se añade un complementario en proporciones adecuadas a uno primario no contenido en él (por ejemplo amarillo + azul), se produce blanco.

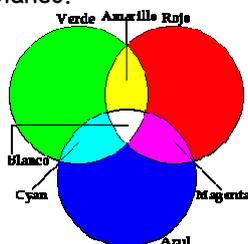


Figura 4.1.4 Mezcla de colores

### Características del Color

Para definir los colores cuantitativamente, se utilizan las 3 siguientes características:

- Luminancia: Es la cantidad de luz que existe en un color con respecto a la luz blanca.
- Saturación: Es la pureza o exceso de un color con respecto a la luz blanca.
- Fase de Color: Es la representación angular de cada color con respecto a la luz blanca.

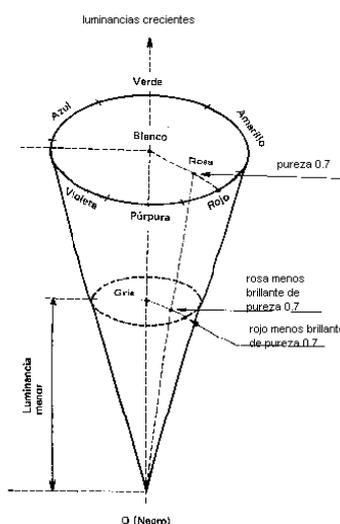


Figura 4.1.5 Relación conceptual de las características de color

### Diagrama de Cromaticidad

La crominancia es el tono y la cantidad de color existente con respecto a la luz blanca.

La representación de los colores visibles al ojo humano es llamada diagrama de cromaticidad y es el resultado de una investigación por parte de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) para poder normar los colores y sus mezclas.

Aproximadamente en el centro del área se ubica el iluminante C que es el color blanco y cuyas coordenadas de cromaticidad son  $X=0.31$  y  $Y=0.316$ , este punto corresponde al 0% de saturación de cualquier color. De entre este punto (iluminante C) y la periferia (matrices espectrales 100% saturados), los matices varían de baja a alta saturación.

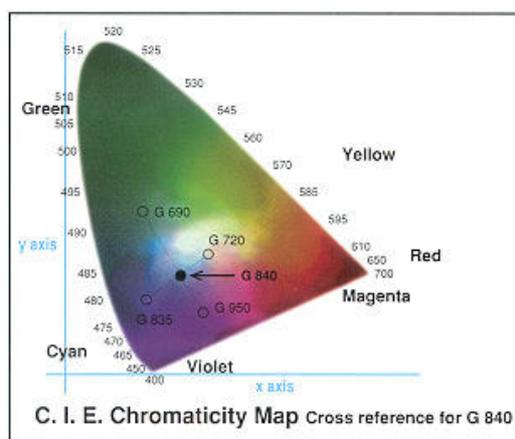


Figura 4.1.6

## 4.2 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN

La historia del desarrollo de la televisión ha sido la búsqueda de un dispositivo adecuado para reproducir imágenes. El primero de dichos dispositivos fue el disco Nipkow, patentado por el inventor alemán Paul Gottlieb Nipkow en 1884, debido a su naturaleza mecánica, no funcionó. Luego apareció el iconoscopio (en 1923) y el tubo disector de imágenes, inventado por el ingeniero de radio estadounidense Philo Taylor Farnsworth.

En 1926, el ingeniero escocés John Logie Baird inventó un sistema de televisión que utilizaba los rayos infrarrojos para captar imágenes en la oscuridad, pero fue tan sólo hasta después de terminada la Primera Guerra Mundial, con la aparición de los tubos, los circuitos electrónicos y los avances en la transmisión radiofónica, que la televisión, como tal, pudo desarrollarse realmente. Las primeras emisiones públicas de televisión las efectuaron la BBC, en Inglaterra, en 1927 y la CBS y la NBC, en Estados Unidos, en 1930. Las emisiones de programas iniciaron en Inglaterra en 1936 y en Estados Unidos en 1939, pero se interrumpieron durante el transcurso de la Segunda Guerra Mundial.

### Antecedentes Históricos de la Televisión Educativa y Cultural en México

1900

Se instala una sala cinematográfica en la Escuela Nacional Preparatoria con fines didácticos.

1922

Se forman los talleres cinematográficos de la SEP y dan inicio las primeras proyecciones de cine educativo.

1928-1929

Se llevan a cabo los primeros experimentos de televisión en México.

1931

Se crea la Oficina Fotográfica y Cinematográfica de la SEP, con la función de ejecutar los primeros trabajos de difusión artístico-educativa por medio del cine, y de proporcionar de manera permanente exhibiciones de cinematógrafo en planteles escolares e instituciones privadas.

1933

Se forma la Sociedad Pro-Cine Educativo con el propósito de fomentar el uso del cine como medio educativo en México.

La Secretaría de Educación Pública produce su primera película llamada "Pescados", posteriormente "Redes".

1948

En 1948 tuvieron lugar dos acontecimientos importantes. En enero se estableció el Servicio de Educación Audiovisual (SEAV) de la Dirección General de Enseñanza Normal, y en el mes de junio la SEP creó un Departamento de Enseñanza Audiovisual (DEAV) Estos proyectos se crearon con los objetivos de capacitar a los estudiantes en el manejo de auxiliares audiovisuales y encargarse de la planeación y producción de los materiales para vigorizar las técnicas de enseñanza.

1950-1952

Dan inicio las primeras transmisiones regulares de la televisión mexicana de carácter comercial por los canales privados 4, 2 y 5.

1951

EL DEAV es elevado a la categoría de Dirección General, de tal manera que el SEAV pasa a formar parte de esta nueva Dirección encargándose específicamente de la capacitación e investigación.

1952

Se llevan a cabo las primeras emisiones educativas a control remoto desde el Hospital Juárez al circuito cerrado de televisión de la Escuela Nacional de Medicina de la UNAM.

1955

La Universidad Nacional Autónoma de México produce sus primeros programas televisivos educativos y culturales que se transmiten por los canales 2, 4 y 5.

1956

El 30 de mayo de 1956 se crea el Instituto Latinoamericano de la Cinematografía Educativa ILCE, con sede permanente en la Ciudad de México.

1959

Inicia transmisiones el 2 de marzo el Canal 11 XEIPN, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional, con emisiones educativas y culturales.

1964

El 8 de junio, Jaime Torres Bodet, inaugura en el Auditorio Nacional el Seminario sobre Televisión Educativa organizado por la UNESCO y el gobierno mexicano.

Se celebra en la Ciudad de México el Congreso Latinoamericano de Televisión Educativa.

1965

Inicia el proyecto de alfabetización y educación básica a través del proyecto de Enseñanza Secundaria por Televisión (Telesecundaria) por medio de las series "Un paso más" y "Yo puedo hacerlo".

2 de Enero de 1968.

La Telesecundaria queda inscrita al Sistema Educativo Nacional, lo que confiere validez oficial a los estudios realizados a través de esta modalidad.

1981.

Unidad de Televisión Educativa y Cultural (UTE).

Un nuevo cambio de denominación se hace necesario, con la ampliación de funciones de la dirección, que ahora también produce series culturales; se convierte entonces en la Unidad de Televisión Educativa y Cultural (UTE).

1988.

La entonces UTE transfiere la programación cultural al recién creado Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), para abocarse exclusivamente a la producción y la transmisión de programas educativos. Cambia su denominación a Unidad de Televisión Educativa (UTE).

18 de Marzo de 1991.

Convenio México-Japón / Nace el CETE.

El Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa (CETE) es creado con el auspicio de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), con base en el Acuerdo de Cooperación Técnica firmado el 2 de diciembre de 1986 por los gobiernos de Japón y México.

13 de Diciembre de 1995.

La UTE inicia la transmisión de programas educativos a través de la Red Satelital de Televisión Educativa (Red Edusat). Se distribuyen antenas parabólicas, decodificadores y televisores a planteles educativos estratégicamente ubicados en todo el país.

1996.

Inicia el proyecto de Educación Media Superior a Distancia (EMSAD), como una modalidad educativa flexible que permite iniciar, continuar o concluir los estudios de bachillerato a personas sin acceso a la formación escolarizada de este nivel.

31 de Marzo de 1999.

La SHCP determina procedente la modificación de estructura de la UTE. La nueva denominación del organismo es Dirección General de Televisión Educativa (DGTVE).

2000.

Puesta en marcha de la Videoteca Nacional Educativa

Se pone en marcha el proyecto de la Videoteca Nacional Educativa, cuyo objetivo es el desarrollo de procesos de conservación, preservación y documentación de material y contenido audiovisual, mediante el uso de una plataforma tecnológica de gran potencia.

Actualmente.

Al día de hoy, la DGTVE y el ILCE emiten la señal de Edusat a 30 mil equipos receptores en todo el territorio nacional, y alcanzan a un amplio público en Canadá, Estados Unidos, Centro y Sudamérica. Además, se cuenta con señal abierta y por cable en diversos puntos del país.

### ***Principios de la Señal de Televisión***

En la década de los 40 solo existía televisión monocromática o blanco y negro, en la señal solo incluían la información de brillo de la imagen, y se representaba como una sucesión de puntos con mayor o menor intensidad (tonos de grises). Esta modalidad de transmisión logra cumplir

con un objetivo: dotar a la imagen reproducida de definición suficiente para poder discriminar dentro de la imagen, las formas y tamaños relativos de los componentes de la escena.

Cuando la tecnología agregó color a la imagen, hubo que analizar la forma de incluirlo dentro del canal de televisión, la información de color (crominancia), sin detrimento de la información de brillo (luminancia), ya existente.

El término televisión significa "ver a distancia" y está formado por imágenes (video) y sonidos (audio). Las imágenes de video están compuestas por áreas pequeñas de información llamadas elementos de imagen; estos pequeños puntos son la unidad mínima en la que se puede descomponer una imagen de video (cuadro de imagen o cuadro de video).

La información visual de una escena es convertida en una señal eléctrica para su transmisión al receptor, y aquí la imagen es reproducida a través de la pantalla fluorescente del tubo de imagen, ya sea en el sistema monocromático o en el de color. La señal de televisión está formada por imágenes y sonidos; a las imágenes se les da el nombre de video y a los sonidos el de audio.

Básicamente, las imágenes de blanco y negro están formadas por diferentes tonalidades de grises comprendidos entre el negro (0% de luz) y el blanco (100% de luz). Las imágenes de color tienen el mismo principio pero se aumenta la tonalidad del color la cual es regida por la cantidad de luz de cada punto. Están compuestas por áreas pequeñas de información llamadas píxel o elemento de imagen.

### **Proceso de Transmisión-Recepción**

La televisión es un sistema de comunicación formado por un transmisor (estación de TV) y un receptor (televisor). La función de la estación de TV, es transformar una imagen óptica en señal eléctrica, mediante una cámara que divide la imagen alrededor de 200000 elementos con diferente intensidad de luz cada uno.

Una antena transmisora radia ondas electromagnéticas que son captadas por la antena del receptor. La radiación se efectúa en forma de dos ondas portadoras de radiofrecuencia (RF) moduladas por la información deseada.

Señal de imagen - Modulación en amplitud (AM)

Señal de sonido - Modulación en frecuencia (FM)



Figura 4.2.1 Proceso Básico de Transmisión

### **Ancho de Banda de un Canal de TV**

Un canal de TV es la asignación de frecuencias a la estación de televisión por la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) para transmitir sus señales. Cada estación de televisión tiene un canal de 6 MHz dentro de una de las bandas asignadas para difusión de televisión comercial.

Canales de Televisión

Número de Canal	Banda de frecuencia MHZ
1	no usado
2	54-60
3	60-66
4	99-72
5	76-82
6	82-88
Banda FM	88-108
7	174-180
8	180-186
9	186-192
10	192-198
11	198-204
12	204-210
13	210-216
14-83	470-890

Dentro de un canal estándar de 6 MHz, la portadora de imagen está a 1.25 MHz más alta que el límite inferior del canal y la portadora de sonido está a 0.25 MHz menos del límite superior, habiendo una separación de 4.5 MHz entre ambas portadoras.

**Las Señales de Color**

En el sistema NTSC no se transmiten las señales de los colores primarios, rojo, verde y azul en forma original, sino que se transforman en señales que indican:

Brillantes Señal de Luminancia (Y)

Color Señal de Crominancia (C)- Diferencia de Color

Utilizando la técnica adecuada, estas señales se intercalan y de acuerdo con las características del ojo humano ante los colores, se transmiten a través del mismo sistema de TV en blanco y negro. Cuando las señales son recibidas en el receptor a color, se reproducen las imágenes a color a través de la transformación de las señales de luminancia y diferencia de color en las señales de los colores primarios, y cuando se reciben en el receptor monocromático, se reproducen utilizando sólo las señales de luminancia.

**Luminancia "Y"**

La luminancia es la cantidad de luz que existe en un color con respecto a la luz blanca. La información de brillo se utiliza en un receptor de blanco y negro. Para obtener esta compatibilidad, una señal de ancho de banda completa, que representa componentes de brillo solamente en una escena a color, se deriva de la cámara de televisión a color.

Con base en la sensibilidad del ojo hacia los componentes R, G, B, se obtiene la señal de brillo o LUMINANCIA la cual se desglosa de la siguiente manera.

Se forma combinando 30% de la señal de video roja (R), 59% de la señal de video verde (G) y 11% de la señal de video azul (B), está establecida por la llamada ecuación fundamental de luminancia:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

Se muestra como el voltaje de la señal Y se compone de varios valores de R, G y B. La señal Y tiene una máxima amplitud relativa de unidad, la cual es 100% blanca. Para los máximos valores de R, G y B (1V cada uno), el valor de brillantez se determina de la siguiente manera:

$$Y = 0.30 (1) + 0.59 (1) + 0.11(1) = 1 \text{ lumen}$$

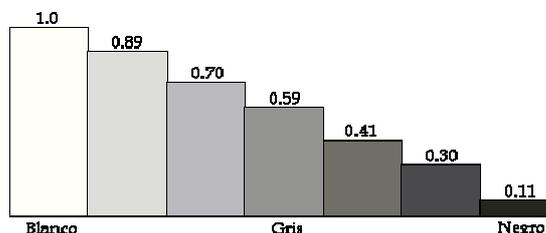
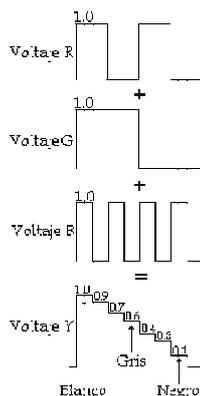


Figura 4.2.2 Valores de Voltaje para "Y"

Figura 4.2.3 Valores de luminancia relativos de cada color

### Crominancia

Es el tono y cantidad de color existente con respecto a la luz blanca. La información de saturación y matiz del color de la imagen se transmite como una señal modulada, en cuadratura y portadora suprimida, por 2 de 3 señales de color menos su brillo "Y" (señal de diferencia de color).

La señal I o señal de color en fase se genera combinando el 60% de la señal de video en rojo (R), 28% de la señal de video en verde (G) invertida y 32% de la señal de video en azul (B) invertida, y se expresa como:

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B$$

La señal Q o señal de color en cuadratura se genera combinando el 21% de la señal de video en rojo (R), 52% de la señal de video en verde (G) invertido y 31% de la señal de video en azul (B), y su expresión es:

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

Las señales I y Q se combinan para producir la señal C y debido a que las señales I y Q están en cuadratura, la señal C o crominancia es la suma vectorial de estas, y su expresión es:

$$C = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

$$\tan^{-1} \frac{Q}{I}$$

Ecuación 4.2.1

Restando "Y" se elimina toda la información de brillo quedando en la subportadora sólo las señales de 3.57945 MHz que se modula en una fase de 90 grados, una con respecto a la otra, por lo que se le llama cuadratura. Para representar el color de objetos pequeños bastara con usar un único eje en el grafico vectorial creado por los ejes I y Q.

Se le tuvo que dar un giro de 33° a los ejes (r - Y) o (U) y (b - Y) o (V) para perfeccionar el sistema ya que el ojo humano era más sensible a los colores naranja y cyan quedando (U) = I máxima resolución de color y (V) = Q mínima resolución de color.

$$\begin{aligned}
 R-Y &= 0.7R + 0.59G - 0.11B & B-Y &= -0.30R - 0.59G + 0.89B \\
 I &= 0.60R - 0.28G + 0.32B & Y & \quad Q &= 0.41R - 0.25G + 0.43B
 \end{aligned}$$

El eje I tendrá un ancho de banda de 1.5MHz y el eje Q tendrá solamente un ancho de banda de 0.5MHz. Y sus fases se encuentran adelantadas 33° en relación con los ejes (R-Y) y (B-Y), respectivamente.

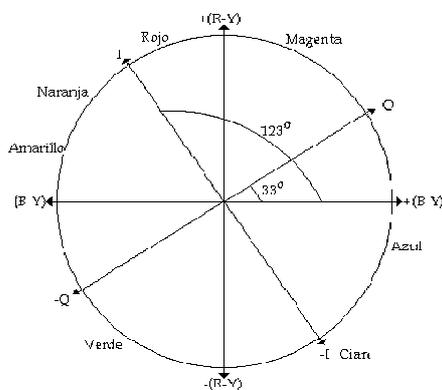


Figura 4.2.4 Representación de los colores en NTSC

### Elemento de Imagen

El área más pequeña de cualquier imagen en un receptor de televisión o monitor se conoce como elemento de imagen.

El tamaño de estos elementos determina la cantidad de detalle en un receptor o monitor de imagen; cuanto más pequeños sean los elementos de imagen mayor será la definición, con esto los detalles serán más finos mejorando la claridad llamada nitidez.

La señal de televisión se ha diseñado para transmitir todos los elementos de imagen en una sucesión rápida, más no instantánea, dentro de un sistema electrónico. Una imagen es fundamentalmente una ordenación de pequeños elementos de imagen, oscuros y luminosos.

### Cuadro y Campo de Imagen

En nuestro sistema de televisión se utiliza una frecuencia de 29.97 cuadros de imagen por segundo o Hertz (Hz) para reproducir el video.

Pero al igual que en el cine, para reducir el problema de flicker que se presenta al reproducir a menos 40 Hz por segundo, un cuadro de imagen se barre dos veces, haciendo que la frecuencia real sea de aproximadamente 59.94 imágenes por segundo (Hz) de barrido vertical, y con el apoyo del fenómeno de la persistencia de la visión que tiene el ojo humano se soluciona este problema.

El barrido horizontal en un cuadro de imagen se realiza mediante 525 líneas por cuadro; para evitar el problema de flicker, el cuadro de imagen se barre dos veces pero no como en cine.

En televisión la imagen de 525 líneas se divide en dos y así se produce primero un cuadro de imagen de 262.5 líneas que contienen la mitad de información de un cuadro. En seguida se reproducen las 262.5 líneas restantes que contienen la otra mitad de la información. A cada una de estas secciones se les llama campo.

El primer campo inicia con el trazo de líneas pares por lo que se le llama campo uno o no; la última línea termina su trazo con la mitad por cada campo tiene 262.5 líneas

Pero hay que tomar en cuenta que campo y cuadro no es lo mismo a continuación sus definiciones en forma resumida:

**Cuadro:** Es la porción mínima de movimiento, su frecuencia es de 30 Hz. En blanco y negro y de 29.97 Hz. Para color.

**Campo:** Es una exploración de 262.5 líneas, existen 2 en un cuadro, uno no y otro par, la frecuencia de campo en blanco y negro es 60 Hz. en color 59.94 Hz.

También hay que saber cómo empieza y como termina el campo no y el par

El campo no empieza con la línea completa y termina con media línea, en un monitor de imagen el campo no empieza en la parte superior izquierda y termina en la parte inferior media. El campo par empieza con media línea y termina con línea completa, en un monitor de imagen empieza en la parte media y termina en la parte superior izquierda.

### Sistemas de exploración

Los sistemas de exploración de imágenes de televisión se refieren a la manera en que la imagen es barrida por el haz, la cantidad de líneas de definición, las frecuencias vertical y horizontal, y otras características.

Los sistemas de codificación de color de imágenes de televisión, se refieren a la manera en que se agrega la información de color a la imagen, existen tres sistemas clásicos que se implementaron en el mundo: NTSC (National Television Systems Comitee), PAL (Phase Alternation Line) y SECAM (Systeme Electronique Color Avec Memoire).

Estas primeras emisiones utilizaban un barrido progresivo (todas las líneas de la imagen se barren consecutivamente).

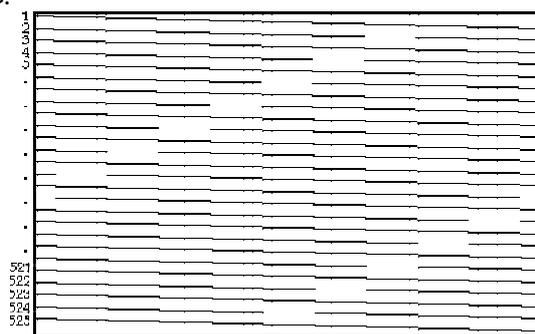


Figura 4.2.5 Representación simplificada del barrido progresivo

### Exploración Entrelazada

El sistema NTSC se basa en 525 líneas, la exploración de izquierda a derecha es llevada a cabo en 30 imágenes /seg. Una imagen completa es denominada cuadro (frame), el cual es la porción mínima de movimiento, su frecuencia para blanco y negro es de 30 Hz, y para color de 29.97

Hz. Un cuadro está formado por dos campos (fields), son una exploración de 262.5 líneas, existen dos uno non y otro par, su frecuencia en blanco y negro es de 60 Hz y para color de 59.94 Hz.

El campo non empieza en un monitor de imagen con línea completa explorando la parte superior izquierda y termina en la parte inferior media. El campo par empieza con media línea y termina en la parte superior izquierda, entrelazándose con las líneas del campo non. En televisión monocromática a esta exploración se le conoce como sistema M.

Sistema - M

Imagen preliminar		Imagen preliminar		Imagen completa
262.5 líneas	+	262.5 líneas	=	525 líneas
Campo non		Campo par		1 cuadro
30 imágenes/seg		30 imágenes/seg		30 imágenes/seg

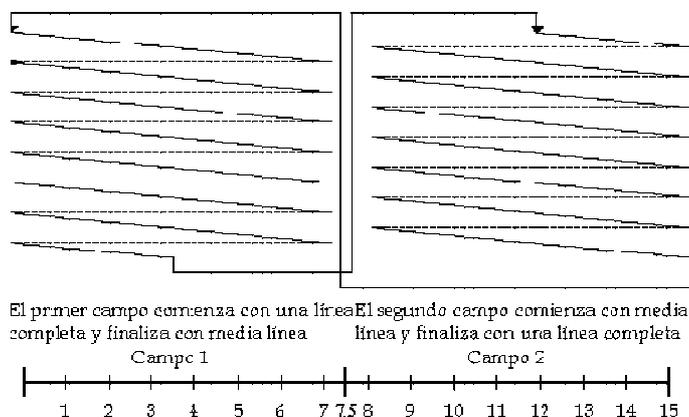


Figura 4.2.6 Barrido Entrelazado de un Cuadro Completo

### Sincronización

Cuando el haz electrónico explora la imagen, barre todos los elementos de imagen y se obtiene la información total de dicha imagen, el barrido debe exactamente temporizado para que ensamble la información de imagen en la posición correcta.

Para que exista una correspondencia exacta en la exploración entre el transmisor y el receptor, deben ser transmitidas, con la información de imagen, señales de sincronización especiales que manejan la velocidad y posición del haz de manera horizontal y vertical, denominándoles Blanking Horizontal y Blanking Vertical.

Existen dos procesos simultáneos en la exploración, uno mueve el haz en sentido horizontal y el otro en sentido vertical; ambas son exploraciones lineales y se efectúan a una velocidad constante.

### Blanking Horizontal

Para eliminar la distorsión de imagen debido a la velocidad inicial y final de una línea al igual que la aceleración y desaceleración del retorno del haz se inserta a cada una de las líneas el blaking horizontal y vertical.

El blaking horizontal es el que le indica el inicio, término y retroceso del haz al terminar de describir una línea, cualquiera de las 525 H.

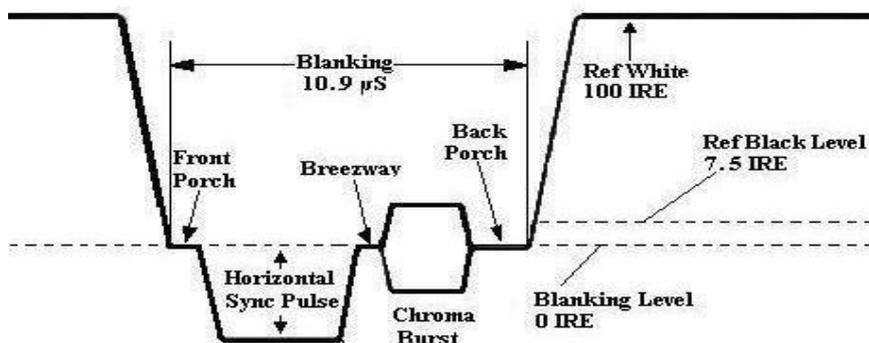


Figura 4.2.7 Blanking Horizontal

**FRONT PORCH:**  $1.5 \pm 0.1\mu s$ . Es la separación de la parte activa de video con la sincronía, además de ser el término de información de 1 línea.

**SINCRONÍA HORIZONTAL:**  $4.72 \pm 0.1\mu s$ . Es el retroceso del haz electrónico.

**LEADING EDGE:**  $0.14 \pm 0.02\mu s$  -40 IRE` S. Inicio de retroceso del haz electrónico.

**TREALING EDGE:**  $0.14 \pm 0.02\mu s$  -40 IRE` S. Termino del retroceso del haz electrónico.

**BREEZEWAY:**  $0.6 \pm 0.1\mu s$ . Es la separación de la referencia de color (burst) con el término de retroceso del haz (trealing edge).

**BURST:** 2.5 a 2.6µs, 9 a 11 ciclos,  $\pm 20$  IRE` S. Se le llama también subcarrier, portadora de color o referencia de color en cada una de las líneas.

**BACK PORCH:**  $1.5 \pm 0.1\mu s$ . Es la separación de la referencia de color (burst), con la parte activa del video.

**COLOR BACK PORCH:** 4.72µs. Se compone de breezeway, burst y color back porch, es el inicio de información de una línea.

**BLANCKING HORIZONTAL:**  $10.9 \pm 0.2\mu s$ . Es el inicio, término y retroceso de información de una línea para el surgimiento de una nueva línea, cualquiera de las 525.

### Blanking Vertical

Le indica al haz electrónico el inicio, termino y retroceso, cuando acaba de describir un campo non o par de información, cada 262.5. Tiene una duración de 21 líneas. Las primeras 3 líneas al iniciar un cuadro de imagen son suprimidas por los pulsos pre-igualadores y las ultimas 3 líneas en la parte inferior por los pulsos post-igualadores. Posteriormente se inicia un retroceso de la parte inferior a la superior con una duración de 3 líneas a un nivel de -40 IRE para después trazar 11 líneas sin información en la parte superior de la pantalla.

Al término de estas líneas empiezan los trazos en  $\frac{1}{2}$  de línea de video activo los cuales formarán la imagen en la pantalla. El barrido vertical permite que el haz cubra la pantalla con 525 líneas. Debido a que el movimiento horizontal es más rápido que el vertical la frecuencia del barrido horizontal será mayor.

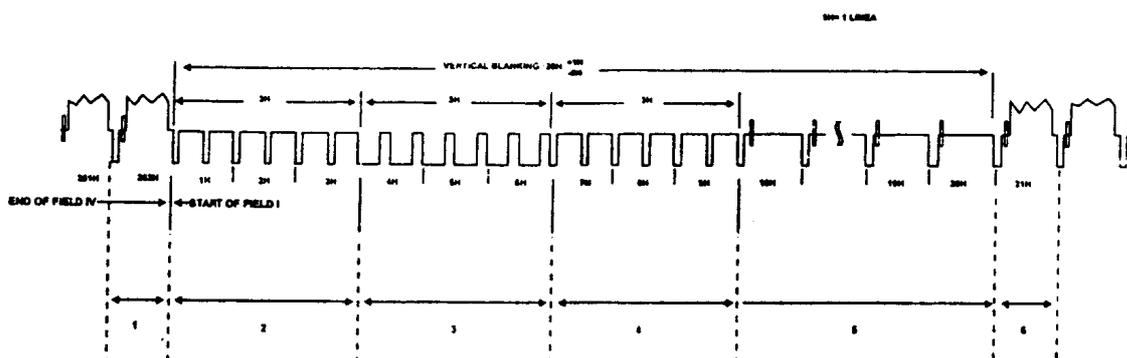


Figura 4.2.8 Blanking Vertical

**PULSOS PRE-IGUALADORES:** Es el término de información de un campo y tarda 3 líneas o 6 pulsos cada 2 pulsos es igual a una línea.

**ASERRACIONES O SINCRONÍA VERTICAL:** Es el retroceso del haz electrónico para empezar un nuevo campo, tarda 3 líneas, de la parte inferior media a la parte superior media en el monitor de imagen.

**PULSOS POS-IGUALADORES:** Es el inicio de información de un campo y tarda 3 líneas o 6 pulsos.

**12 LÍNEAS SIN INFORMACIÓN:** Que a partir de la línea 10 de cada campo ya tienen información de color, y se les puede dar información de video como por ejemplo los VIT's que caen en la línea 17, los VIR's que caen en las líneas 18 y 19, y los VITC que caen en las líneas de la 13 a la 15.

VIT's: Vertical interval test.

VIR's: Vertical interval reference.

VITC: Vertical interval time code.

### **Señal de Burs (Subportadora de Color)**

La información de color se transmite a través de las señales portadoras de video de color, sin embargo, dentro de la portadora no se transmite la subportadora de color, sino solamente la banda lateral que contiene las informaciones de los colores.

Es necesario que en el receptor se elabore la onda subportadora de color y utilizarla para la demodulación de los colores y coincidir en frecuencia y fase con la que se suprimió en el transmisor, por ello se transmiten de 9 a 11 ciclos de la onda subportadora en un tiempo de 2.23 a 3  $\mu$ seg; para mantener correctamente la frecuencia y la fase en el receptor, esta señal de sincronización de color se conoce como Burst.

La fase de la señal de Burs de color está definida a 180° en relación con el eje B-Y, insertada en el pódico posterior del blanking horizontal, su frecuencia es de 3.579545MHz.

### **Frecuencias de Barrido Horizontal y Vertical para TV a Color**

La velocidad de campo de 60 Hz es la frecuencia de exploración vertical.

El tiempo que corresponde a cada ciclo de exploración vertical de un campo es 1/60seg.

El número de líneas de barrido horizontal de un campo es la mitad del total de 525 líneas de un cuadro completo; ya que un campo contiene la mitad de líneas, eso da por resultado 262.5 líneas horizontales para cada campo vertical, por lo tanto la frecuencia horizontal es:

$$60 \text{ Hz} \times (525/2) = 15750 \text{ Hz} \quad \text{o bien} \quad f_h = 525 \times 30 \text{ cuadros/seg} = 15750 \text{ Hz}$$

Esta frecuencia de 15750 Hz es la velocidad con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento horizontal de izquierda a derecha y regresa nuevamente a la izquierda.

El tiempo durante el cual se realiza el barrido horizontal es:

$$T = 1/f_h = 1/15750 \text{ Hz} = 63.5 \mu\text{seg.}$$

La frecuencia horizontal (color)

$$f_h = \text{portadora de sonido/armónico } 286 = 4.5 \text{ KHz}/286 = 15734.26 \text{ Hz}$$

Frecuencia vertical

$$f_v = 2(\text{frecuencia horizontal})/525 \text{ líneas} = 2(15734.26)/525 = 59.94 \text{ Hz}$$

Subportadora de color

$$f_s = 455 \times (f_h/2) = 455 \times (15734.26/2) = 3.579545 \text{ MHz}$$

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISEMA DE TELEVISIÓN M/NTSC

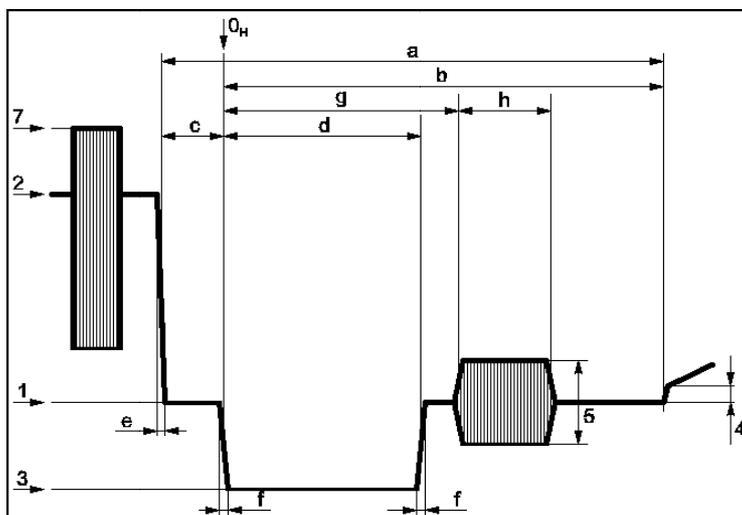
Descripción de la Recomendación ITU-R BT.470-5

Sistema de Televisión Convencional

#### **Características Básicas de las Señales de Video y Sincronización**

<b>Características</b>	<b>M/NTSC</b>
Número de líneas (frame)	525
Frecuencia de Campo, valor nominal(fields/s)	59.94
Frecuencia horizontal $f_H$	15734.264±0.0003%
Gamma Asumida en el display	2.2
Ancho de Banda Nominal de Video (MHz)	4.2

### Señal de Sincronía Horizontal



#### Niveles Nominales y Picos de la señal de Video Compuesto (%)

La duración se midió de la amplitud media de los bordes

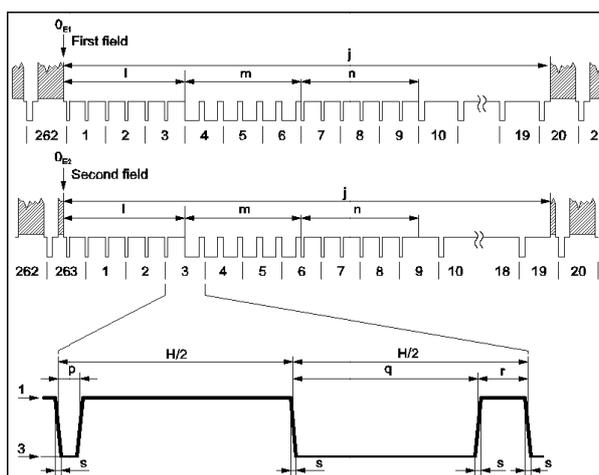
Símbolo	Características	M/NTSC C
1	Nivel de Blancos	0
2	Pico Nivel-Blancos	100
3	Nivel de Sincronía	-40
4	Diferencia entre niveles de negros y blancos	7.5±2.5
5	Valor Pico-a-Pico del Burst	40±4
7	Nivel de Pico incluida la señal de crominancia	120

#### Detalles de la Señal de Sincronía Horizontal

Símbolo	Características	M/NTSC C
H	Periodo Nominal de la línea ( $\mu s$ )	63.5555
a	Intervalo del Barrido Horizontal ( $\mu s$ )	10.9±0.2
b	Intervalo de tiempo entre ( $0_H$ ) y el retroceso de información de una línea ( $\mu s$ )	9.2 a 10.3
c	Front Porch ( $\mu s$ )	1.27 a 2.22
d	Pulso de Sincronía ( $\mu s$ )	4.7±0.1
e	Leading Edge ( $\mu s$ )	≤0.48
f	Treating Edge ( $\mu s$ )	≤0.25

g	Sub-Carrier burst ( $\mu\text{s}$ )	5.3 (4.71 to 5.71)
h	Duración del Sub-Carrier Chroma-Burst ( $\mu\text{s}$ )	2.23 a 3.11(9 $\pm$ 1 ciclos)

### Sincronía Vertical del Sistema NTSC



### Detalles de la Señal de Sincronía Vertical del M/NTSC

Símbolo	Características	Valor
v	Periodo del Campo (ms)	16.6833
j	Intervalo del Barrido Vertical	(19 a 21) H + a
j'	Aumento de los bordes del Pulso del Barrido Vertical ( $\mu\text{s}$ )	$\leq 6.35$
k	Intervalo entre el borde frontal del barrido vertical y el borde frontal de los pulso Pre-Igualadores ( $\mu\text{s}$ )	1.5 $\pm$ 0.1
l	Duración de los pulsos Pre-Igualadores	3 H
m	Duración de las Aserraciones o Sincronía Vertical	3 H
n	Duración de los Pulsos Pos-Igualadores	3 H
p	Duración de un Pulso Pre-Igualador ( $\mu\text{s}$ )	2.3 $\pm$ 0.1
q	Duración de una Aserración ( $\mu\text{s}$ )	27.1
r	Intervalo entre la Sincronía Vertical ( $\mu\text{s}$ )	4.7 $\pm$ 0.1
s	Tiempo de Separación de la Sincronía Vertical y los Pulsos Pre-Igualadores ( $\mu\text{s}$ )	$\leq 0.25$

**Características de la Señal Radiada**

<i>Características</i>	<i>M/NTSC</i>
RF Nominal del Ancho de Banda del Canal (MHz)	6
Carrier Relativo de Sonido al Carrier de Video (MHz)	+4.5
Borde Cercano al Canal Relativo del Carrier de Video (MHz)	-1.25
Anchura Nominal de la principal Banda de Salida (MHz)	4.2
Anchura nominal del resto de la Banda de salida (MHz)	0.75
Tipo y polarización de la modulación de visión	C3F neg.
Nivel de Sincronización (%)	100
Nivel de Barrido (%)	72.5 to 77.5
Diferencia entre el nivel de negros y los barridos (%)	2.88 to 6.75
Pico del nivel de blancos (%)	10 to 15
Tipos de modulación de sonidos	F3E
Derivación de Frecuencia (kHz)	±25
Pre-énfasis de modulación (μs)	75

**LA NORMA RS-170 A.**

La norma RS-170 A proporciona las reglas para la señal de televisión a color del sistema NTSC tales como:

- ➔ Establecer la frecuencia de Subportadora y las frecuencias de exploración horizontal y vertical para la reproducción del color en televisión.
- ➔ Frecuencia de la Subportadora de color (fsc): 3.579545MHz.
- ➔ Frecuencia de exploración horizontal (f h): 15.734 KHz.
- ➔ Frecuencia de exploración vertical (f v): 59.94Hz.
- ➔ No debe transmitirse la información de color cuando la cámara este explorando superficies o puntos blancos, negros o sombras de grises.
- ➔ El sistema debe ser capaz de reproducir la mayor parte de los colores que un observador normal puede percibir.

El sistema aprovecha ampliamente los conocimientos sobre las respuestas del ojo humano ante los colores como son:

- ➔ El ojo aprecia mayor brillantez del color verde.
- ➔ El rojo es el color que se distingue más fácilmente.
- ➔ El azul es el menos luminoso.
- ➔ El ojo no distingue las diferencias de tonalidades de verde con las de amarillo y esta característica en particular permite verlos en pantalla

### **Características Principales del Sistema NTSC**

- La señal Y se transmite por modulación de amplitud con banda lateral vestigial, sobre una portadora de RF, correspondiente al canal utilizado.
- Cb (diferencia al azul) modula en amplitud a una subportadora de valor  $f_{sp} = 3.58\text{MHz}$ .
- Cr (diferencia al rojo) también modula la misma portadora de 3.58Mhz, pero tras haber sido adelantada  $90^\circ$ .
- Esta modulación del croma, recibe el nombre de modulación en cuadratura y permite que ambas componentes de color puedan modular a la subportadora y luego ser recuperadas en el receptor.
- La modulación del croma se realiza con circuitos del tipo modulador balanceado, lo que significa que no se transmite la subportadora, pues afectaría la luminancia y por ende la imagen.
- En el receptor se genera la subportadora en forma local, con un cristal de 3.58MHz.
- La fase de la subportadora es esencial para el funcionamiento correcto del sistema por lo que esta fase se toma de la señal de burs (ciclos de subportadora) que se envían en el púrtico posterior del barrido, tras el pulso de sincronía horizontal.
- Al adicionar la crominancia a la luminancia, se encuentra que tal como se estableció para algunos colores, se produce sobremodulación, por lo que es necesario reducir en amplitud las señales de diferencia de color en 2.03 y 1.14. Tras esto, se aplican las señales Cb y Cr a los modulares balanceados.

## **4.4 TELEVISIÓN DIGITAL**

### **La Televisión Digital**

Nos encontramos ante el fin de la Televisión Analógica, el futuro va de la mano de la Televisión Digital. Quizás se podría poner un ejemplo para entender la diferencia entre ambas, digamos que la TV digital es a la analógica lo mismo que el CD al disco, así de simple. Aunque los usuarios no notarán una diferencia de imagen demasiado espectacular si podrán hacer otras cosas con ella.

### **Características Generales**

La mayoría de los equipos usados hoy en día para la creación de programas de televisión son digitales. Aunque nosotros todavía recibimos en nuestras casas señales analógicas, su calidad, disponibilidad y sus contenidos de programa, no serían posibles sin una distribución y producción digital.

Cuando se observa un programa en casa, ya venga a través del cable, satélite o microondas, nos encontramos al final de una cadena de eventos, en los que todos, a excepción de la transmisión, son digitales. Pero, ¿por qué la señal digital?, bien, se pueden agrupar sus ventajas en los siguientes puntos:

- *Las señales son más robustas*, ya que en una copia de digital a digital la información se regenera totalmente. Además esta regeneración es sencilla y no necesita de equipos complejos, olvidándonos de ajustes y derivas típicos de la electrónica analógica.
- *Se puede realizar la memorización de líneas y cuadros*, lo que ha permitido una revolución en lo que a manipulación de imágenes se refiere.

➔ En gran número de casos *los procesos digitales son más económicos* que los analógicos. Con esto, la TV Digital proporciona más canales y mejor calidad de imagen, tanto si hablamos de *televisión de calidad estándar (SDTV)*, como de *alta calidad (HDTV)*. Tendremos en casa imágenes con calidad de cine y sonido hi-fi, es decir, nos permite tener el cine en casa. Llegará un momento en que todo lo que se puede hacer con un ordenador será posible a través de nuestro televisor abriendo un amplio espectro de posibilidades.

### Agentes de la TV Digital y Modelos de Reparto

Un sistema de TV digital consta de los siguientes componentes:

- ➔ *Contenidos*: De su atractivo depende la suscripción de los usuarios;
- ➔ *Programador*: Agrupa diferentes contenidos en un conjunto de canales para enganchar al usuario;
- ➔ *Difusor*:
- ➔ *Sistema de acceso condicional (CA)*: Permite que accedan a la información a los usuarios que la han pagado, esto se hace mediante un sistema de claves.
- ➔ *Operador de red*: Se encarga de multiplexar y transportar varios canales de vídeo digital;
- ➔ *Usuario*: Ha de disponer de una antena parabólica y de un receptor decodificador integrado (IRD) capaz de convertir las señales que llegan por la antena en las adecuadas para tu televisor.
- ➔ *Suministradores de IRD*: El IRD es un decodificador de TV, que transforma las señales que llegan en otras adecuadas a su televisor. Los suministradores están representados por la industria.
- ➔ *Unidades de Transcontrol a redes de televisión por cable, MMDS o terrenal*: Las cabeceras de emisión reciben la señal del satélite y la utilizan para la difusión por sus propias redes.
- ➔ *Canal de retorno*: Es una conexión del IRD que permite la interactividad con el sistema para solicitar algún programa de pago u otro servicio.

Dependiendo del medio en que nos encontremos se tienen diferentes sistemas de distribución de televisión digital, aquí se muestra una representación de tales sistemas.

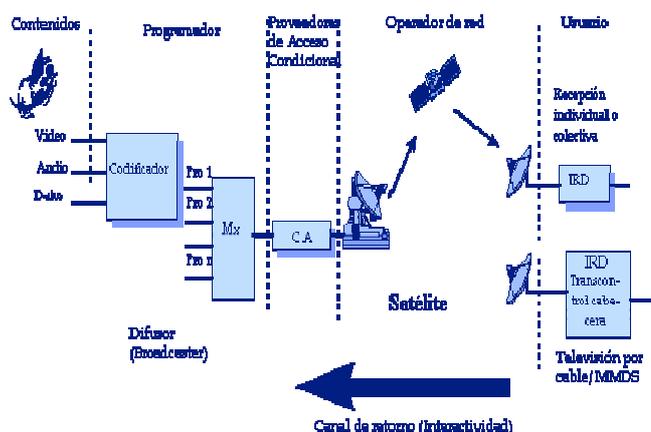


Figura 4.4.1 Sistema de Tv Digital por Satélite

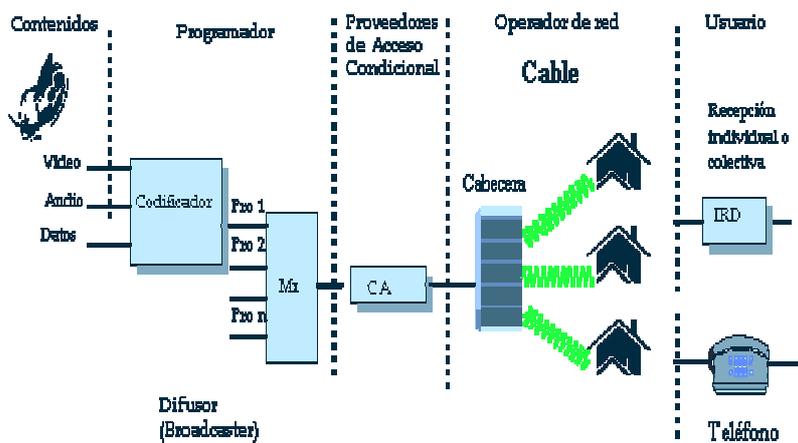


Figura 4.4.2 Sistema de TV Digital por Cable

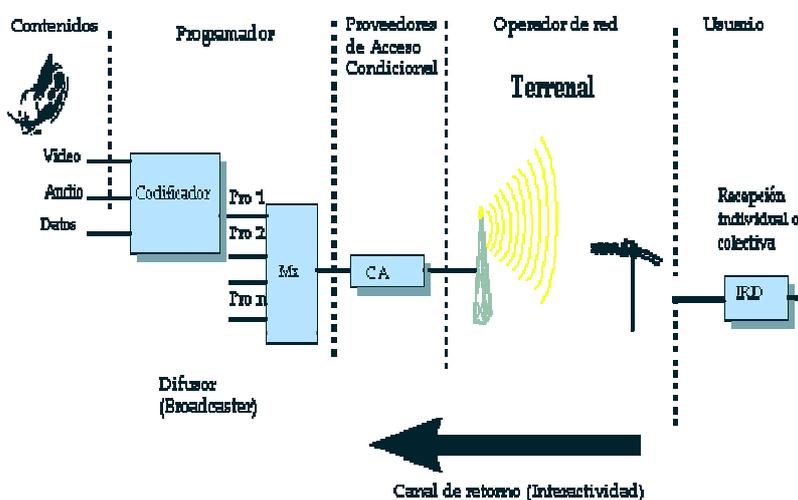


Figura 4.4.3 Sistema de TV Digital Terrenal

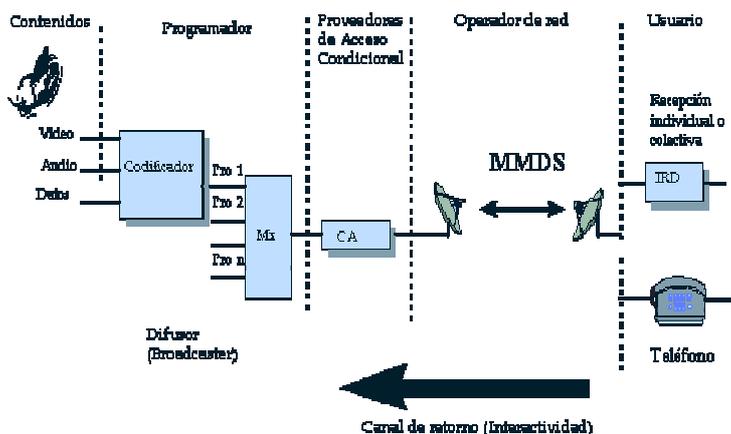


Figura 4.4.4 Sistema de TV Digital por Microondas

### Video Digital

La digitalización de una señal de video tiene lugar en tres pasos:

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

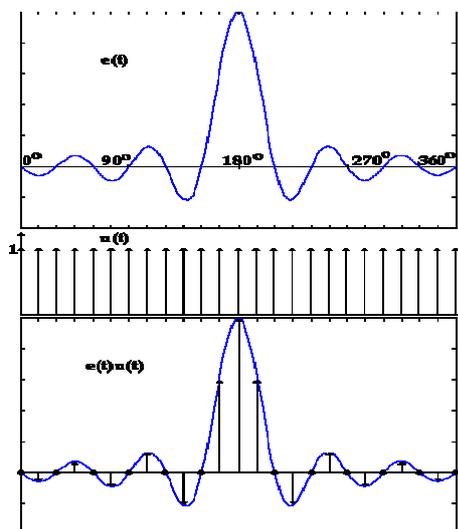


Figura 4.4.5 Muestreo de una señal analógica  $E(T)$  por un tren de pulsos  $U(T)$

Muestreo. Sea una señal análoga  $e(t)$  como la representada en el figura siguiente. Se toman muestras breves de  $e(t)$  cada  $15^\circ$  a partir de  $t=0$ . En  $360^\circ$  se habrán explorado 24 muestras. El resultado será una serie de impulsos cortos cuyas amplitudes siguen a la señal análoga.

A este tren de impulsos modulados en amplitud por la señal análoga se le denomina señal PAM (Pulse Amplitude Modulation o Modulación por Amplitud de Pulsos). Este muestreo puede representarse por la multiplicación de la señal análoga  $e(t)$  por un tren de impulsos  $(t)$ , dando por resultado la señal de la parte inferior de la figura.

Ahora bien, una señal de video está compuesta por un gran número de frecuencias formando un espectro continuo que va desde 0 a unos 5 MHz como se representa en la figura:

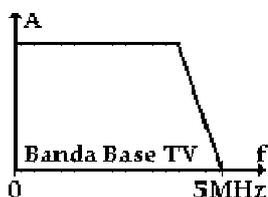


Figura 4.4.6 Banda Base de la Señal de Video

Al muestrear esta señal, cada frecuencia de video aparecerá en las bandas laterales superiores e inferiores de cada armónico de la frecuencia de muestreo, incluyendo naturalmente la banda base, esto es, el armónico cero.

El espectro de la señal muestreada se presentará por tanto, como se ve en la figura. De esta misma figura se deduce una condición elemental que debe cumplirse: que  $f_0 > 2f_s$  para que la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo y la banda base no se superpongan.

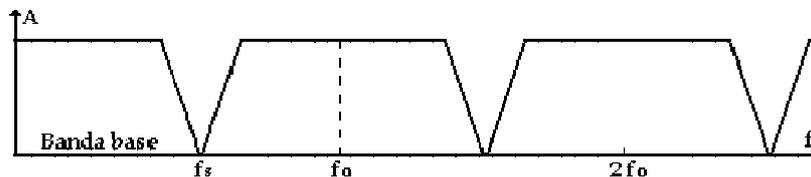


Figura 4.4.7 Espectro de una Señal de Video Muestreada a la Frecuencia  $F_0$

### ALIASING

Este razonamiento fue deducido por Nyquist-Shannon, al establecer que para conseguir un muestreo-recuperación sin distorsión, se requiere que la frecuencia de muestreo  $f_0$  sea al menos dos veces más elevada que la frecuencia máxima presente en la señal análoga muestreada.

La recuperación de la banda base se realizaría con un filtro pasa bajo que corte todas las frecuencias superiores a  $f_0/2$ . De no cumplirse el teorema del muestreo de Nyquist, el filtro dejaría pasar frecuencias pertenecientes a la banda lateral inferior contaminantes de la banda base, que producirían solapamientos con las frecuencias más altas de la misma. Este efecto se denomina "aliasing"

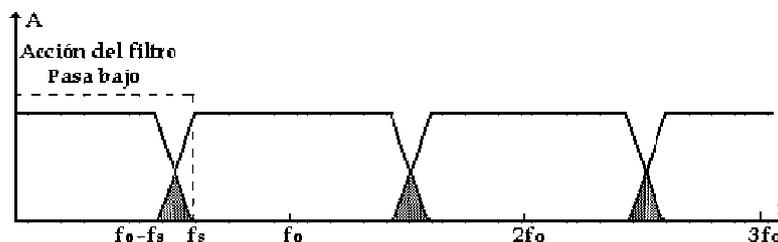


Figura 4.4.8 Cuando la Frecuencia de Muestreo es  $F_0 < 2F_s$

Otro motivo de "aliasing" se produce cuando el filtro no está bien calculado y permite el paso de frecuencias de la banda lateral inferior, aunque no estén traslapadas con la banda base que se muestra en la figura siguiente.

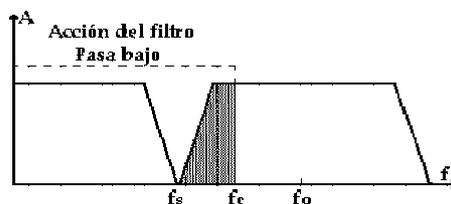


Figura 4.4.9 Cuando la frecuencia de corte del filtro PB es superior a  $A F_0 - F_s$

Cuantificación. Así se denomina al proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijado. Este valor se representa por un número que será convertido a un código de ceros y unos en el proceso de codificación. Por razones de facilidad en los cálculos, el número de niveles se hace coincidir con una potencia de dos y los impulsos de la señal PAM se redondean al valor superior o inferior según sobrepasen o no la mitad del ancho del nivel en que se encuentran. El error que se produjo con estas aproximaciones equivale a sumar una señal errónea a los valores exactos de las muestras, como se ve en la figura.

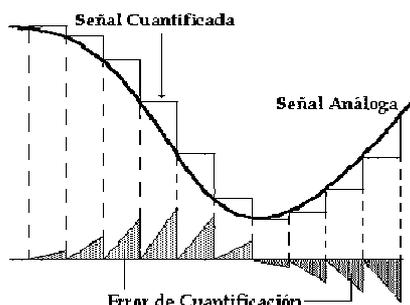


Figura 4.4.10 Error de Cuantización

Esta señal errónea aparecerá en el proceso de recuperación después de la decodificación digital-análoga, en forma de ruido visible. Se habla así de "ruido de cuantificación" que dependerá obviamente del número N de niveles empleados en el proceso. Cuantos más niveles existan menor será el ruido generado. La relación señal/ruido de cuantificación es:

$$\frac{S}{C} = (20 \text{Log} N + 10.8) \text{ dB}$$

de cuyo resultado se sacan las siguientes conclusiones:

La relación señal/ruido de cuantificación depende únicamente del número de niveles N en que se subdivide la excursión completa de la señal.

Existe un sumando constante 10.8 dB que tiene su origen en la misma definición de señal/ruido en televisión, donde se toma para la señal el valor pico a pico y para el ruido su valor eficaz.

Es evidente que usando codificación binaria resulta  $N=2^m$ , donde m=número de bits, por tanto:

$$\frac{S}{C} = (6m + 10.8) \text{ dB}$$

La anterior ecuación es válida para la digitalización de una señal monocroma o para cada componente de color.

Se adoptaron 8bits para la digitalización de la señal de video, por lo que la relación señal/ruido de cuantificación queda como:

$$\frac{S}{C} = 6(8) + 10.8 = 58.8 \text{ dB}$$

Codificación. La codificación final de la señal de salida de un equipo depende de su aplicación. Puede usarse por ejemplo un código binario puro o un código de complemento a dos para

aplicaciones locales. Pero cuando se trata de aplicaciones específicas, la codificación se convierte en un tema trascendente.

### Formatos de Codificación

Dos planteamientos aparentemente contradictorios se mantienen aún hoy día acerca de la digitalización de la señal de televisión en color:

- La codificación de señales compuestas.
- La codificación de componentes.



Figura 4.4.11 Codificación de la Señal Compuesta

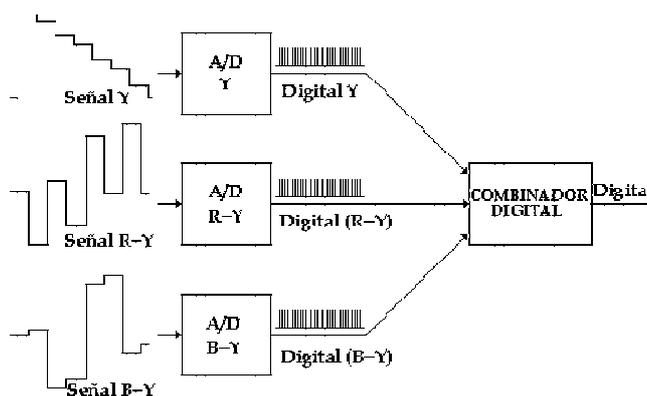


Figura 4.4.12 Codificación de Componentes

Codificación de las señales compuestas. Esta propuesta consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes (NTSC, PAL, SECAM). Con ello persiste el problema de la incompatibilidad de las distintas normas internacionales, aun manteniendo la misma frecuencia de muestreo y codificación. La decodificación devolvería las señales NTSC, PAL o SECAM, respectivamente.

La ventaja fundamental de digitalizar la señal compuesta radica en que el equipo puede incluirse como una unidad más en los Estudios análogos actualmente en servicio, sin necesidad de codificar o decodificar el NTSC, PAL o SECAM.

La siguiente figura muestra cómo opera el tratamiento de imágenes análogas durante la transición de la televisión análoga a digital, para el caso de codificación de señales compuestas.

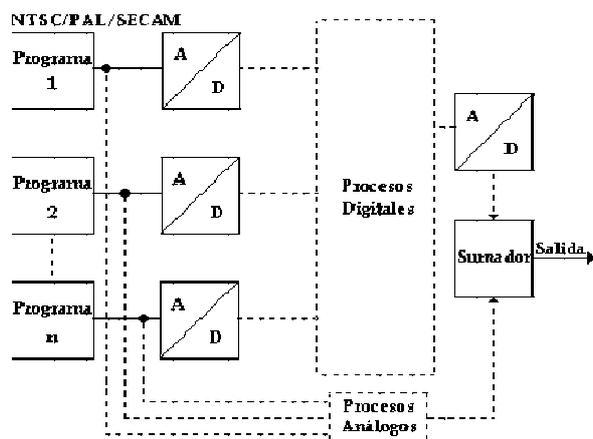


Figura 4.4.13 Transición de Analógico a Digital de las Señales Compuestas

Pasada la transición, la única ventaja que puede aportar la codificación de señales compuestas es el tratamiento de una señal única de video como ocurre actualmente en los Estudios análogos. Para los casos NTSC y PAL que modulan en amplitud a la subportadora de color, el fundido, mezcla y encadenado corresponderá a una sencilla multiplicación de todas las muestras por un factor situado entre 0 y 1. Pero en el caso del SECAM, es necesario descomponer primero la señal de video en sus componentes Y, R-Y, B-Y antes de la mezcla. Este problema elimina esta ventaja para el SECAM.

Y en todo caso, cada fuente de video digital tendría que disponer de codificación y decodificación NTSC/PAL/SECAM, lo que representa una degradación de las imágenes por causa de los sucesivos procesos de codificación-decodificación.

Así, se concluye que en el horizonte se encuentra la digitalización global de las señales en componentes.

Codificación en componentes. Por este método se digitalizan las tres señales Y,  $K_1(R-Y)$ ,  $K_2(B-Y)$  donde  $K_1$  y  $K_2$  son factores de ponderación que imponen el sistema digital. Estos factores no tienen los mismos valores que los coeficientes ponderados de NTSC, PAL o SECAM.

La primera y gran ventaja que se deriva de esta codificación es que siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación. En tal sentido el CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications o Comité Consultivo Internacional de Radio Comunicaciones) emitió en 1982 la norma 4:2:2 CCIR 601 de televisión digital en componentes.

La segunda ventaja de esta codificación es que una vez alcanzada la digitalización plena de la producción, sólo se requiere un paso final de conversión D/A y una codificación NTSC, PAL o SECAM según el sistema adoptado de transmisión.

Se añade a las ventajas ya señaladas que el tratamiento digital en componentes elimina los efectos perturbadores mutuos de luminancia y crominancia a la vez que en edición electrónica desaparecen los problemas derivados de la estructura de 4 y 8 campos NTSC y PAL respectivamente. Sólo habría de tenerse en cuenta la estructura de dos campos entrelazados como en televisión en blanco y negro.

La norma CCIR 601 de televisión digital o norma 4:2:2. Esta norma define los parámetros básicos del sistema de televisión digital que aseguran la mayor compatibilidad mundial.

Se basa en una señal Y, Cr, Cb en el formato llamado 4:2:2 (4 muestreos Y por 2 muestreos Cr y 2 muestreos Cb), con una digitalización sobre 8 bits, con posibilidad de ampliarla a 10 bits para aplicaciones más exigentes.

Cualquiera que sea el estándar de barrido, la frecuencia de muestreo es de 13.5 MHz para la luminancia Y. Para las señales de crominancia Cr y Cb, dado su ancho de banda más limitado se muestrean a la mitad de la frecuencia de la luminancia, es decir, 6.75 MHz.

Lo que se corresponde con una definición de 720 muestreos por línea en luminancia y de 360 muestreos por línea de crominancia, cuya posición coincide con la de los muestreos impares de luminancia. Como se aprecia en la figura.

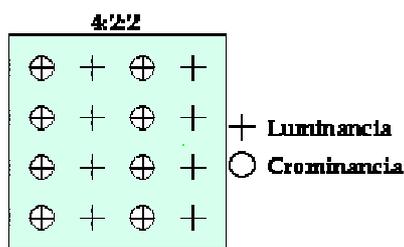


Figura 4.4.14 Posición de los Muestreos en el Formato 4:2:2

Para esta frecuencia de muestreo, el número de muestras por línea es de 864 y 858 para la luminancia y de 432 y 429 para las diferencias de color (sistema de 625 y 525 líneas respectivamente).

La estructura de muestreo es ortogonal, consecuencia de que la frecuencia de muestreo es un múltiplo entero de la frecuencia de líneas.

Las muestras de las señales diferencias de color se hacen coincidir con las muestras impares de la luminancia, o sea 1ª, 3ª, 5ª, etc.

El número de bits/muestra es de 8, tanto para la luminancia como para las señales diferencias de color, lo que corresponde a  $2^8$  niveles = 256 niveles de cuantificación.

La luminancia utiliza 220 niveles a partir del 16 que corresponde al nivel de negro, hasta el 235 correspondiente al nivel de blanco. Se acepta una pequeña reserva del 10% para la eventualidad de que ocurran sobremodulaciones.

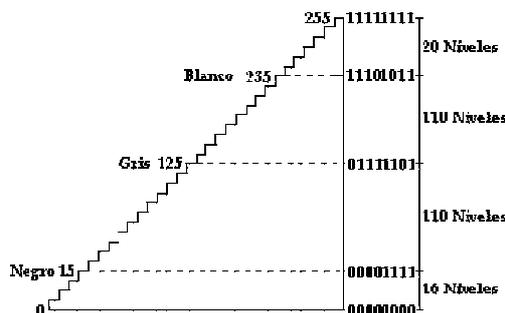


Figura 4.4.15 Cuantificación de la Señal de Luminancia

Para las señales diferencias de color se utilizan 224 niveles, que se reparten a ambos lados del cero análogo, que se hace corresponder con el número digital 128. Así pues, la señal variará

entre los valores extremos  $128 + 112 = 240$  y  $128 - 112 = 16$ , con una reserva de 16 niveles a ambos lados.

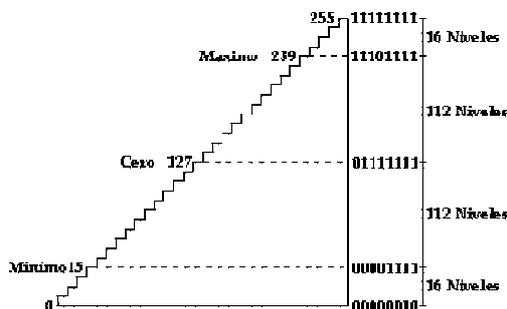


Figura 4.4.16 Cuantificación de la Señal de Crominancia

Dado que las señales Cr y Cb están disponibles simultáneamente en cada línea, la definición vertical es idéntica tanto para luminancia como para croma, y se corresponde con el número de líneas útiles del estándar de exploración de partida (480 para los estándares de 525 líneas, 576 para los de 625 líneas).

El flujo bruto resultante es:

$$(13.5 \times 8) + (2 \times 6.75 \times 8) = 216 \text{ Mbit/s (270 Mbit/s con 10 bits)}$$

Además, la digitalización de la parte útil de la señal de video solo requiere 166 Mbit/s, si se tiene en cuenta la inutilidad de digitalizar los intervalos de supresión del haz (también llamados "blanking") de línea y campo. Por tanto, estos tiempos libres pueden aprovecharse para transportar los canales de sonido digital, así como datos de servicio u otros.

A continuación se reproduce la norma 4:2:2 CCIR 601 en el Cuadro.

### Parámetros de la Norma 4:2:2

Parámetros	Sistemas	
	NTSC	PAL/SECAM
	525 líneas	625 líneas
	60 campos	50 campos
1. Señales codificadas	Y, Cr, Cb	
2. Número de muestras por línea completa		
Luminancia	858	864
Crominancia	429	432
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, estructura idéntica de todos los campos y cuadros. Las señales Cr y Cb se muestran simultáneamente con las muestras impares de la luminancia (1, 3, 5, etc.)	
4. Frecuencia de muestreo		
Luminancia	13.5 MHz	
Crominancia	6.75 MHz	
5. Codificación	Cuantificación lineal. Codificación con 8 bits por muestra para la luminancia y cada señal de	

	crominancia.
6. Número de muestras activas por líneas digital: Luminancia Crominancia	720 360
7. Correspondencia entre los niveles de video y de cuantificación: Luminancia Crominancia	220 niveles de cuantificación. El nivel negro corresponde al número digital 16; el nivel nominal de blanco al número 235. 224 niveles de cuantificación en la parte central del margen de cuantificación. El nivel de video cero corresponde al número 128.

Ventajas del video digital. La calidad de reproducción de un sistema digital de video bien diseñado es independiente del medio y depende únicamente de la calidad de los procesos de conversión.

Cuando se copia una grabación digital, aparecen los mismos números en la copia: no se trata de un duplicado, sino de una clonación. Si no es posible distinguir la copia del original, no se habrá producido ninguna pérdida en la generación. Las grabaciones digitales pueden copiarse indefinidamente sin que haya pérdida en la calidad.

Una de las mayores ventajas que presenta la tecnología digital es su bajo costo. Si la realización de copias no ocasiona pérdidas de calidad, los equipos de grabación no tienen por qué ser mejor de lo necesario. No hay necesidad del consumo de cinta tan grande y excesivo que tienen los equipos de grabación análogos. Cuando la información que se ha de grabar adopta la forma de números discretos, estos pueden empaquetarse densamente en un soporte sin pérdida de la calidad. De darse el caso que algunos bits estén defectuosos por causa del ruido o de pérdidas de señal, el sistema de corrección de errores puede restituir el valor original.

Las redes de comunicaciones desarrolladas para manejar datos pueden llevar perfectamente video digital acompañado también de audio a distancias indefinidas sin pérdidas de calidad. La difusión de televisión digital emplea estas técnicas para eliminar las interferencias, así como los problemas de atenuación de señales y de recepción de camino múltiple propio de las emisiones análogas. Al mismo tiempo, se hace un uso más eficaz del ancho de banda disponible. Los equipos digitales pueden llevar incorporados equipos de auto diagnóstico. El costo de mantenimiento se reduce.

### **Fundamentos de la Compresión de Imágenes**

El término compresión de datos se refiere al proceso de reducción del volumen de datos necesarios para representar una determinada cantidad de información. Los datos son los medios a través de los que se transporta la información. Se pueden utilizar distintas cantidades de datos para describir la misma cantidad de información. Por lo tanto, hay datos que proporcionan información sin relevancia. Esto es lo que se conoce como redundancia de los datos. La redundancia de los datos es un punto clave en la compresión de datos digitales.

En la compresión digital de imágenes, se pueden identificar y aprovechar tres tipos básicos de redundancias:

- Redundancia de codificación
- Redundancia entre píxeles

- La compresión de datos se consigue cuando una o varias de estas redundancias se reducen o se eliminan.

### **Histogramas de Brillo**

Las características de brillo de una imagen pueden ser mostradas rápidamente con una herramienta conocida como histograma de brillo. En términos generales, un histograma es una distribución gráfica de un conjunto de números. El histograma de brillo es una distribución gráfica de los niveles de gris de los píxeles en una imagen digital. Proporciona una representación gráfica de cuántos píxeles están en cada franja de niveles de gris.

Un histograma se muestra como una gráfica donde en el eje horizontal está el brillo, que va de 0 hasta 255 (para una escala de gris de 8 bits), y en el eje vertical el número de píxeles. El histograma es una conveniente representación fácil de leer de la concentración de píxeles contra el brillo en una imagen. Usando este gráfico se puede ver inmediatamente si una imagen es básicamente oscura o clara y de contraste alto o bajo.

### **Redundancia de Codificación**

Los histogramas de niveles de gris de una imagen pueden servir para la obtención de códigos que permitan reducir la cantidad de datos necesarios para representar una imagen.

El histograma de una imagen digital con niveles de gris en el rango  $[0, L-1]$  es una función discreta  $p(r_k) = n_k/n$ , donde  $r_k$  es el  $k$ -ésimo nivel de gris,  $n_k$  es el número de píxeles de la imagen con ese nivel de gris,  $n$  es el número total de píxeles de la imagen y  $k=0,1,2,\dots,L-1$ .

De forma general se puede decir que  $p(r_k)$  da una idea del valor de la probabilidad de que aparezca el nivel de gris  $r_k$ . Si el número de bits empleados para representar cada valor de  $r_k$  es  $l(r_k)$ , el promedio de bits necesarios para representar cada píxel es:

$$L_{med} = \sum_{k=0}^{L-1} l(r_k) p(r_k)$$

Es decir, la longitud media de las palabras código asignadas a los valores de los diversos niveles de gris se halla sumando el producto del número de bits empleados para representar cada nivel de gris y la probabilidad de que aparezca este nivel. Así, el número total de bits necesarios para codificar una imagen  $N \times M$  es  $NML_{med}$ .

Si se representan los niveles de gris de una imagen mediante un código binario natural de  $m$  bits, se logra reducir el término de la derecha de la ecuación a  $m$  bits.

Es decir,  $L_{med} = m$  cuando se sustituye  $m$  por  $l(r_k)$ . Entonces, se puede extraer la constante  $m$  de la sumatoria, dejando solamente la suma de  $p(r_k)$ , que, naturalmente, es igual a la unidad.

Ejemplo:

Una imagen de 8 niveles posee la distribución de niveles de gris que aparece en el cuadro siguiente. Si se emplea un código binario de 3 bits (véase el código 1 y  $l_1(r_k)$  en el cuadro ) para representar los 8 posibles niveles de gris,  $L_{med}$  es igual a 3 bits, puesto que  $l_1(r_k) = 3$  bits para todo  $r_k$ . Sin embargo, si se utiliza el código 2 del Cuadro 3, el número medio de bits necesarios para codificar la imagen se reduce a

$$L_{med} = \sum_{k=0}^7 l_2(r_k) p(r_k)$$

$$=2(0,19)+2(0,25)+2(0,21)+3(0,16)+4(0,08)+5(0,06)+6(0,03)+6(0,02)=2.7bits$$

Ejemplo de Código de Longitud Variable

$r_k$	$p_r(r_k)$	Código 1	$l_1(r_k)$	Código 2	$L_2(r_k)$
$r_0=0/7=0$	0,19	000	3	11	2
$r_1=1/7$	0,25	001	3	01	2
$r_2=2/7$	0,21	010	3	10	2
$r_3=3/7$	0,16	011	3	001	3
$r_4=4/7$	0,08	100	3	0001	4
$r_5=5/7$	0,06	101	3	00001	5
$r_6=6/7$	0,03	110	3	000001	6
$r_7=7/7=1$	0,02	111	3	000000	6

La relación de compresión resultante  $C_R$  es  $3/2.7$ , es decir, 1.11. Así, aproximadamente el 10% de los datos resultantes al emplear el código 1 es redundante. El nivel exacto de redundancia es:

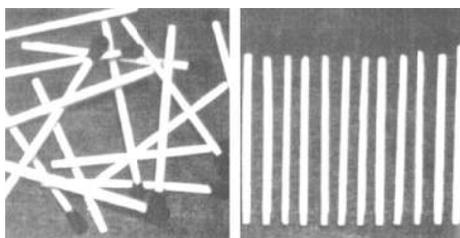
$$R_D=1-\frac{1}{1,11}=0,099$$

En el ejemplo anterior, al asignar menos bits a los niveles de gris más probables y más bits a los menos probables, se puede conseguir la compresión de datos. A este proceso se le denomina codificación de longitud variable. Si los niveles de gris de una imagen están codificados de forma que se emplean más símbolos que los estrictamente necesarios para representar cada uno de ellos, entonces se dice que la imagen resultante contiene redundancia de código. En general, la redundancia de código aparece cuando los códigos asignados a un conjunto de niveles de gris no han sido seleccionados de modo que se obtenga el mayor rendimiento posible de las probabilidades de estos niveles.

### Redundancia Entre Píxeles

Considérense las imágenes que se muestran en la figura. Como se puede apreciar en la figura, estas dos imágenes poseen histogramas prácticamente idénticos. Puesto que los niveles de gris de estas imágenes no son igualmente probables, se pueden usar códigos de longitud variable para reducir la redundancia que resultaría de una codificación binaria directa o natural de sus píxeles. Sin embargo, el proceso de codificación no alteraría el nivel de correlación entre los píxeles de las imágenes. En otras palabras, los códigos empleados para representar los niveles de gris de una imagen no tienen nada que ver con la correlación entre píxeles. Estas correlaciones resultan de las relaciones estructurales o geométricas entre los objetos de la imagen. La figura muestra los respectivos coeficientes de correlación calculados a lo largo de una línea de cada imagen. Obsérvese la gran diferencia entre los perfiles de las funciones mostradas en la figura. Estos perfiles se pueden relacionar cualitativamente con la estructura de las imágenes de la figura. Esta relación se destaca particularmente en la figura derecha, donde la elevada correlación entre los píxeles separados por 45 y 90 muestras se puede relacionar directamente con el espaciado entre los fósforos orientados verticalmente que

aparecen en la figura derecha. Además, los píxeles adyacentes de ambas imágenes están muy correlacionados.



Imágenes de Fósforos en Diferentes Posiciones

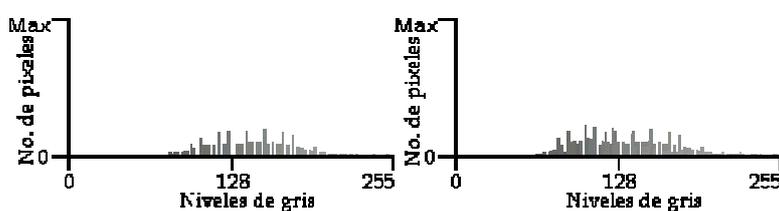


Figura 4.4.17 Histograma de Brillo de Las Imágenes Anteriores

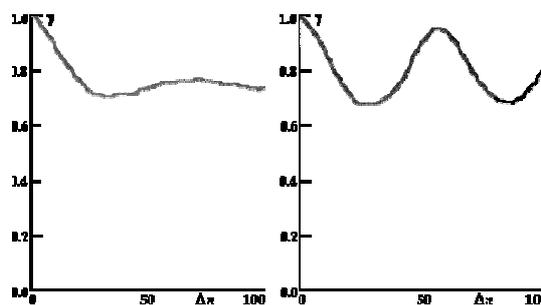


Figura 4.4.18 Coeficientes de Auto Correlación Normalizados a lo Largo de una Línea

Estas ilustraciones reflejan otra forma importante de redundancia de los datos (una directamente relacionada con las correlaciones entre los píxeles de una imagen). Puesto que es posible predecir razonablemente el valor de un determinado píxel a partir del valor de sus vecinos, la información que aporta individualmente un píxel es relativamente pequeña. La mayor parte de la contribución visual de un único píxel a una imagen es redundante; podría haberse inferido de acuerdo con los valores de sus vecinos. En relación con estas dependencias entre píxeles se han generado una serie de nombres como redundancia espacial, redundancia geométrica y redundancia interna. Con el fin de reducir las redundancias entre píxeles de una imagen, la distribución bidimensional de píxeles normalmente empleada para la percepción e interpretación humana debe ser transformada a un formato más eficaz.

### **Compresión de Imágenes sin Pérdidas**

Cuando un conjunto de datos se comprime, como un documento de texto o un dato numérico, se hace siempre para que la descompresión subsecuente produzca el dato original exacto. Si el

dato reconstruido no es exactamente igual al original, el documento de texto podría tener caracteres errados, o un computador podría tener unas entradas equivocadas. Debido al tipo de datos que se manejan en estos ejemplos, una aproximación no funciona bien. Para estos casos, los datos deben reconstruirse exactamente igual que su forma original, o el esquema de compresión es inutilizable. El tipo de esquema de compresión donde los datos comprimidos se descomprimen a su forma original exacta se llama compresión sin pérdidas. Está desprovisto de pérdidas, o degradaciones, de los datos.

Se han desarrollado una variedad de esquemas de compresión de imágenes sin pérdidas. Muchas de estas técnicas vienen directamente del mundo de compresión de datos digital y se han adaptado meramente para el uso con datos de la imagen digitales.

### **Codificación de Longitud Fija**

En la codificación de longitud fija, se asignan palabras de código de longitud iguales a cada símbolo en un alfabeto  $A$  sin tener en cuenta sus probabilidades. Si el alfabeto tiene  $M$  símbolos diferentes (o bloques de símbolos), entonces la longitud de las palabras de código es el entero más pequeño mayor que  $\log_2 M$ .

Dos esquemas de codificación de longitud fija comúnmente usados son los códigos naturales y los códigos Gray, que se muestran en el cuadro siguiente para el caso de una fuente de cuatro símbolos. Nótese que en la codificación Gray, las palabras de código consecutivas difieren en un solo bit. Esta propiedad de los códigos Gray puede proveer una ventaja para la detección de errores. Puede mostrarse que la codificación de longitud fija sólo es óptima cuando:

- ➔ El número de símbolos es igual a una potencia de dos
- ➔ Todos los símbolos son equiprobables.

Sólo entonces podría la entropía de la fuente ser igual a la longitud promedio de las palabras código que es igual a la longitud de cada palabra código en el caso de la codificación de longitud fija. Para el ejemplo mostrado en el cuadro, la entropía de la fuente y la longitud media de la palabra código es 2, asumiendo que todos los símbolos son igualmente probables. A menudo, algunos símbolos son más probables que otros, donde sería más ventajoso usar codificación de la entropía. Realmente, la meta de un sistema de compresión de imágenes es obtener un conjunto de símbolos con una distribución de probabilidad inclinada, para minimizar la entropía de la fuente transformada.

Códigos de longitud fija para un alfabeto de 4 símbolos

SÍMBOLO	CÓDIGO NATURAL	CÓDIGO GRAY
$a_1$	00	00
$a_2$	01	01
$a_3$	10	11
$a_4$	11	10

### **Codificación de Longitud Variable**

El método más simple de compresión de imágenes sin pérdidas consiste en reducir únicamente la redundancia de la codificación. Esta redundancia está normalmente presente en cualquier codificación binaria natural de los niveles de gris de una imagen. Dicha redundancia se puede

eliminar construyendo un código de longitud variable que asigne las palabras código más pequeñas a los niveles de gris más probables. Existen varios métodos de codificación de longitud variable, pero los más usados son la codificación Huffman y la codificación aritmética.

### Codificación Huffman

La codificación Huffman convierte los valores de brillo de los píxeles de la imagen original en nuevos códigos de longitud variable, basado en su frecuencia de ocurrencia en la imagen. De esta manera, a los valores de brillo que ocurren más frecuentemente se les asignan los códigos más cortos y a los valores de brillo que ocurren con menos frecuencia se les asignan los códigos más largos. El resultado es que la imagen comprimida requerirá de menos bits para describir la imagen original.

El esquema de compresión Huffman comienza mirando el histograma de brillo de una imagen. Con el histograma, la frecuencia de ocurrencia para cada brillo en la imagen está disponible. Ordenando los valores de brillo por sus frecuencias de ocurrencia, se obtiene una lista donde el primer valor se encuentra más a menudo en la imagen, y el último valor se encuentra menos a menudo en la imagen. Con esta lista, el codificador Huffman asigna nuevos códigos a cada valor de brillo. Los códigos asignados son de longitudes variables; los códigos más cortos son asignados a los primeros (más frecuentes) valores m de la lista y, eventualmente, los códigos más largos se asignan a los últimos (menos frecuentes) valores de la lista. Finalmente, la imagen comprimida es creada simplemente sustituyendo los nuevos códigos de valores de brillo de longitud variable por los códigos de valores de brillo originales de 1 byte.

Por supuesto, la lista de códigos Huffman que acopla los valores de brillo originales a sus nuevos códigos Huffman variables se debe añadir a la imagen para el uso de la operación de descompresión Huffman, como se muestra en la siguiente figura de la codificación Huffman:

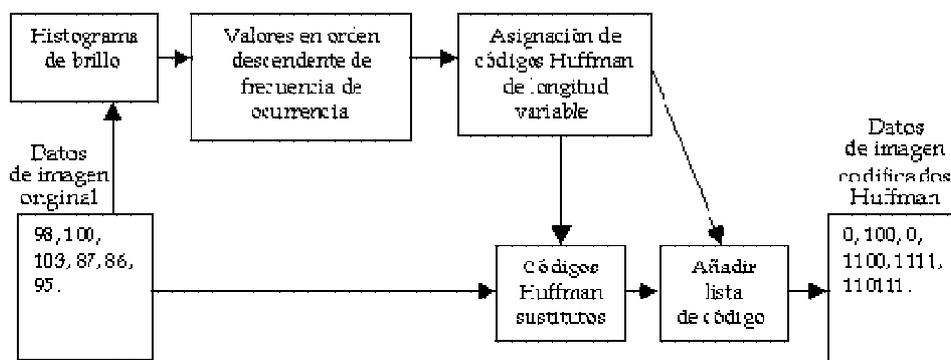


Figura 4.4.19

Los códigos Huffman son asignados creando un árbol de Huffman que hace combinaciones con los valores de brillo basado en la suma de las frecuencias de ocurrencia. El árbol de Huffman asegura que los códigos más largos se asignen a los brillos menos frecuentes y los códigos más cortos se asignen a los brillos más frecuentes. Usando el brillo clasificado en orden de sus frecuencias de ocurrencia, los dos del final de la lista (menos frecuentes) se combinan y se etiquetan como 0 y 1. Los brillos combinados son representados por la suma de las frecuencias de ocurrencia. Entonces, se determinan y se combinan las próximas dos frecuencias de

ocurrencia más bajas. De nuevo, el siguiente par se etiqueta 0 y 1, y es representado por la suma de las frecuencias de ocurrencia. Esto continúa hasta que todo el brillo se ha combinado. El resultado es un árbol que, cuando se sigue del final hasta el principio, indica el nuevo código Huffman binario para cada brillo en la imagen.

La figura muestra una imagen de 640 píxeles x 480 líneas, donde cada píxel es representado por simplicidad, por un valor de brillo de tres bits. El histograma de la imagen muestra el número real de píxeles en la imagen con cada uno de los ocho valores de brillo. El brillo se ordena basado en sus frecuencias de ocurrencia y entonces se combina en un árbol de Huffman, como se describió anteriormente. Aunque todos los píxeles en la imagen original fueron codificados como valores de brillo de tres bits, los códigos Huffman son tan pequeños como un bit y pueden ser tan grandes como 7 bits. El código Huffman más largo nunca puede ser mayor que el número de valores de brillo diferentes en la imagen (en este caso 8) menos 1. Aunque una imagen codificada con Huffman puede tener un poco de brillo con códigos muy largos, sus frecuencias de ocurrencia siempre son estadísticamente bajas.

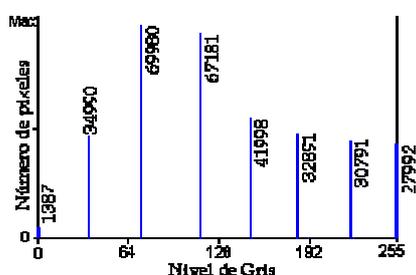


Figura 4.4.20 Histograma de Brillo de la Imagen Original

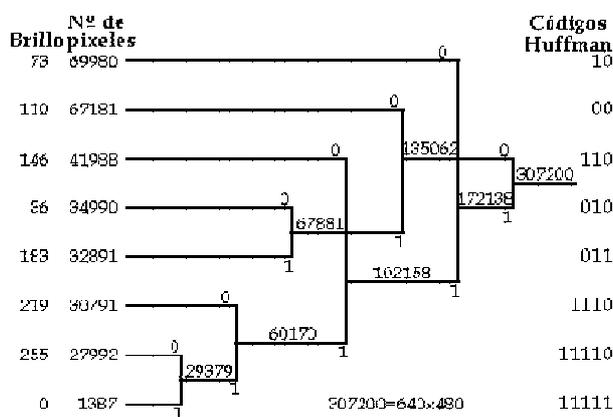


Figura 4.4.21 Creación del Árbol de Huffman

La cantidad de datos de la imagen original puede calcularse como 640x480x3 bits. La cantidad de datos de la imagen codificada por Huffman puede calcularse como la suma de las ocho frecuencias de ocurrencia multiplicadas por el respectivo número de bits en su código.

La descompresión de imágenes Huffman invierte el proceso de compresión sustituyendo los valores de brillo originales de longitud fija de un byte por valores codificados de longitud

variable. La imagen original se reconstruye exactamente. La compresión de imágenes Huffman generalmente proporcionará razones de compresión de alrededor de 1.5:1 a 2:1.

## 4.5 FORMATOS DE VIDEO DIGITAL

### *Video Compuesto Digital*

Los sistemas de video digital también han sufrido evolución, inicialmente el video digital implicaba solamente el convertir video compuesto análogo NTSC hacia digital, mediante este procedimiento no se lograba realmente una mejora importante en la resolución y calidad de la imagen, la única ventaja residía en el hecho de poder efectuar multigeneración sin degradación de calidad. Estos representaron los primeros formatos de video digital, para el caso de video tape aparecieron fabricantes tales como AMPEX, SONY con el formato D2, y PANASONIC con su formato D3, ambos formatos eran video compuesto digital y solo diferían en cuanto a la estructura de datos y grabación, sin embargo la calidad era prácticamente la misma.

### *Video en Componentes Digital CCIR 601*

Como se mencionó anteriormente el video compuesto digital, en realidad no aportaba una mejora importante en la calidad de la señal de video, por lo cual se decidió por manejar la señal de video en componentes con lo cual la calidad si sufría un incremento importante en la calidad, ante esta necesidad surgió la norma CCIR 601, que dicta los estándares para video digital por componentes, la norma CCIR-601 en realidad es un estándar de muestreo, en este se informa sobre el método para efectuar el muestreo de señales en componentes para los sistemas 525/59.94 y 625/50. Esta norma se diseñó en conjunto con el SMPTE y se emitió en 1981, el resultado fue la recomendación CCIR -601, esta recomendación explica el muestreo ortogonal a 13.5 MHz para luminancia y 6.75 MHz para las dos diferencias de color CB y CR, las cuales son B-Y, R-Y.

Esta recomendación especificaba 8 bits de precisión por palabra para representar el video, sin embargo algunos fabricantes así como participantes en el desarrollo de la recomendación sugirieron que 8 bits no resultaban suficientes para representar el video, actualmente es posible encontrar sistemas de 10 e inclusive de 12 bits.

El CCIR (International Radio Consultative Comitee) fue reorganizado hace algún tiempo, por lo cual el CCIR ya no existe ahora recibe el nombre de ITU (International Telecommunications Union), versiones más recientes con la consideración de 10 bits fueron emitidas ahora por el ITU por ejemplo ITU-R-601-2. Actualmente prácticamente todos los fabricantes producen equipos para producción y post-producción basados en esta recomendación, la cual proporciona las ventajas de operación en digital y componentes, y representa la máxima calidad posible en sistemas de 525 y 625 líneas.

### *El Sistema 4:2:2*

La norma CCIR-601 implica el estándar de video por componentes y se refiere a el muestreo aplicado a las señales de luminancia y las componentes de color, en algunas ocasiones se hace referencia al equipo de video digital en componentes como Sistema de 4:2:2, esta nomenclatura hace referencia a los múltiplos de muestreo que se utilizan para la luminancia y para las componentes de diferencia de color. Para el caso del 4, este se refiere a 4 veces la frecuencia de la subportadora de color en un sistema NTSC, es decir:

$$3.57945 \text{ MHz} \times 4 = 14.3178 \text{ MHz}$$

Este valor se estableció en un valor de 13.5 MHz, para hacerlo compatible mediante un factor de 2.25 MHz, con la frecuencia de muestreo del sistema PAL, los otros dos números corresponden a las veces que se muestrean las componentes de color, es decir:

$$3.57942 \text{ MHz} \times 4 = 7.1588 \text{ MHz}$$

De igual forma la frecuencia par este caso se situó en 6.75 MHz.

### ***El Sistema 4:4:4***

Diversas pruebas han demostrado que las transiciones efectuadas cuando se usa el "Chroma Key" en el sistema 4:2:2 dan una perturbación perceptible en las transiciones. Por esta razón los fabricantes de equipos de estudio han optado por utilizar el ancho de banda completo para señales en componentes digitales. Como se sabe la precisión de la incrustación depende de la frecuencia más alta presente de la señal de conmutación. Para este caso el sistema 4:4:4 es el más adecuado, por esta razón los switchers de estudio procesan internamente en 4:4:4 aún cuando las entradas y salidas sean en formato 4:2:2. Este es el caso de los switchers de producción de la serie Synergy de ROSS VIDEO.

### ***Formatos de Video Digital***

Hasta ahora hemos visto dos formatos de video digital, el formato en video compuesto digital y el formato de video en componentes digital 4:2:2, esto corresponde directamente a la calidad de la señal de video, y se refiere al formato nativo de la señal de video.

### ***Formatos de Video Tape Digital***

La grabación en video tape ha sido siempre una necesidad en los sistemas de televisión ya sean análogos ó digitales; para el caso de los sistemas de televisión digital existen también formatos de video tape digital, los cuales inician desde el sistema de video compuesto digital para el cual se diseñaron dos formatos, el formato D2 fabricado por AMPEX y SONY, y el formato D3 fabricado por PANASONIC, estos dos formatos graban video digital compuesto, por lo cual no planteaban una gran mejora en la calidad de la señal. El formato de video en componentes digitales se llama D1, ó 4:2:2, actualmente muchos fabricantes diseñan equipo en base a estos requerimientos, por ejemplo PANASONIC con el formato DVC-PRO, SONY con Betacam Digital, etc. A continuación se muestra una pequeña tabla con estos formatos:

NOMBRE	TIPO	CASSETTE	COMENTARIOS	FABRICANTE
<b>D1</b>	Componentes 4:2:2	¾" (19 mm.)	Alta calidad uso en post-producción.	SONY y otros
<b>D2</b>	Compuesto (4Fsc)	¾" (19 mm.)	Uso Broadcast, edición.	SONY
<b>D3</b>	Compuesto (4Fsc)	½" (13 mm.)	Misma aplicación que D2.	PANASONIC
<b>BETACAM DIGITAL</b>	Componentes 4:2:2	½" (13 mm.)	Broadcast, edición, post-producción.	SONY 10 Bits usa compresión
<b>D5</b>	Componentes 4:2:2	½" (13 mm.)	Broadcast, edición, post-producción.	PANASONIC Sin compresión Compatible con D3.

### Velocidad de Transmisión

En los inicios de los sistemas de video digital, una gran cantidad de equipos poseían interfaces paralelas, por ejemplo algunos modelos de Maquinas de Video tape formato D3 Panasonic, tenían esta interfase y carecían completamente de salida serial, para poder integrar estos equipos con el resto del sistema era necesario agregar un convertidor de paralelo a serial, es importante recordar que este formato es video digital compuesto por lo cual el ancho de banda es menor que para el caso de video digital por componentes, en la tabla siguiente se muestran las velocidades de los estándares vistos hasta ahora.

FORMATO	DATA RATE SERIAL
<b>4 Fsc- NTSC</b>	Video Compuesto Digital 143 Mb/s
<b>4Fsc-PAL</b>	Video Compuesto Digital PAL 177Mb/s
<b>4:2:2</b>	Video en Componentes Digitales, es la misma velocidad para PAL o NTSC 270 Mb/s
<b>Formato de 16:9</b>	Video en Componentes Digital formato 16:9 360Mb/s

### Tecnología MPEG 1 Y 2

El sistema MPEG-1 tiene tres partes principales: audio, video y un sistema multiplexor que integra a las otras dos (codificador de audio y de video), como se muestra en la siguiente gráfica. Estos dispositivos funcionan independientemente, pero se sincronizan con un reloj dentro del mismo sistema (90 KHz), que suministra el valor de tiempo, a ambos codificadores.

Estos valores son de 33 bit y sus marcas de tiempo se incluyen en la salida codificada y se propagan hasta el receptor, este puede usarlas para sincronizar las corrientes de audio y video.

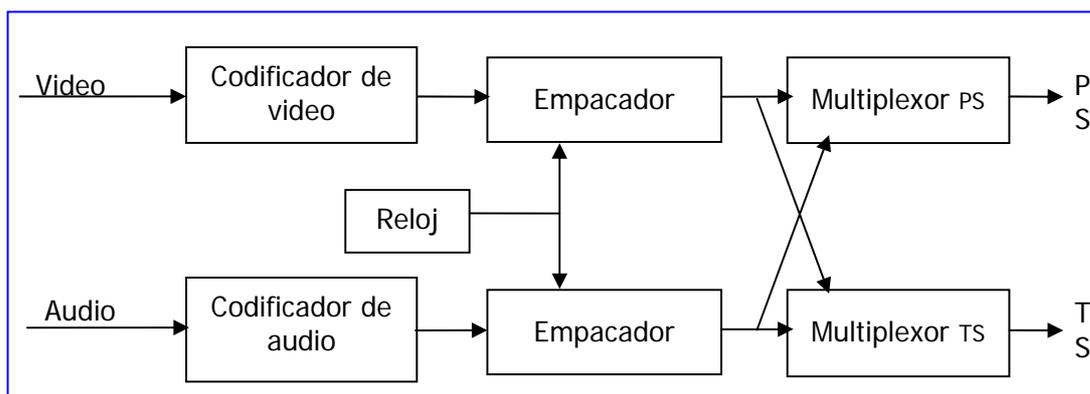


Figura 4.5.1 Multiplexión de dos Corrientes en MPEG-2  
 PS (Paquetes de Longitud Variable, base de Tiempo Común)  
 TS (Paquetes de Longitud Fija, Base de Tiempo común)

La compresión de audio MPEG se hace muestreando la forma de onda a 32 KHz, 44.1 KHz o 48 KHz; permite manejar sonido monofónico. En este sistema el algoritmo se organiza en tres capas, cada una de las cuales aplica optimizaciones adicionales para obtener mayor compresión (a mayor costo).

La primera capa es el esquema básico, esta capa se usa, por ejemplo, en el sistema de cinta digital DCC. La segunda capa agrega asignación avanzada de bit al esquema básico; se usa para audio de CD-ROM y pistas sonoras de cine. La tercera capa agrega filtros híbridos, cuantificación no uniforme, codificación *Huffman* y otras técnicas avanzadas.

La compresión del audio se logra ejecutando una transformación de *Fourier* con la señal de audio para transformarla del dominio de tiempo al dominio de la frecuencia. El espectro resultante se divide entonces en 32 bandas de frecuencia que se procesan por separado. Cuando están presentes dos canales estéreo, también puede aprovecharse la redundancia inherente por tener dos fuentes de audio altamente traslapadas. La corriente de audio MPEG-1 resultante se puede ajustar desde 32 Kbps hasta 448 Kbps.

Consideremos ahora la compresión de video MPEG-1. Existen dos clases de redundancia en las películas: espacial y temporal; en los cuales la redundancia espacial puede utilizarse simplemente al codificar por separado cada marco mediante JPEG. Este enfoque se usa ocasionalmente, sobre todo cuando se requiere acceso aleatorio a cada marco, como por ejemplo, en la edición de producciones de video.

La salida del MPEG-1 consiste en cuatro tipos de marcos:

- ➔ Marcos I (intracodificados): imágenes fijas autocontenidas y codificadas en JPEG, usando también luminancia de definición completa y cromancia de definición media sobre cada eje.
- ➔ Marcos P (predictivos): diferencia bloque por bloque con el marco anterior, codificando las diferencias entre marcos, que cubren  $16 \times 16$  píxeles de espacio de luminancia y  $8 \times 8$  píxeles de espacio de cromancia.
- ➔ Marcos B (bidireccionales): diferencias con el marco anterior y el siguiente.
- ➔ Marcos D (codificación CB): promedio del bloque usado para avance rápido.

### **El Sistema MPEG-2**

En 1998 se creó un grupo de trabajo con el nombre de MPEG (*Moving Pictures Experts Group*). Su objetivo era crear una norma para la compresión de señales de vídeo y datos enfocada a su almacenamiento y recuperación en equipos digitales. El primer estándar MPEG-1 fue publicado en 1993 por OSI, y el resultado fue publicado en 1994 como la norma ISO/IEC 13818. MPEG-2 fue el sistema adoptado por DVB para la codificación de señales de audio, vídeo y como sistema de transporte.

El sistema MPEG-2 controla todo tipo de señales de *televisión de Baja Definición (LDTV)*, *Alta Definición (HDTV)*, *Definición Estándar (SDTV)* y *Definición mejorada (EDTV)*. Además es capaz de negociar con cualquier formato de pantalla, desde la 4/3 a la 16/9.

### **Obtención de la Señal Digital y Compresión**

La imagen digital está dividida en un *conjunto de píxeles*, de esta manera MPEG-2 escribe en la cabecera de cada paquete la dirección del píxel al que va destinado y en su interior unos códigos que informan del brillo y color del píxel elegido. *Cada píxel* de la imagen se define por una *expresión matemática* que requiere de tres números, uno correspondiente a la *señal de luminancia*, *Y*, y otros dos a la de *Crominancia*, *Cr* (*diferencias respecto del color rojo*) y *Cb* (*diferencias respecto del azul*). El ancho de banda asignado a las señales de crominancia puede ser la mitad de la de luminancia ya que el ojo humano es menos sensible a las diferencias de color que a las de brillo. Así, por acuerdo internacional, *la luminancia se muestrea a 13.5 MHz*, mientras que *la crominancia lo hace a 6.75 MHz*.

Por facilidad el muestreo se representa con tres números n:p:q, esto significa que por cada n muestras de luminancia se toman p muestras de Cr y q muestras de Cb. Por ejemplo, el muestreo 4:1:1, significa que se toma una muestra de cada señal de crominancia por cada cuatro de luminancia.

A partir de la señal muestreada obtenemos la señal digital codificando con 10 bits cada muestra. Los diez bits por muestra se pueden enviar por un interfaz digital paralelo o serie. Además de todo esto MPEG-2 dispone de *códigos correctores y detectores de errores*, que protegen la información.

Si transmitiésemos la señal digital tal cual alcanzaríamos anchos de banda demasiado grandes, por tanto lo que hacemos es una compresión. *La compresión equivale a la reducción de datos a transmitir* o grabar. La compresión es posible porque las señales de audio y las de vídeo contienen redundancia. En el caso de la televisión digital, la redundancia puede ser temporal o espacial.

Podemos hablar de *dos tipos de codificación*:

- ➔ *La codificación de secuencias:* Si hubiese una secuencia de muestras iguales se transmite el número de veces que se repite el valor de una muestra en lugar de todas las muestras.
- ➔ *La codificación diferencial:* Entre muestras colindantes puede haber mucho parecido, entonces en lugar de enviar el valor, enviamos la diferencia de esa muestra respecto de la anterior.

Para procesar la imagen se utiliza la transformada discreta en coseno alzado, esta función se aplica a las muestras de la imagen. Y, mientras que en el dominio del tiempo tenemos valores muy diferentes, en el dominio de la frecuencia casi todos los valores son pequeños y muy parecidos, esto permite codificarlos y cuantificarlos de una manera eficiente.

La *proximidad de píxeles* puede ser temporal o espacial, y permite *tres tipos de predicción* básicos:

- ➔ *Intracampo:* Se realiza por comparación de muestras consecutivas. Forma las imágenes I. Estas son las que utilizan el mayor número de bits en su representación.
- ➔ *Intercampo:* Se realiza en función de los cuadros anteriores y posteriores, se trata de una predicción bidireccional. Da lugar a las imágenes B
- ➔ *Intercuadro:* A partir de la imagen actual y de los vectores de movimiento, se predice la siguiente imagen. A la imagen actual se le resta la predicha y se obtiene una imagen de error denominada imagen P, su contenido de información es pequeño, de manera que puede comprimirse fácilmente.

El objetivo de utilizar imágenes P y B es que llevan menos información que si mandamos las originales, ya que lo único que hacemos es mandar información acerca del movimiento. Las imágenes I, P y B se envían en grupos (GOP) de hasta 12 ó 15 imágenes, cada grupo comienza con una imagen I y se extiende hasta otra imagen I.

La codificación se realiza como hemos explicado anteriormente, y su transmisión se realiza enviando grupos de imágenes I, P y B. Hay diversos tipos de MPEG-2, se pueden clasificar en cinco perfiles y cuatro niveles tal como se muestra en la tabla siguiente.

Los niveles definen las características de la señal de vídeo original y los perfiles las herramientas utilizadas para la compresión de datos. De los 20 solo 11 son efectivos, a cada uno de ellos se les ha asignado un flujo de bits. DVB ha elegido el principal para la difusión digital de programas.

	SIMPLE Imágenes-B 4:2:0 No- escalable	PRINCIPAL Imágenes-B 4:2:0 No- escalable	SNR Imágenes-B 4:2:0 SNR- escalable	ESPACIAL Imágenes-B 4:2:0 SNR-escalable Espacial escalable	ALTO Imágenes-B 4:2:0 ó 4:2:2 SNR- escalable Espacial escalable
ALTO 1.920-Pixels 1.152 Líneas		80 Mb/s (máx)			100 Mb/s (máx)
ALTO-1440 1.440 Pixels 1.152 Líneas		60 Mb/s (máx)		60 Mb/s (máx)	80 Mb/s (máx)
PRINCIPAL 720- Pixels 576-Líneas	15 Mb/s (máx)	15 Mb/s (máx)	15 Mb/s (máx)		20 Mb/s (máx)
BAJO 352-Pixels 288-Líneas		4 Mb/s (máx)	4 Mb/s (máx)		

### El Sistema de Transporte MPEG-2

Este sistema integra los bits correspondientes a las señales de audio, vídeo y otros datos auxiliares en un único flujo. Para cada señal de audio o vídeo la codificación MPEG-2 crea un bloque denominado corriente elemental, a cada corriente elemental se le llama servicio y el múltiplex de uno o más servicios se denomina programa. Para crear la señal de múltiplex primero se divide cada corriente elemental en paquetes llamados PES (Packetized Elementary Stream) con información adicional de cabecera, con los paquetes PES se crean dos tipos de múltiplex: la corriente de programa (PS) y la corriente de transporte (TS),

Los TS llevan información de cabecera adicional. La información de cabecera más importante es el PID (Packetized Identifier) y el PCR (Program clock reference) que permite sincronizar el codificador y el decodificador.

Por último, el sistema MPEG-2 también contiene el PSI (Program Specific Information) que informa al receptor de qué servicio se trata y de cómo decodificarlo. El PSI es muy útil para servicios bajo demanda de la televisión digital.

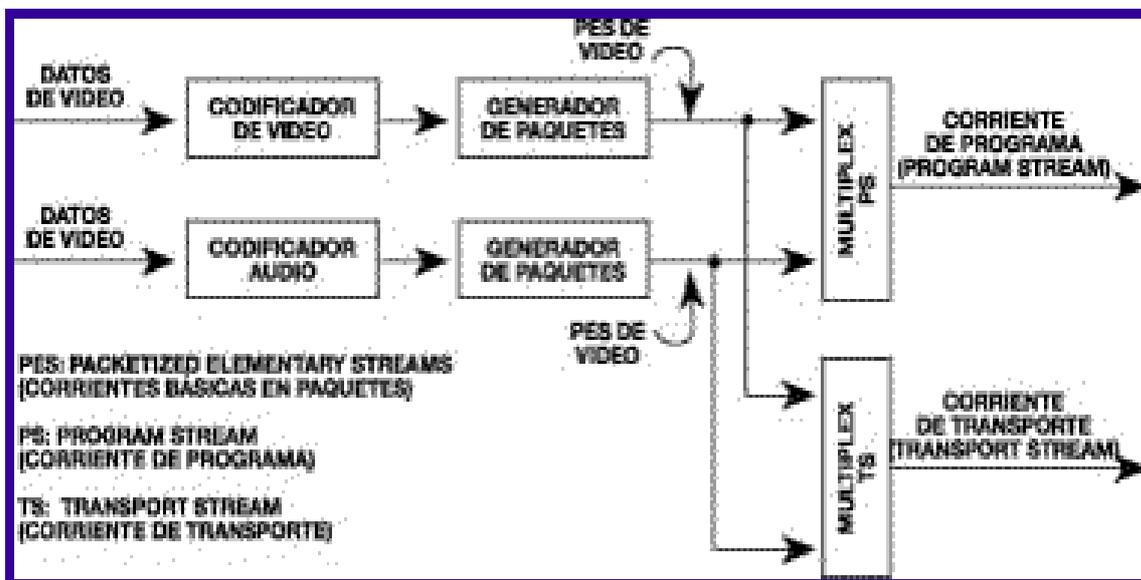


Figura 4.5.2 Transportación MPEG-2

### Empaquetamiento de la Información

Lo más interesante, a la hora de conocer cómo funciona este estándar internacional, es el aspecto que se refiere a la integración de la información que queremos transmitir (vídeo, audio y datos), en los paquetes de flujo de transporte. La constitución de la estructura de dicho paquete de transporte se realiza de la siguiente manera:

- Partimos de la imagen inicial (vídeo), o del conjunto inicial de muestras de sonido (audio), denominadas, en el entorno del MPEG-2, como Unidades de Presentación (*Presentation Units*).
- Estas Unidades de Presentación son codificadas, quedando la información segmentada, en lo que se denomina Elemento Básico de Flujo (ES) (*Elementary Stream*); éste mecanismo de codificación y segmentación encapsula los Elementos Básicos de Flujo en

los Paquetes de Datos (*Packet Data*), que pueden contener un número variable de bytes contiguos, de un Elemento Básico de Flujo.

- Los Paquetes de Datos son insertados en Paquetes de Flujo Elemental, conocidos como PES (*Packetized Elementary Stream*), que contienen una cabecera (*packet header*) seguida de varios paquetes de datos; en la cabecera se incluye información sobre la Unidad de Presentación a la que pertenecen los paquetes de datos de cada PES, así como la información relativa al propio proceso de codificación (necesaria para la decodificación), y la información sobre el orden de secuencia de los distintos PES en los que se segmenta la imagen o sonido inicial.
- Los PES son agrupados y se introducen como carga útil (*payload*) del Paquete de Transporte (*Transport Packet*). Cada Paquete de Transporte lleva un Identificador de Paquete (PID) propio, de manera que todos los Paquetes de Transporte con el mismo Identificador, llevan datos del mismo Elemento Básico de Flujo; en un Paquete de Transporte no se mezclan datos de Elementos Básicos de Flujo distintos. La carga útil puede ser información de vídeo/audio -los PES- o puede ser información específica de programa -PSI-, que explicaremos más adelante..
- Finalmente varios Paquetes de Transporte son multiplexados conformando la Trama de Transporte que está constituida por 188 bytes, de los cuales 4 forman la cabecera, donde se introduce la información necesaria para una decodificación eficaz, y el resto representan la carga útil de la trama, como se representa en la figura siguiente.
- Para construir la Trama de Transporte, el MPEG-2 dispone de dos métodos, denominados Flujo de Programa (*Program Stream*) y Flujo de Transporte (TS) (*Transport Stream*); en difusión por satélite se emplea el Flujo de Transporte, ya que es el que da mejores prestaciones en entornos en los que la probabilidad de error de transmisión es elevada, como son los de radiodifusión; por esto a la Trama de Transporte se le llama directamente Flujo de Transporte. El Flujo de Programa suele emplearse en la transmisión de información multimedia en entornos en los que la probabilidad de error es casi nula, como el CD-ROM.

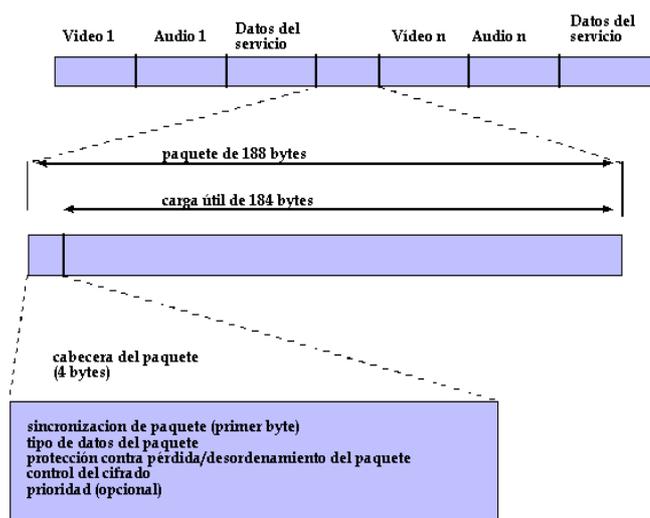


Figura 4.5.3 Representación del Esquema del transport Stream

El sistema MPEG-2 tiene una manera más general de multiplexión del audio y video que el modelo MPEG-1, ya que define una cantidad ilimitada de corrientes elementales, incluidos video y audio, pero también corrientes de datos que pueden sincronizarse con estos. Cada una de las corrientes se empaqueta primero con marcas de tiempo.

El sistema DigiCipher usa la tecnología de compresión digital de video y audio, con el estándar internacional MPEG, que se diseñó principalmente para comprimir video con calidad de difusión de 4 a 6 Mbps, de modo que pueda introducirse en un canal de difusión NTSC.

En la compresión de audio, el MPEG-2 soporta el Dolby AC-3 (sonido cuadra fónico), tecnología de audio estéreo digital. El sistema Dolby AC-3 es un sonido digital y se comprende en las frecuencias de 44.1 KHz a 48 KHz, con este se puede manejar sonido monofónico, estéreo disjunto (cada canal comprimido por separado) o estéreo combinado (explotación de la redundancia intercanal).

El sistema Dolby AC-3 usa una combinación de filtros y compresión de rango dinámico, para reducir los efectos del ruido; como estos efectos son más notorios cuando el nivel de la señal es bajo, el sistema intenta elevar los niveles bajos de la señal para que no sea perceptible el ruido.

El sistema Dolby AC-3 divide el espectro de audio en cuatro bandas de frecuencias (filtro pasaltos) y aplica una elevación de 10 a 15 dB para las bandas individuales, cuando el nivel de la señal de audio cae por debajo del nivel predeterminado. Él está alrededor de 45 dB por debajo de una señal estándar, conocida como nivel Dolby y se ajusta con respecto al nivel de flujo en la cinta de grabación. La señal elevada se agrega a la original y se graba. Como se muestra en el diagrama.

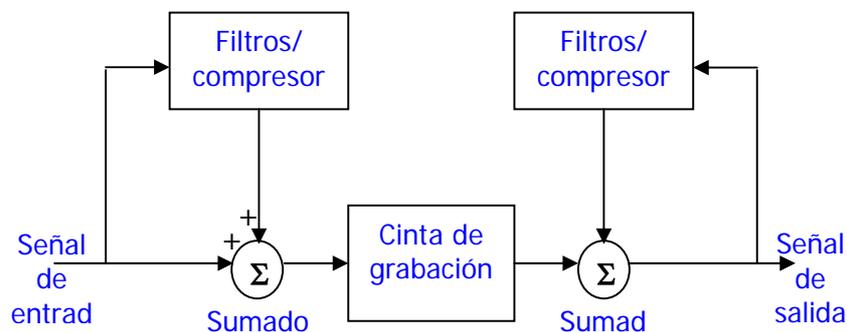


Figura 4.5.4 Diagrama a bloques del sistema Dolby

### **Servicios Sobre la Plataforma de TV Digital**

Las infraestructuras de la TV digital permiten soportar servicios variados, siendo la característica principal que son servicios digitales y, por tanto, pueden integrar aplicaciones de TV con aplicaciones de datos. Estos servicios son una revolución en el sector audiovisual respecto a la TV analógica, ofreciendo una convergencia real de mercados y tecnologías equiparable a la telemática.

Los servicios que ofrece la plataforma de TV digital se pueden clasificar en:

- Servicios audiovisuales, basados en la emisión y recepción de señales de TV, adaptados a los gustos del usuario.
- Servicios interactivos, que mediante la adición de datos sobre el TS y la correspondiente aplicación que corre en el IRD, añade nuevas funciones al TV

- ➔ Servicios de acceso a Internet, mediante conectividad TCP/IP, desde la entrada a los codecs MPEG-2, hasta la salida de datos del IRD

La característica fundamental que hace posible la oferta de estos servicios es la digitalización, cuyas ventajas, entre otras, podemos citar:

- ➔ Aumento de calidad
- ➔ Mayor eficiencia en el uso del espectro
- ➔ Independencia de la fuente de información
- ➔ Facilidad de procesado y almacenamiento de la información
- ➔ Mayor flexibilidad y facilidad de incorporación de nuevos servicios

Ésta última es la ventaja definitiva. La televisión es el medio de acceso a la información más difundido en el mundo. Por ello, parece lógico suponer que éste es el camino con mayor facilidad de penetración para los servicios avanzados que conformaran la sociedad futura basada en la información.

Añadiendo que para la interactividad, la TV digital incorpora un canal de retorno, inexistente en la TV analógica convencional.

### **Servicios Audiovisuales**

Los servicios más conocidos hasta ahora son los denominados Servicios de Televisión de Pago, que exponemos a continuación:

- ➔ El *Pay-Per-View* (PPV), pago por evento de un programa en concreto.
- ➔ El Vídeo Casi Bajo Demanda, NVOD, o posibilidad de ver un programa que comienza con intervalos de separación fijos pero relativamente pequeños, del tipo media hora, de manera que el abonado puede seleccionar el momento más adecuado para comenzar a verlo.
- ➔ El *Pay-Per-Event*, o poder ver un acontecimiento particular a una fecha y hora determinada, mediante una entrada virtual.

Es interesante destacar que estos servicios pueden enviarse sobre canales virtuales, por ejemplo, varios NVOD por ejemplo, sobre el mismo canal, comenzando con intervalos de tiempos de un cuarto de hora.

Para que el sistema se pueda gestionar eficientemente se necesita que la EPG permita reservar a qué horario se desea ver el programa (típicamente una película de actualidad). En este caso, la información sobre el NVOD llegaría a través del modem al sistema de gestión que enviaría las oportunas órdenes de transmisión y una factura detallada con los programas suscritos.

### **Servicios Interactivos**

Los servicios interactivos funcionan de la siguiente manera. En el extremo emisor un servidor de aplicaciones inserta los datos que componen el servicio avanzado en el múltiplex que se envía por medio del transpondedor del satélite.

El IRD decodifica la información y ejecuta la aplicación enviada. La interactividad generada por el usuario se envía por el canal de retorno a un servidor transaccional. Este servidor verifica la seguridad y fiabilidad de estos datos, y dirige la respuesta del servidor específico que da satisfacción a la petición del usuario. El usuario interactúa con el servicio avanzado sobre el televisor a través del mando a distancia del IRD. A continuación se ofrece una lista, sin

pretender que sea exhaustiva, de algunos de los servicios avanzados posibles: La propia Guía Electrónica de Programación, con la posibilidad de acceder a otros servicios o navegar y pedir información más detallada

Carruseles de información cíclica: datos sobre horarios de trenes, cotizaciones de bolsa, etc.

- ➔ Pre-visualización de programas
- ➔ Telecompra, incluyendo la interactividad mientras se ve un cierto anuncio o vídeo
- ➔ Juegos interactivos
- ➔ Telebanca, con acceso a bases de datos (mercados financieros, bolsa, etc.)
- ➔ Servicio de reserva de entradas y billetes, a partir de la información turística presentada
- ➔ Telecarga de *software* (aplicaciones, videojuegos, etc)
- ➔ Teleeducación

### Servicios de Acceso a Internet

Además de los más conocidos servicios de televisión de pago e interactivos, la independencia de la fuente de información característica de la TV digital permite acceder a Internet, con todo lo que ofrece, desde el televisor (WebTV) o desde un PC. Por ello, asistiremos en muy breve plazo a una nueva forma de acceso y uso de la información, que ya no requiere ni siquiera el manejo de un ordenador personal, con terminales como el WebTV, que consiste en un TV con funciones de navegación por Internet.

Una solución imaginativa para acercarse al escenario ideal de los servicios WWW, que son asimétricos y bidireccionales, pasa por la integración de dos redes existentes, la red de TV y la red telefónica, lo que se denomina una solución fragmentaria.

Pero la red terrestre de TV es analógica y actúa en una banda de espectro ya muy saturada por los canales convencionales, por lo que es difícil integrar un servicio de datos en su estructura de transporte y difusión. Por esto observamos la necesidad de integrar este servicio, en la plataforma prevista para la difusión de TV digital vía satélite, mediante la arquitectura mostrada en la siguiente figura:

Servicios Internet. La Oportunidad de la TV Digital

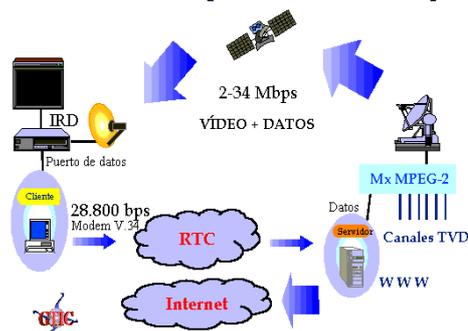


Figura 4.5.5

## CAPITULO V

# NORMAS Y ESTÁNDARES PARA TELEVISIÓN

### 5.1 EL ESTÁNDAR DVB

Tras unos años de revolución tecnológica en el mundo de las telecomunicaciones en general, sin duda, lo que ha permitido comenzar la revolución en el mundo de la televisión ha sido, por un lado, la viabilidad de la puesta en práctica de las ideas acerca del tratamiento digital de la señal de televisión, y por otra parte, el desarrollo de estándares de codificación y transmisión. La tecnología para los servicios de TV digital por satélite está desarrollándose rápidamente; este desarrollo es principalmente impulsado por los esfuerzos que se están realizando, en el ámbito de la Unión Europea, para conseguir elaborar los estándares necesarios y se produzca la regulación correspondiente en cada país.

Hablar del progreso de la normalización asociada a la difusión de TV digital vía satélite es hablar del proyecto DVB (*Digital Video Broadcasting*); este proyecto, dio inicio en 1993, y se encarga de elaborar las especificaciones técnicas necesarias, a partir de los requisitos comerciales definidos por organizaciones y empresas interesadas en el desarrollo de este tipo de servicios. *El DVB genera normas sobre TV digital* que son estandarizadas por el ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) y el CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization*).

Para comprender la importancia de DVB debemos remontarnos una década atrás, en 1990, cuando la difusión de televisión digital empieza a convertirse en un hecho. En Europa, durante 1991, radiodifusores y fabricantes preocupados por el caos ante equipos de consumo incompatibles discuten la idea de crear una *plataforma paneuropea* para el desarrollo de televisión digital terrestre. Hacia finales de ese año, radiodifusores, fabricantes de electrónica de consumo y cuerpos reguladores, forman un grupo destinado al desarrollo de la televisión digital en Europa, el ELG (*European Launching Group*) que incluye a los grupos Europeos de mayor relevancia en el mundo de las telecomunicaciones.

Realizan un borrador, el llamado *Memorandum of Understanding (MoU)*, estableciendo las reglas a las que tendrían que atenerse. Este documento se firmó en Septiembre de 1993, y en 1995 se unieron a la firma otras compañías de *Estados Unidos* (AT&T, CLI, DEC, General Instruments, hoy motorola, Hewlett Packard, Hughes Electronics y Texas Instruments), de *Japón* (como NEC, Mitsubishi Electric, Pioneer y Sony) y por supuesto de *Europa* (como ALCATEL, la BBC, EUTELSAT, France Telecom, News Corp, Nokia, RTL, Thomson, y ZDF). *ELG se convertiría más tarde en lo que hoy conocemos como DVB (Digital Video Broadacasting)*.

Queda claro que el satélite y el cable proporcionarían los primeros servicios de televisión digital y a ellos fueron encaminados los esfuerzos, al mismo tiempo, se seguía desarrollando la difusión terrestre.

En 1997, el desarrollo de los proyectos DVB había obedecido satisfactoriamente a sus objetivos iniciales y entró en su siguiente fase, promoviendo la globalización de sus estándares y haciendo de la televisión digital una realidad.

Hoy en día, con la tecnología DVB, no sólo disponemos de una mejor calidad de vídeo y de una mayor oferta de canales, sino que tenemos la posibilidad de acceder a servicios de los que no disponemos, como la televisión a la carta o servicios multimedia. Los éxitos que DVB ha logrado

son muy notables y han traspasado las fronteras europeas, con lo que podemos encontrarlos operativos en los cinco continentes, tal como muestra la figura siguiente:

## Digital Standards - Worldwide 2000

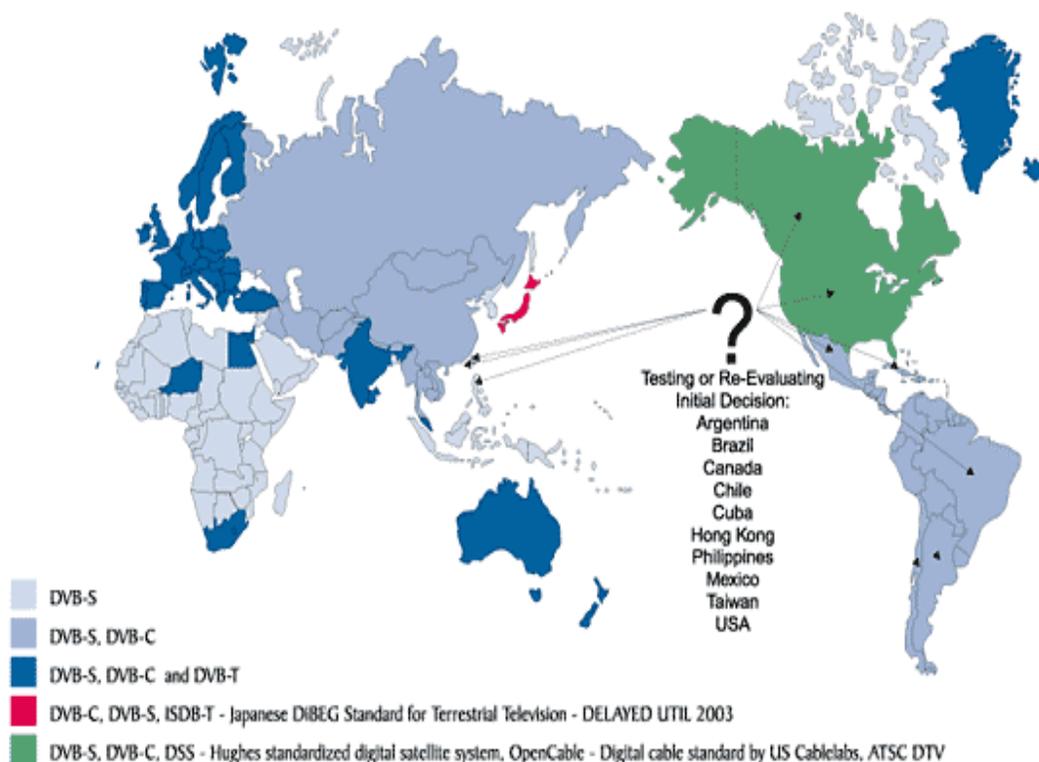


Figura 4.5.1

### ***Adaptación de la Norma DVB a Nivel Mundial***

Muchas organizaciones han prestado su ayuda poniendo en sus manos resultados de trabajos individuales (MPEG, DAVIC), o bien a través de una cooperación activa transformando las especificaciones de DVB en normas e informes (ETSI, CELENEC, UIT).

Pero la tarea de DVB aún no ha acabado y sigue trabajando igual que al principio innovando servicios y técnicas de difusión digital de televisión.

El estándar DVB asegura tener una mayor flexibilidad para el transporte de trenes de datos multiprograma permitiendo con gran facilidad que estos cambien de medio fácilmente, como por ejemplo pasar del satélite a una distribución por cable.

### ***La Organización DVB Principios y Objetivos***

Los estándares de DVB fueron creados para obtener un entorno de uniformidad en la difusión de televisión digital. Su objetivo es crear un escenario horizontal constituido por plataformas comerciales que ofrecen sus servicios. Sin embargo los procesos de normalización, diseño y puesta en el mercado son lentos, teniendo en cuenta esto, DVB permite la salida a determinados productos como soluciones interinas (legacy) siempre y cuando sean convergentes a la normativa final, esto da lugar a un escenario vertical.

Todos los productos DVB cumplen una serie de características, de manera que sus estándares han de ser:

**Abiertos:** Los estándares DVB, una vez han sido publicados, están disponibles para cualquier persona en todo el mundo, independientemente del lugar en el que se hayan desarrollado.

**Interoperabilidad:** Cualquier sistema DVB ha de ser compatible con otro sistema DVB. Además, tienen la posibilidad de ser trasladados de un medio a otro de forma sencilla. Por ejemplo, las señales DVB se mueven fácilmente del satélite al cable y del cable al sistema terrestre. El siguiente esquema muestra la facilidad con que una señal DVB-S para satélite puede ser transmodulada en una señal DVB-C para cable.

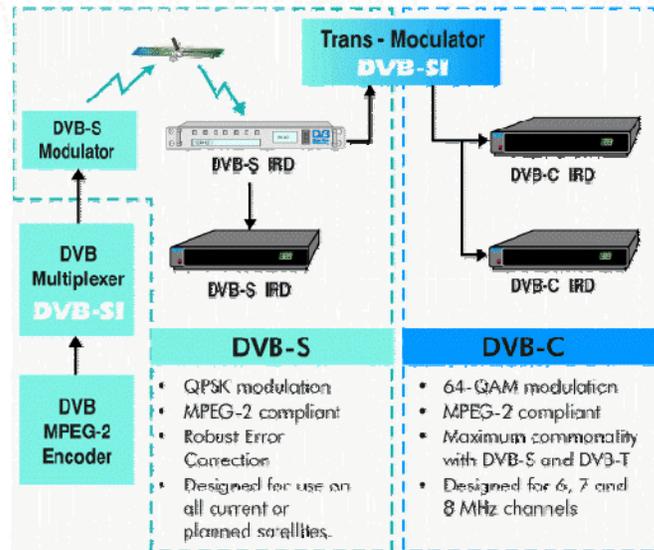


Figura 4.5.2

La interoperabilidad permite a los fabricantes conseguir una economía de escala. Esto implica la posibilidad de utilizar un conjunto de elementos comunes para todos los sistemas de difusión. Aquí se muestra un circuito común típico de un IRD de DVB.

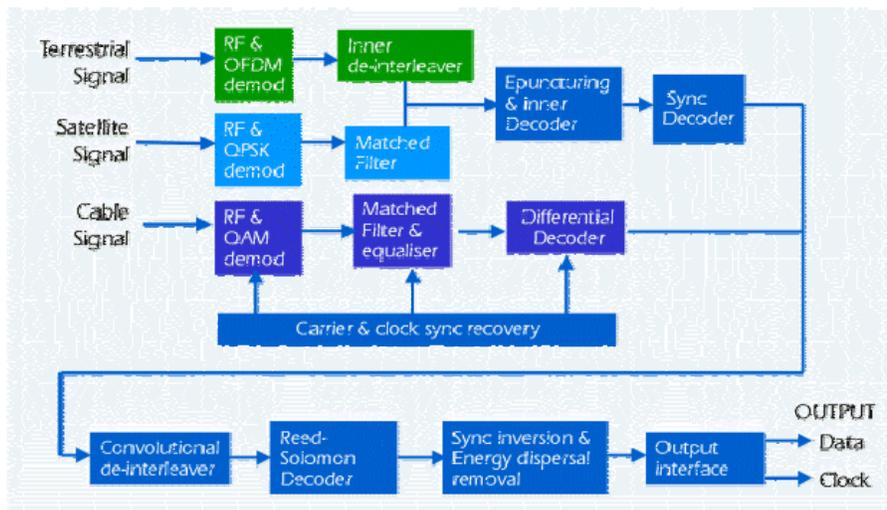


Figura 4.5.3

**Flexibles:** DVB puede entregar a casa casi todo lo que puede ser digitalizado. De manera que puede trabajar con TV de Alta Calidad (HDTV), con datos multimedia en banda ancha e incluso con servicios interactivos.

**Dirigidos al mercado:** DVB se encarga de desarrollar los productos que necesita el mercado, para ello se hace un estudio de los requisitos comerciales y en base a ellos realiza sus estándares. Esto le permite trabajar en lo que busca el usuario, dándole una fuerte ventaja a la hora de mostrar sus productos. El inconveniente de esta filosofía es que ha de funcionar con agendas muy apretadas.

### Los Estándares DVB

El Proyecto DVB, tal como hemos visto y con el fin de cubrir una serie de requisitos comerciales, ha creado una serie de estándares que cubren los distintos medios en los que se puede llevar a cabo la comunicación. El número de estándares es bastante alto, de manera que aquí solo se presentarán los más importantes:

- ➔ [DVB-S:](#) Sistema de transmisión digital por satélite
- ➔ [DVB-C:](#) Cubre transmisión digital por cable
- ➔ [DVB-T:](#) Es un sistema para la transmisión digital terrestre
- ➔ [DVB-MC/S:](#) Es un sistema de distribución multipunto de video a frecuencias de microondas

### DVB-S Digital Satellite Transmission System

*DVB-S* es el estándar que regula la transmisión digital por satélite. Es el estándar más antiguo y el más admitido en todo el mundo.

Proporciona un rango de soluciones que son adaptables a los anchos de banda de los transpondedores entre 26MHz y 72 MHz. La base de la transmisión es una portadora simple que tiene múltiples canales de audio y video digital.

Podemos ver su estructura, como una estructura por capas. Imaginemos que tenemos una pelota dividida en capas, pues bien, en el centro tendremos la "carga útil" (tasa de bit útil). Alrededor se encuentran una serie de capas que hacen que la señal sea menos sensible a errores y coloca la "carga útil"(payload) para su difusión.

El video, audio y otros datos se colocan dentro de paquetes MPEG-2 Transport Stream de longitud fija. A esto siguen las siguientes etapas de procesamiento:

El primer paso es colocar los datos como una estructura regular, invirtiendo los bytes en cada octeto que encabeza el paquete.

El segundo paso consiste en aleatorizar los contenidos.

Se añade Reed-Solomon Forward Error-Correction (FEC) a la cabecera del paquete de datos.

Se trata de un código de corrección de errores hacia delante Reed-Solomon.

El siguiente paso es un entrelazado convolucional de los contenidos de datos.

Ahora, se añade otro sistema de corrección de errores, se trata de un código convolucional perforado. Es el segundo sistema de corrección de errores (Inner Code), puede ser ajustado para satisfacer las necesidades de un determinado servicio proveedor. Podemos variar la tasa de bits  $R$  entre  $1/2$  y  $7/8$ . La siguiente tabla muestra los valores específicos de  $R$  y los típicos de  $E_b/N_0$ :

R	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
Eb/No(dB)	3.3	3.8	4.3	4.8	5.2

El último paso es una modulación usando QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying). El esquema siguiente muestra los pasos seguidos:

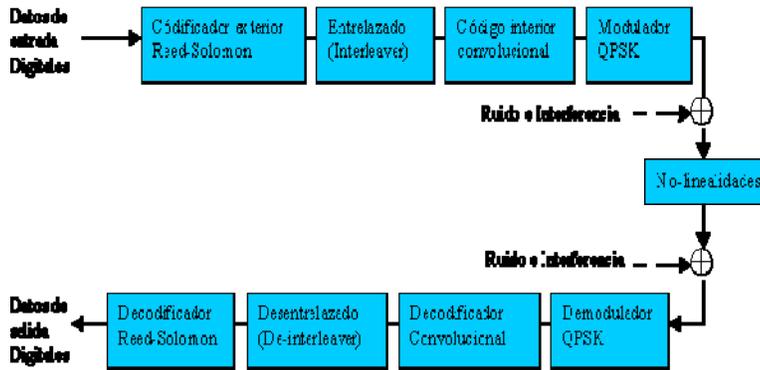


Figura 4.5.4

El sistema se ajusta a las características del canal básicamente entre la Multiplexación y la transmisión física. El sistema se adapta a las características de error del canal. Así frente a las posibles ráfagas de errores hace una aleatorización, con esto conseguimos que los errores estén separados, así es mucho más fácil recuperar la señal, una vez aleatorizados se añaden dos capas para la corrección de errores. Por último el Inner Code puede ser adaptado en función de las circunstancias (potencia, tasa de bit disponible,...).

La siguiente figura muestra los diagramas de bloques básicos para la transmisión y recepción del sistema DVB.

**Transmisión:**

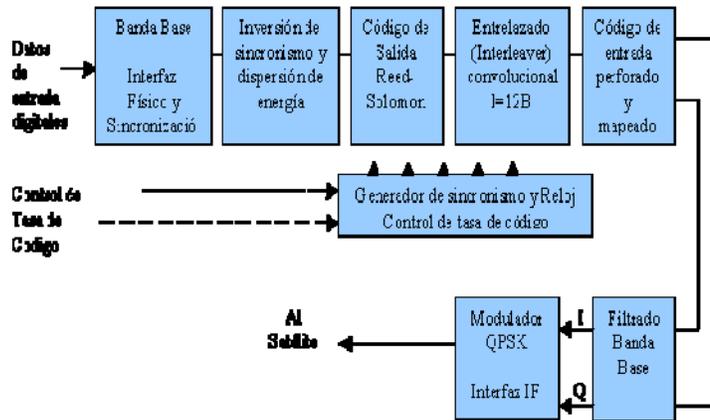


Figura 4.5.5 Transmisor

**Receptor:**

Por último, y a modo de ejemplo, se muestra un sistema típico de transmisión, indicando todos los aspectos necesarios para codificar, filtrar, y modular la señal que compone el MPEG-2.

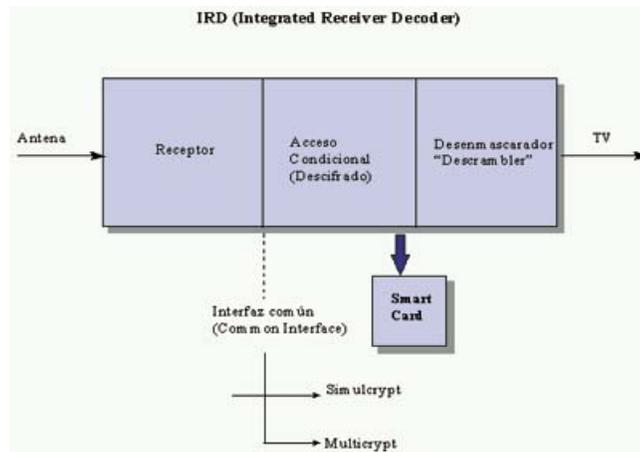


Figura 4.5.6 Receptor

### Sistema DVB-S

1. Inversión de sincronismo y dispersión de energía
  - ➔ Cada octavo byte de sincronización se invierte para sincronizar el desentrelazado (deinterleaver) y el decodificador Reed-Solomon
  - ➔ No hay bytes de sincronización adicionales
  - ➔ Recuperar la fase
2. Codificación externa (Outer Coding)
  - ➔ Código acortado Reed-Solomon: RS (204,188)
3. Entrelazando (Interleaving)
  - ➔ Entrelazado Forney
  - ➔ Profundidad del entrelazado: I=12
4. Codificación Interior (Inner Coding)
  - ➔ Código Padre Convolutacional: 1/2
  - ➔ Código Convolutacional Perforado: 2/3; 3/4; 5/6; 7/8
  - ➔ Longitud de cota K: 7
5. Filtrado en Banda Base
  - ➔ Filtro Raíz de coseno alzado, 35%
6. Modulación
  - ➔ Código Gray QPSK

### DVB-C Digital Cable Delivery Systems

El DVB-C describe la codificación del canal y modulación para la entrega de señales DVB en redes de cable. Utiliza el mismo sistema que DVB-S, con ciertas diferencias, en primer lugar utiliza la modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation) en lugar de QPSK. Además no necesita del código interior de corrección de errores hacia delante (Inner-code FEC) como ocurre con DVB-S.

La modulación se centra en una 64-QAM, aunque también son factibles niveles inferiores como 16-QAM y 32-QAM y niveles superiores de 128-QAM y 256-QAM. Pero el uso de estas últimas dependerá de la capacidad de la red para hacer frente a los reducidos márgenes de decodificación. Tanto para una modulación de menor nivel habrá que encontrar un compromiso entre la capacidad de los datos y la robustez del sistema. Por ejemplo, si tratásemos con una

64-QAM a 8MHz y sin pisar canales adyacentes podemos alcanzar una capacidad de 38.5 Mbits/s.

### ***DVB-T Digital Transmission Systems***

Es el estándar para difusión terrenal de televisión, fue aprobado en febrero de 1997 por el ETSI. Fue creado basándose en unos requisitos del Módulo Comercial Terrestre del proyecto DVB, sus miembros contribuyeron al desarrollo técnico a través del DTTV-SA (Digital Terrestrial Television - Systems Aspects). Los proyectos Europeos SPECTRE, STERNE HD-DIVINE, HDTVt, dTTb, y muchas otras organizaciones desarrollaron sistemas de hardware e introdujeron resultados que fueron aplicados después por el DTTV-SA. Del mismo modo que el resto de los estándares de DVB, el DVB-T utiliza como método de codificación de audio y video MPEG-2.

### ***Características Técnicas***

El sistema DVB-T es de los más complejos de la familia de estándares, esto es debido a la hostilidad del medio al que se enfrenta. A parte de la utilización del sistema MPEG-2 otros elementos de la especificación son:

- Una modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que divide la información en un número de portadoras, el modo "2k" con 1075 portadoras y el modo "8k" con 6817. Ambos sistemas son compatibles entre sí. Cada una de las portadoras es modulada con una tasa binaria baja para que el tiempo de símbolo sea mayor que la dispersión temporal del canal.
- Se usa un código exterior Reed-Solomon y entrelazado (interleaving) al igual que con los otros estándares.
- El mismo código interior que DVB-S (Código convolucional perforado).
- Las portadoras de datos en el marco de COFDM pueden usar QPSK y diferentes niveles de modulación QAM y tasas de código.
- El sistema de modulación combina OFDM con QPSK/QAM. La mayor ventaja de OFDM es su buen comportamiento en propagación multitrayecto.

El sistema DVB-T introduce un intervalo de guarda para protegerse contra ecos y evitar la interferencia intersimbólica. Las características del estándar DVB-T permiten que si el eco cae dentro del intervalo de guarda beneficie a la señal, además, posee un alto grado de inmunidad a las interferencias de banda estrecha, como se puede considerar a las señales de televisión analógicas. Debido a que la señal de DVB-T tiene un gran ancho de banda, solo afectaría a la señal de televisión analógica como ruido blanco. Esto permite la utilización de canales hasta ahora considerados como tabú, además DVB-T permite la introducción de redes de frecuencia única. (SFN- Single Frequency Networks)

### ***DVBMC/S Digital (Microwave) Multipoint Distribution Systems***

Es un sistema de distribución multipunto para la entrega directa de TV a casa usando frecuencias de microondas. Estas frecuencias son del orden de los 10 GHz. Hay dos estándares definidos dentro de éste:

- DVB-MC: Está basado en los sistemas de entrega por cable, por tanto podríamos usar el mismo receptor para las transmisiones DVB-C y por microondas. Utiliza frecuencias por encima de los 10 GHz.

- DVB-MS: Esta basado en los sistemas de transmisión por satélite. Un receptor de señales de DVB-S podría recibir este tipo de señales sin más que añadir un pequeño aparato para convertir a MMDS. Utiliza frecuencias por debajo de los 10 GHz.

### ***El Receptor Decodificador Integrado (IRD)***

Para que este nuevo sistema de difusión de TV sea compatible con los sistemas anteriores de TV analógica, se necesita algún dispositivo en el conjunto receptor, que permita capturar la señal y realizar el tratamiento necesario sobre ésta, entregando a su salida una señal adecuada al aparato de receptor de TV convencional ya instalado; este dispositivo es el Receptor Decodificador Integrado (IRD).

El IRD también es conocido como *Set Top Box*, en especial en EE.UU., cuando se quiere recalcar su capacidad de conexión con otros aparatos de procesado de la información como el teléfono, la cadena de audio de alta fidelidad, el vídeo o la PC, constituyendo así una plataforma de usuario para el acceso a la información.

En el IRD se encuentran las claves para el acceso condicional a programas y servicios.

Un receptor decodificador integrado típico consiste en:

- Un demodulador QPSK (la única parte con componentes analógicos del sistema).
- Un decodificador de Viterbi, con sistema de corrección de errores Reed-Solomon.
- Un demultiplexor para separar los diferentes canales.
- El decodificador MPEG-2 de vídeo y audio.
- Conversores digitales/analógicos, modulador PAL.
- Una CPU, interfaces para tarjetas inteligentes y otros periféricos, para las funciones de Acceso Condicional.

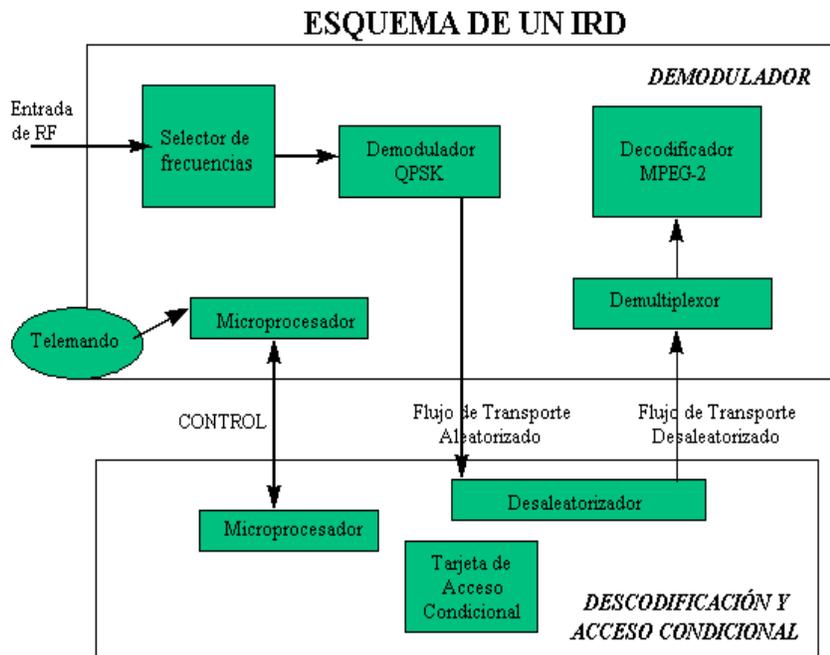


Figura 4.5.7

Un receptor QPSK típico es capaz de demodular el ancho de banda de un transpondedor entero. Por supuesto el receptor se puede sintonizar automáticamente al transpondedor deseado.

Uno de los problemas a los que se enfrentan los fabricantes, es la falta de estandarización de los IRD. Para poder cumplir con los requisitos de las diferentes plataformas, se ven obligados a efectuar distintos diseños para cada una. Actualmente, estos diseños están basados en *hardware*, por el número de tareas críticas que hay que efectuar en tiempo real, y, por consiguiente, carecen de la flexibilidad que proporcionaría un *software* programable, capaz de adaptarse a diferentes sistemas de acceso condicional. Sin embargo, en breve plazo comenzará a disponerse de IRD más flexibles y con capacidad de acomodarse simultáneamente a varias plataformas, mediante la norma conocida como Interfaz Común.

En los países más adelantados en regulación de televisión digital como el Reino Unido, existen normativas para asegurar la competencia leal y en igualdad de oportunidades entre los fabricantes de IRD, asegurándose muy especialmente que una alianza con un difusor no les sitúa en posición de abuso de posición dominante. El objetivo es conseguir los deseados efectos de economía de escala gracias a la competencia, con el fin de reducir los precios de lanzamiento de la plataforma.

### ***El Acceso Condicional (AC)***

El AC es uno de los aspectos clave a la hora de decidir el desarrollo comercial de la TV digital. Por el carácter estratégico que presenta para los operadores, el DVB ha mantenido un foro de discusión con los agentes interesados, sin que hasta el momento haya entrado en decidir que esquema de AC debe ser el estándar. Sus trabajos se han centrado en definir un Interfaz Común dotado de ranuras PCMCIA para la conexión simultánea de varios módulos de acceso condicional (modalidad Multicrypt) y en elaborar las normas para un esquema Simulcrypt.

El sistema de acceso condicional incluye los siguientes elementos:

- Algoritmo de Cifrado del programa o servicio específico; es propio de cada proveedor concreto, por lo que el DVB no ha especificado cómo ha de ser.
- Algoritmo de Aleatorización de Datos; este es un aspecto muy importante a la hora permitir que varios proveedores den servicio a un mismo abonado, por lo que el DVB lo ha normalizado, bajo el nombre de Algoritmo de Aleatorización Común, ya citado en este artículo.
- Sistema de Gestión de Abonado (SMS), que controla los datos sobre los abonados al servicio; es propio de cada proveedor, por lo que el DVB no ha especificado cómo ha de ser.
- Sistema de Autorización de Abonado (SAS), que genera las palabras clave para la descodificación de la información; es propio de cada proveedor concreto, por lo que el DVB no ha especificado cómo ha de ser.

El proceso que sigue el Acceso Condicional es la siguiente: un abonado se da de alta en un cierto evento, programa o servicio de una plataforma de TV digital; esta petición de alta se envía por el canal de retorno al centro de atención del proveedor del servicio, que utiliza su Sistema de Gestión de Abonado para darle de alta y tarifarlo, de acuerdo a su petición; el Sistema de Autorización proporciona, los mensajes necesarios a la trama MPEG para permitir el acceso a este abonado autorizado; estos datos de AC son extraídos del TS por el IRD y

validados con la información contenida en la tarjeta del abonado, habilitando, en caso afirmativo, el funcionamiento del desaleatorizador.

Es fundamental observar que para que se pueda llevar a cabo este proceso que acabamos de describir, debemos tener en cuenta tres factores clave y a veces contrapuestos:

El IRD tiene un alto precio que supone un coste para el difusor. Sería necesario un sistema de AC que hiciese posible el retorno de las inversiones realizadas, en forma de subvenciones a los IRD necesarias para lanzar el negocio, mediante la fidelización de los abonados a su plataforma.

Desde el punto de vista del usuario, será conveniente que no necesite adquirir un nuevo IRD para poder disfrutar de los servicios de un nuevo operador, porque esta situación resultaría incómoda para él.

El IRD debe permitir a los distintos operadores adaptar sus sistemas de AC en condiciones técnicas favorables.

Teniendo en cuenta estos factores, el DVB ha estudiado dos posibles soluciones:

### ***Simulcrypt***

Esta solución supone que un operador proporciona un IRD al usuario que incluye en su interior su sistema de acceso condicional. El concepto Simulcrypt admite la compatibilidad con los sistemas de AC de otros operadores que funcionan con el mismo concepto, ya que al incorporarse un nuevo operador dirigido a un mismo abonado, el segundo operador debe negociar con el primero que subvencionó el IRD para llegar a un acuerdo comercial. La compatibilidad se consigue difundiendo, por parte de ambos operadores, de los mensajes de control y gestión del acceso condicional propios y los del otro operador.

Esta situación supone que una vez instalado el IRD, los siguientes operadores deben negociar con el primero para poder acceder a los usuarios de éste, facilitando al primer operador la amortización del IRD instalado inicialmente, al poder traspasar parte del coste a los siguientes operadores que quieran participar de los IRDs subvencionados por él.

### ***Interfaz Común: MULTICRYPT***

Esta solución busca la compatibilidad física y lógica del IRD básico; esto supone que el IRD se separa en dos bloques: el bloque encargado de las funciones comunes de recepción y demultiplexado y el bloque que se encarga de las funciones exclusivas de cada sistema de acceso condicional particular, incluido en un módulo enchufable externo, interconectados mediante un bus PCMCIA. El módulo externo puede desarrollarse y producirse a un coste que no suponga excesivas inversiones para el usuario, de manera que el usuario puede abonarse a una nueva plataforma sin cambiar su IRD.

Además es un sistema abierto, que no requiere acuerdos entre operadores, salvo que exista uno que haya subvencionado el IRD.

## **5.2 ESTANDAR DE COMPRESION DE VIDEO Y AUDIO MPEG**

### ***Compresión de Video en el Estándar MPEG***

En el año de 1990, la ISO, preocupada por la necesidad de almacenar y reproducir imágenes de video digitales y su sonido estereofónico correspondiente, creó un grupo de expertos que llamó

MPEG (Moving Pictures Expert Group) procedentes de aquellas áreas implicadas en el problema (telecomunicaciones, informática, electrónica, radio difusión, etc.)

El primer trabajo de este grupo se conoció como la norma ISO/IEC 11172, mucho más conocida como MPEG-1, en el año 1992. La idea inicial era la de permitir el almacenamiento y reproducción en soporte CD-ROM con un flujo de transmisión de datos del orden de 1,5 Mbits/s, transportando tanto imagen como sonido.

El estándar MPEG además de aprovechar la redundancia espacial intrínseca de una imagen fija utilizada en la codificación JPEG, aprovecha la redundancia temporal que aparece en la codificación de imágenes animadas, permitiendo encontrar similitudes entre las imágenes sucesivas de video.

Debido a que la calidad en la compresión de video en el estándar MPEG-1 era de baja calidad y no servía para otras aplicaciones, se creó la norma ISO/IEC 13818, mucho más conocida con el nombre de MPEG-2. Esta norma permite un flujo de transmisión hasta el orden de los 20 Mbits/s, transportando tanto imagen como sonido. Norma que se utilizaría en la televisión de alta definición.

En la actualidad, se está trabajando en una norma que será llamada MPEG-4 y está encaminada a la transmisión de datos del orden de los 8 a 32 Kbits/s, norma que será utilizada en las aplicaciones de video conferencia o video teléfono.

### ***Compresión de Video en el Estándar MPEG-1 (Aplicaciones Multimedia)***

Su principal objetivo es alcanzar un flujo de transmisión de datos constante de 1,5 Mbits/s (flujo de un CD-ROM de simple velocidad) del cual, 1.15 Mbits/s son para el video y los 350 Kbits/s restantes son para el sonido (estéreo) y para datos auxiliares.

La compresión de video utiliza los mismos principios que JPEG con pérdidas, a la que se le añaden nuevas técnicas que, juntas, forman el MPEG-1, que permiten reducir considerablemente la cantidad de información necesaria para la transmisión de imágenes sucesivas muy correlacionadas temporalmente.

Estas técnicas, llamadas de "predicción con compensación de movimiento", consisten en reducir, con un mínimo de información adicional, la mayoría de las imágenes precedentes (incluso las que le siguen).

Esto requiere un dispositivo de estimación de movimiento en el decodificador, que es la parte más compleja.

Tratándose de imágenes en movimiento o animadas, la descompresión deberá poder hacerse en "tiempo real" durante la reproducción. Por otro lado, la necesidad de un tiempo de sincronización y de una respuesta de acceso aleatorio a una secuencia no demasiado largos (0.5 segundos máximo) limita el número de imágenes que pueden depender de la misma primera imagen a diez o doce para un sistema de 25 imágenes por segundo.

### ***Formato del Video de Entrada***

MPEG-1 se considera como un video solamente progresivo (no entrelazado), que alcanza un bitrate de 1.5 Mbps. La entrada de video es usualmente convertida primero al formato estándar de entrada MPEG SIF (Standard Input Format). El espacio de color adoptado es Y-Cr-Cb según la recomendación CCIR 601. En el MPEG-1 SIF el canal de luminancia es de 352 pixeles x 240 líneas y 30 cuadros/segundo.

Los componentes de luminancia y crominancia son representados por 8 bit/pixel, y el componente de crominancia es submuestreado por 2 en ambas direcciones tanto vertical como horizontal. Mientras tanto los parámetros de video, los cuales son el tamaño de la imagen y la razón temporal, se pueden especificar, y por lo tanto son arbitrarios.

El siguiente conjunto de consideraciones contiene los parámetros específicos que ayudan a la implementación del hardware.

- Máximo número de píxeles/línea: 720
- Máximo número de líneas/imágenes: 576
- Máximo número de imágenes/seg: 30
- Máximo número de macrobloques/imagen: 396
- Máximo número de macrobloques/seg: 9900
- Máximo bitrate: 1.86 Mbits/seg
- Máximo tamaño del buffer del decodificador: 376832 bits

### ***Tipos de Imagen MPEG***

MPEG define tres tipos de imágenes que se encadenan según el esquema de la Figura 5.2.1. Los cuales son el soporte de la codificación diferencial y bidireccional, minimizando la propagación de errores.

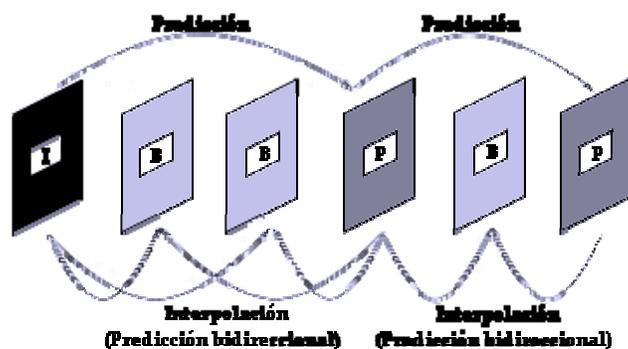


Figura 5.2.1 Encadenamiento de los 3 tipos de imágenes MPEG

#### ***Las imágenes I (intra)***

Son imágenes que no requieren información adicional para su decodificación. Son codificadas sin ninguna referencia a otras imágenes, como en JPEG, es decir, que contiene todos los elementos necesarios para su reconstrucción por el decodificador y son, por ello, el punto de entrada obligatorio para el acceso a una secuencia.

La tasa de compresión de imágenes I es relativamente pequeña, comparable con la de JPEG con pérdidas. Ellas consisten ante todo de los coeficientes transformados y no contienen vectores de movimiento.

#### ***Las imágenes P (previstas)***

Se codifican con respecto a las imágenes de tipo I o P anteriores, gracias a las técnicas de predicción con compensación de movimiento. Como la compensación de movimiento no es perfecta, no se podrá multiplicar indefinidamente el número de imágenes I, ya que, como se utilizan para decodificar otras imágenes P o B, se propagan amplificando cualquier error de codificación.

Su tasa de compresión es claramente mayor que la de las imágenes I. Las imágenes P requieren aproximadamente la mitad de los datos de las imágenes I.

**Las imágenes B (Bidireccionales)**

Se codifican por interpolación entre dos imágenes de tipo I o P precedentes y siguiente que las enmarcan. Como no se utilizan para describir otras imágenes, las imágenes B no propagan los posibles errores de codificación.

Este tipo de imágenes es el que ofrece el factor de compresión más alto, que generalmente es de una cuarta parte de los datos de las imágenes I.

Dependiendo de la complejidad del codificador utilizado, se podrán codificar solo las imágenes I, las imágenes I y P o las imágenes I, P y B; sin duda, con resultados absolutamente diferentes a nivel del factor de compresión y en cuanto a las posibilidades de acceso aleatorio, así como del tiempo de codificación y de la calidad percibida.

Los dos parámetros M y N definen la manera en que las imágenes I, P y B se encadenan:

- M es la distancia (en número de imágenes) entre dos imágenes P (previstas) sucesivas.
- N es la distancia entre dos imágenes I (intra) sucesivas.

Para alcanzar un flujo de video de 1.15 Mbits/s con una calidad satisfactoria, al tiempo que se mantiene una resolución de acceso aleatorio aceptable (< 0.5 segundos), los parámetros comúnmente utilizados son M=3 y N= 12 como se muestra en la Figura 5.2.2.

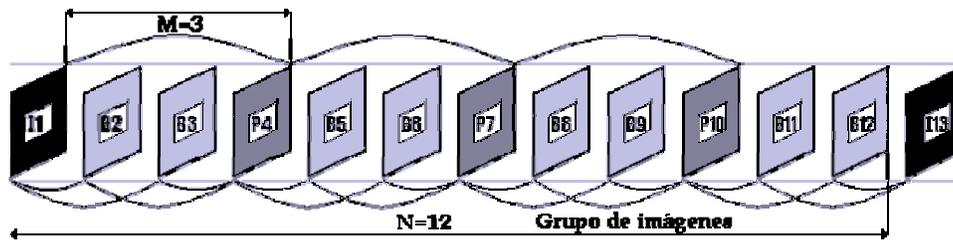


Figura 5.2.2 Ejemplo de grupo de imágenes, para M=3, N=12

En este caso, una secuencia de video se compone de 1/12 (8.33%) de imágenes I, 1/4 (25%) de imágenes P y de 2/3 (66.66%) de imágenes B. El factor de compresión global se ve favorecida por el hecho de que son las imágenes más frecuentes las que tienen un factor de compresión más alto.

En la visualización, tras la codificación y decodificación, es evidente que las imágenes de la secuencia de video deben ser reproducidas en el mismo orden en que se captaron.

Con los parámetros definidos anteriormente (M=3, N=12), el modo de codificación de imágenes sucesivas se traduce por la correspondencia número □ tipo de imagen siguiente:

1(I) 2(B) 3(B) 4(P) 5(B) 6(B) 7(P) 8(B) 9(B) 10(P) 11(B) 12(B) 13(I) 14(B) 15(B) 16(P).....

Sin embargo, para codificar o decodificar una imagen B (Bidireccional), el codificador y el decodificador necesitarán la imagen I o P que la precede y la imagen P o I que la sigue. El orden de las imágenes será, por tanto, modificado antes de la codificación, de forma que el codificador y el decodificador dispongan, antes que las imágenes B, de las imágenes I y/o P necesarias para su tratamiento, o sea (Ver Figura 5.2.3):

1(I) 4(P) 2(B) 3(B) 7(P) 5(B) 6(B) 10(P) 8(B) 9(B) 13(I) 11(B) 12(B) 16(P) 14(B) 15(B).....

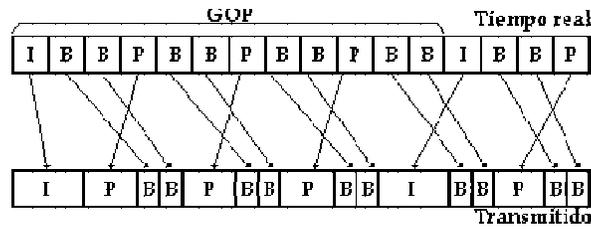


Figura 5.2.3 Comparación de las imágenes antes y después de la compresión, mostrando un cambio de secuencia

El aumento del factor de compresión facilitado por las imágenes B se paga, pues, con un tiempo de codificación/decodificación más largo (duración de dos imágenes) y un aumento en el tamaño de la memoria necesaria tanto en el codificador como en el decodificador (hay que almacenar una imagen suplementaria).

La Figura 5.2.4 muestra una curva de calidad constante donde la tasa de bits cambia con el tiempo de codificación. A la izquierda, solamente se utilizan imágenes I o codificación espacial, mientras que a la derecha solo se utilizan imágenes sucesivas IBBP. Esto significa que hay una codificación bidireccional de imágenes entre imágenes de codificación espacial (I) e imágenes previstas (P).

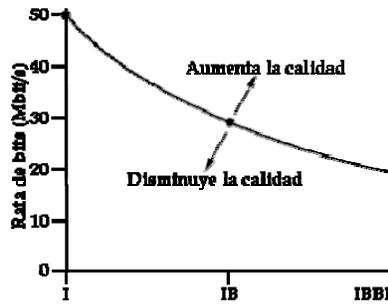


Figura 5.2.4 Curva de calidad constante

### **Descomposición en Capas de una Secuencia de Video MPEG**

Una secuencia de video MPEG es básicamente la salida del material en bruto de un codificador y contiene no más que lo necesario para que un decodificador restablezca la imagen original. La sintaxis de la señal comprimida es definida de manera rigurosa por MPEG, así se asegura que el decodificador cumpla con esta.

La Figura 5.2.5 muestra la construcción de una secuencia de video MPEG constituida por capas bien definidas.

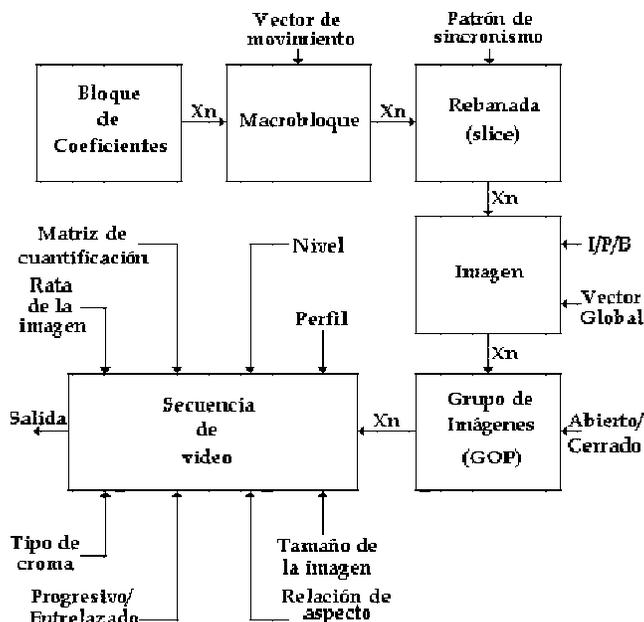


Figura 5.2.5 Estructura de una secuencia de video MPEG

### 1. *Bloque (Block)*

Es la unidad fundamental de la información de la imagen y está representada por un bloque de coeficientes DCT, que tienen un tamaño de 8x8 pixeles, los cuales representan datos Y, Cr o Cb.

Aquí el coeficiente DC es enviado primero ya que este representa con mayor precisión la información de este bloque. Los demás coeficientes son enviados al final de este.

### 2. *Macrobloque (Macroblock)*

Es la unidad fundamental de la imagen que además está compensada en movimiento. Cada macrobloque es un vector de desplazamiento en dos dimensiones situado en la parte superior de la secuencia. En una imagen B, el vector puede ser hacia adelante o hacia atrás.

La compensación de movimiento puede ser en modo de cuadro o en modo de campo, el cual es indicado. La escala utilizada para la recuantificación de los coeficientes también es indicada. Usando los vectores, el decodificador obtiene información acerca de las imágenes anteriores y las posteriores, produciendo así una predicción de imágenes. Los bloques son transformados inversamente para producir una imagen de rectificación que es adicionada a la imagen prevista que ha sido producida a la salida del decodificador.

En un formato de codificación 4:2:0, cada macrobloque tendrá 4 bloques Y, y dos bloques de color diferente. Para hacer posible la identificación de cada bloque y sus componentes, estos se envían en un orden específico. Cada macrobloque tiene un tamaño de 16 x16 pixeles.

### 3. *Rebanada (Slice)*

Los macrobloques son reunidos en rebanadas, y aquellas siempre deben representar una fila horizontal que está ordenada de izquierda a derecha.

En MPEG, las rebanadas pueden comenzar en cualquier sentido y ser de tamaño arbitrario, pero las ATSC (Advance Television Systems Committee) establecen que ellas deben comenzar en el borde izquierdo de la imagen. Las rebanadas son la unidad fundamental de sincronización para la codificación de la longitud variable y diferencial, los vectores iniciales en una rebanada son enviados completamente, mientras que los demás vectores son transmitidos diferencialmente.

En imágenes I, los primeros coeficientes DC de las rebanadas son enviados completamente y los demás coeficientes DC son transmitidos en forma diferencial. En imágenes de diferencia, esta técnica no se utiliza.

#### **4. Imagen (Picture) de tipo I, P o B**

Cuando un número de rebanas se combinan, construyen una imagen, la cual es la parte activa de un campo o un cuadro.

La imagen de soporte inicial define qué imágenes I, P o B codifica e incluye una referencia temporal para que la imagen pueda ser representada en el momento adecuado. En el caso de tomas panorámicas e inclinaciones, los vectores en cada macrobloque serán los mismos. Un vector global puede ser enviado para toda la imagen, y luego se pueden enviar vectores individuales que lleguen a crear la diferencia en el vector global.

#### **5. Grupo de imágenes (Group Of Pictures o GOP)**

Las imágenes pueden ser combinadas para producir un GOP (grupo de imágenes) que comienza con una imagen I. El GOP es la unidad fundamental de codificación temporal. En el estándar MPEG, el uso de GOP es opcional, pero está en la práctica es necesaria. Entre imágenes I, un número variable de imágenes P y/o B pueden ser colocadas como ya se ha descrito. Un GOP puede ser abierto o cerrado. En un GOP cerrado, las últimas imágenes B requieren de una imagen I para el siguiente GOP por decodificar y la secuencia de bits puede ser cortada al final de la GOP.

#### **6. Secuencia**

Cuando algunas GOP son combinadas se produce una secuencia de video con un código de inicio, seguido por un encabezamiento, y luego termina con un código final. Códigos de soporte adicional pueden ser situados al inicio de la secuencia. La secuencia de soporte especifica el tamaño horizontal y vertical de la imagen, norma de barrido, la rata de imágenes, si se usa un barrido progresivo o entrelazado, el perfil, nivel, velocidad de transferencia de bits, y cuales matrices de cuantificación se usan para codificar imágenes espaciales y temporales.

Sin la secuencia de soporte de datos, un decodificador no puede comprender el flujo de bits y por lo tanto no puede comenzar la operación de decodificación correcta. Esto ocurre generalmente cuando un televidente está cambiando canales de un lugar a otro en su televisor.

### **Compresión de Video en el estándar MPEG-2 (Aplicaciones Broadcast)**

MPEG-2 puede describirse como una "caja de herramientas" de compresión más compleja que MPEG-1, por lo tanto, también puede ser considerada como una unidad superior: en efecto, toma todas las herramientas anteriores y le añade otras. Además, la norma prevé la compatibilidad ascendente, lo que significa que un decodificador MPEG-2 deberá decodificar trenes binarios elementales de la norma MPEG-1.

#### **Perfiles y Niveles MPEG-2**

MPEG-2 se puede utilizar en un vasto rango de aplicaciones, requiriendo diferentes grados de complejidad y desempeño.

Para un propósito práctico el estándar MPEG-2 es dividido en perfiles y cada perfil es subdividido en niveles (Ver la Figura 5.2.6). Un perfil es básicamente el grado de complejidad esperada en la codificación, mientras que un nivel describe el tamaño de la imagen, la resolución de esta o la velocidad de transferencia de bits usada en ese perfil. En principio, hay 24 combinaciones posibles, pero no todas están definidas. Un codificador MPEG cuando

entrega un perfil y un nivel determinado, debe además ser capaz de decodificarlo a perfiles y niveles inferiores.

		PERFILES					
		Simple	Principal	4:2:2	SNR	Espacial	Alto
NIVELES	Alto		4:2:0 1920 x 1152 80Mb/s				4:2:0 o 4:2:2 1920 x 1152 100Mb/s
	Alto 1440		4:2:0 1440 x 1152 60Mb/s			4:2:0 1440 x 1152 60Mb/s	4:2:0 o 4:2:2 1440 x 1152 80Mb/s
	Principal	4:2:0 720 x 576 15Mb/s Sin E	4:2:0 720 x 576 15Mb/s	4:2:2 720 x 608 50Mb/s	4:2:0 720 x 576 15Mb/s		4:2:0 o 4:2:2 720 x 576 20 Mb/s
	Bajo		4:2:0 352 x 288 4Mb/s		4:2:0 352 x 288 4Mb/s		

Figura 5.2.6 Niveles y perfiles de MPEG-2

Un perfil simple no soporta una codificación bidireccional y de este modo solo genera imágenes I y P. Esto reduce la tasa de compresión simplificando el codificador y el decodificador; permitiendo un sencillo hardware. Un perfil simple solamente está definido en el nivel main (principal) como (SP@ML). El perfil main (principal) corresponde actualmente al mejor compromiso entre calidad/tasa de compresión, utilizando los tres tipos de imágenes (I, P y B), a costa de un codificador y decodificador, más complejos.

Los perfiles escalables (código jerárquico) están previstos para operaciones posteriores y permitirán transmitir una imagen básica (base layer) en términos de resolución espacial (spatially scalable profile) o de cuantificación (SNR scalable profile), así como información suplementaria independiente (enhanced layer) que permite mejorar sus características, por ejemplo para transmitir la misma emisión en definición estándar y HD (High Definition), o permitir una recepción con calidad aceptable en caso de recepción difícil y de calidad óptima en buenas condiciones (por ejemplo, para la televisión digital terrestre).

La Figura 5.2.7 muestra un codificador MPEG convencional, con coeficientes de cuantificación de elevado peso; que al codificar una imagen la genera con una moderada razón señal a ruido. Después esta imagen al ser decodificada y sustraída de la imagen original pixel a pixel da como resultado una imagen de "ruido de cuantificación". Esta imagen puede ser comprimida y transmitida como una imagen de ayuda. Un simple decodificador solo decodifica la imagen principal, con un flujo de bit con ruido de cuantificación, pero un decodificador más complejo puede decodificar ambas imágenes con diferentes flujos de bits y combinarlos para producir una imagen con bajo ruido. Este es el principio del perfil SNR escalable.

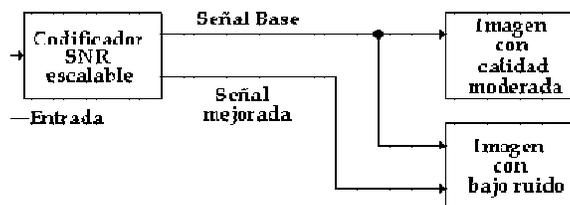


Figura 5.2.7. Codificación escalable SNR

Como otra alternativa, la Figura. 5.2.8 muestra que por solo codificar las frecuencias espaciales bajas en imágenes HDTV, parte del flujo de bits puede ser reconstruido por un receptor con codificador para SDTV (Standard Definition TeleVision). Si una imagen de baja definición es localmente decodificada y sustraída de la imagen original, se produce entonces una imagen de "realce de definición", esta imagen puede ser codificada en una señal de ayuda. Un decodificador de forma conveniente podría combinar las señales principales y de ayuda para recrear la imagen HDTV. Este es el principio del perfil de escalabilidad espacial.

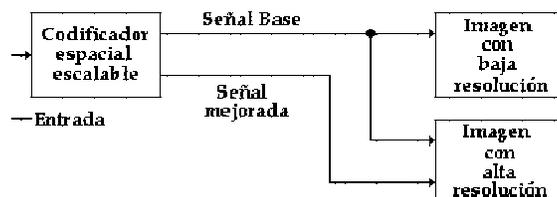


Figura 5.2.8 Codificador espacial escalable

El perfil high (alto) soporta tanto el SNR y la escalabilidad espacial como también la opción de muestreo 4:2:2.

El perfil 4:2:2 se ha desarrollado para proveer compatibilidad con los equipos de producción digital de televisión existentes. Este perfil admite trabajar con 4:2:2 sin requerir una complejidad adicional si se usa en el perfil high. Por ejemplo, un decodificador HP@ML debe soportar escalabilidad SNR que no es requerida en la producción de televisión digital. El perfil 4:2:2 tiene la misma libertad de escoger su estructura de GOP como en otros perfiles, pero en la práctica este usa comúnmente GOPs cortos de edición sencilla. La operación 4:2:2 requiere una mayor velocidad en la transmisión del bit que una operación 4:2:0, y el uso de pequeños GOPs requiere también de mayores velocidades de transferencia de bits para proporcionar calidad en sus imágenes.

- El nivel low (bajo) corresponde a la resolución SIF utilizada en el MPEG-1.
- El nivel main (principal) corresponde a la resolución 4:2:0 "normal" (de hasta 720 pixeles x 576 líneas).
- El nivel high-1440 (alto-1440) está destinado a la HDTV (de hasta 1440 pixeles x 1152 líneas).
- El nivel high (alto) está optimizado para la HDTV (de hasta 1920 pixeles x 1152 líneas).

Según el compromiso de calidad/flujo de bits perseguido y la naturaleza de las imágenes, el flujo de bits estará comprendido entre los 4 Mbits/s (calidad equivalente a la de una imagen codificada en PAL o SECAM) y los 9 Mbits/s (calidad próxima a la de una imagen de estudio CC1R-601).

Todo el proceso de codificación de las imágenes animadas descrito en el capítulo anterior para MPEG-1 se aplica a MPEG-2 (MP@ML), especialmente la jerarquía de capas (desde el bloque hasta la secuencia de la Figura 5.2.9).

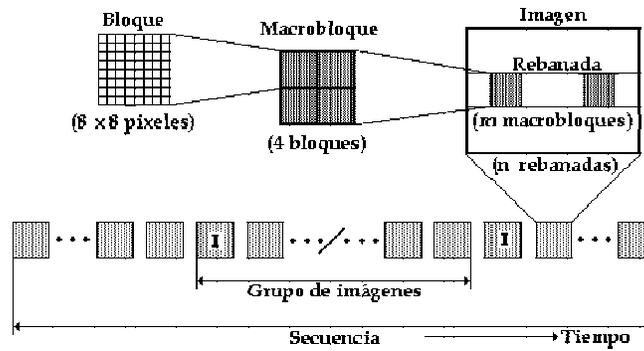


Figura 5.2.9 Jerarquía de capas de la secuencia

Una diferencia que hay que destacar para las slices, es que en MPEG-2 no necesariamente abarcan toda la imagen, y además deben estar compuestas únicamente de macrobloques contiguos situados en la misma línea horizontal. Ver Figura. 5.2.10.

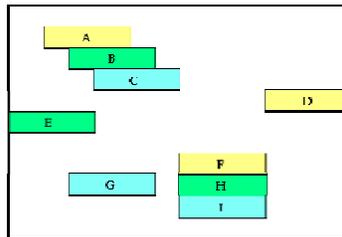


Figura 5.2.10 Rebanadas (slices) en MPEG-2

La principal novedad con respecto a MPEG-1, además de los perfiles y niveles, provienen del tratamiento de las imágenes entrelazadas.

### **Modos de Predicción Específicos en MPEG-2 (Imágenes entrelazadas)**

Dependiendo del trabajo a realizar, estas pueden ser tratadas de manera diferente según la importancia de los movimientos entre los dos campos de una misma imagen (los casos extremos son, por un lado, cuando se transmiten películas cinematográficas por televisión "telecine" donde no hay movimiento entre los dos campos de TV, puesto que proceden de la exploración del mismo fotograma de la película, y por otro lado, las imágenes de video de acontecimientos deportivos, donde puede haber importantes movimientos entre los dos campos de una imagen). La Figura 5.2.11 representa la secuencia temporal de la posición vertical de las líneas de los campos sucesivos en un sistema entrelazado.

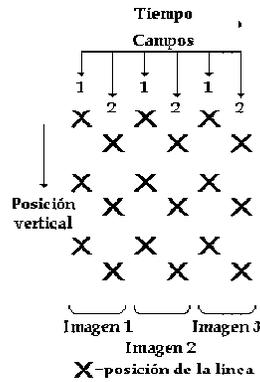


Figura 5.2.11 Posición de las líneas de campos sucesivos en un sistema entrelazado

Para la codificación Intra de las imágenes entrelazadas, MPEG-2 permite elegir entre dos estructuras de imágenes llamadas frame (estructura "imagen") o field (estructura "campo").

**La Estructura "FRAME"**

También llamada "progresiva", es apropiada para los casos donde hay poco movimiento entre dos campos sucesivos. Los bloques y macrobloques se dividen en la imagen completa (Ver Figura. 5.2.12), y la DCT se efectúa, sobre puntos verticales que distan 20 ms en el tiempo, lo que no plantea problemas si los dos campos difieren poco.

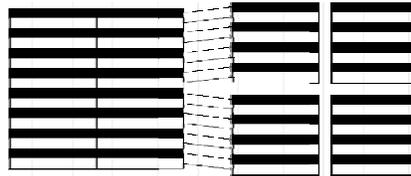


Figura 5.2.12 División de los macrobloques en bloques en modo imagen (frame)

En este caso, siempre es posible codificar los bloques de mayor animación en modo inter-campo, es decir, dividiéndoles en un campo.

**La Estructura "FIELD"**

También llamada "entrelazada", es preferible cuando el movimiento de un campo a otro es importante. En este caso, a fin de evitar un contenido en frecuencias verticales elevadas que reduciría la eficacia de la compresión tras efectuar la DTC, la división de los macrobloques se hace considerando cada uno de los campos como una imagen independiente en el interior del cual se toman los bloques. Ver Figura

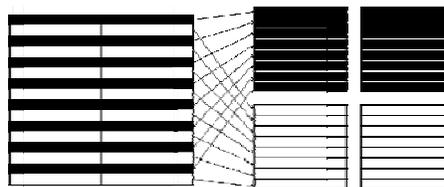


Figura 5.2.13 División de los macrobloques en bloques en modo campo (field)



entrega primero las frecuencias espaciales verticales y luego las frecuencias espaciales horizontales.

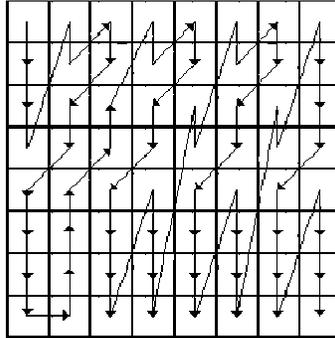


Figura 5.2.15 Exploración alternada, normalmente para campos (fields)

### Descripción del Proceso de Codificación MPEG-2

Al igual que MPEG-1, la norma no define explícitamente el método de codificación, sino únicamente la sintaxis que controla el tren binario a la salida del codificador, lo cual deja gran libertad a su diseñador.

El esquema de bloques MPEG-1, también se aplica al codificador MPEG-2. Ver Figura 5.2.16.

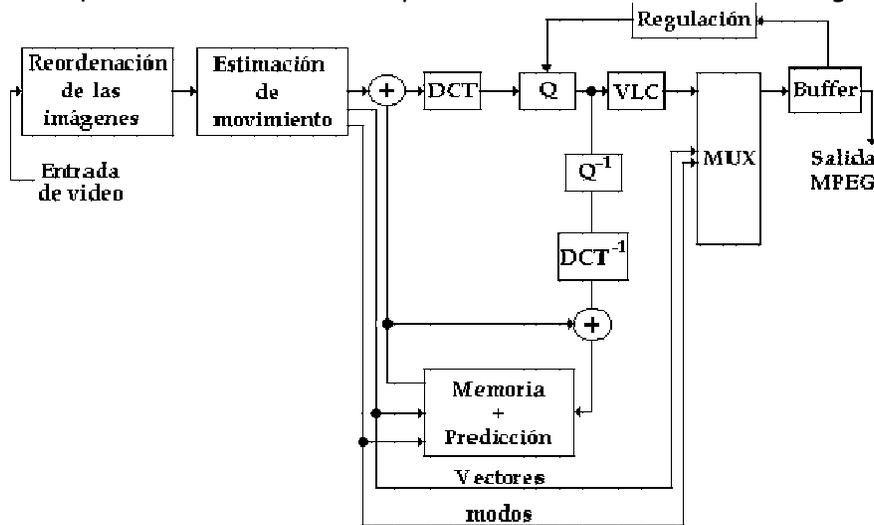


Figura 5.2.16 Esquema simplificado del codificador MPEG-2

A partir de la imagen digitalizada en formato 4:2:0 (caso del main profile), el codificador elige para cada imagen su tipo (I, P o B) y si esta debe ser codificada en modo frame (imagen) o field (campo). El codificador a continuación debe estimar los vectores de movimiento para cada macrobloque de 16x16 píxeles. El número de vectores depende del tipo de imagen y del modo de codificación escogido para cada bloque.

En el caso más general, donde el codificador es capaz de generar imágenes B (bidireccionales), deberá reordenar las imágenes antes de la codificación y la transmisión.

La unidad básica de codificación es el macrobloque, compuesto por 4 bloques de luminancia de 8x8 pixeles y (en el caso del formato 4:2:0) de 2 bloques de crominancia (un Cr y un Cb) de 8x8 pixeles que abarcan la misma zona de la imagen.

Todos los macrobloques de la imagen se codifican secuencialmente de izquierda a derecha y de arriba abajo, eligiéndose un modo de codificación independiente para cada uno de ellos.

Una vez que se ha elegido el modo de codificación, la predicción con compensación de movimiento del contenido del bloque se hace a partir de la imagen de referencia (I o P) pasada (caso de las imágenes P) y eventualmente futura (caso de las imágenes B). La predicción se elimina de los datos reales del macrobloque, lo que da la señal de error de predicción.

En una imagen con estructura frame, el codificador deberá elegir entre efectuar la DTC en modo frame o field. Esto depende principalmente de la amplitud del movimiento entre los campos de la imagen.

La señal de error se separa inmediatamente en bloques de 8x8, a los que se aplica la DTC. Cada bloque de coeficientes resultante se cuantifica y barre en zig-zag para formar una serie de coeficientes. Seguidamente, se codifica la información auxiliar necesaria para que el decodificador pueda reconstruir el bloque (modo de codificación, vectores de movimiento, etc.), codificando los coeficientes cuantificados con ayuda de una tabla VLC (codificación Huffman).

La unidad de control de flujo supervisa el estado de ocupación de la memoria intermedia de salida, utilizando esta información como retorno para controlar el número de bits que el codificador generará para los bloques siguientes, jugando principalmente con los coeficientes de cuantificación. Se obtiene entonces a la salida del codificador un tren binario completo, ya utilizable para un decodificador.

Para aumentar la calidad de la imagen decodificada, el propio codificador almacena y decodifica (decuantificación de los coeficientes después de la DTC inversa) las imágenes I y P, como referencia para reconstruir otras imágenes obtenidas por predicción con compensación de movimiento en el decodificador, y calcula una señal de error que se añade a la señal de predicción.

### Descripción del Proceso de Decodificación MPEG-2

Como ya se ha dicho, la decodificación es más sencilla que la codificación, ya que no tiene que efectuar alguna estimación de movimiento, que es una de las partes más complejas del codificador.

El esquema de bloques del decodificador de la Figura 5.2.17 es el que se va a analizar para MPEG-2.

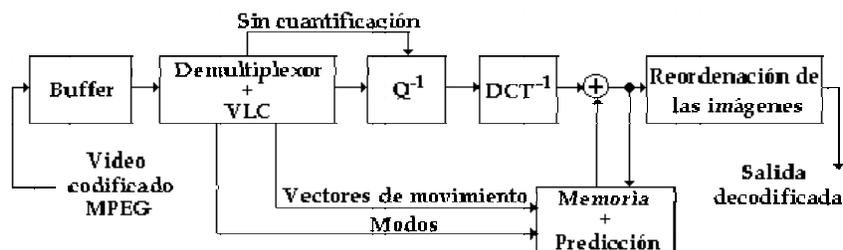


Figura 5.2.17 Esquema simplificado del decodificador MPEG-2

La memoria intermedia (buffer) de entrada recibe los datos del canal de transmisión, y el decodificador lee el tren binario hasta encontrar el principio de una imagen, su tipo (I, P o B) y su estructura (frame o field).

Empieza la decodificación con la primera imagen I, almacenándola en su memoria, así como la imagen P siguiente, para servir de referencia a las imágenes P o B que dependen de ella.

Para las imágenes I, la decodificación propiamente dicha consiste en aplicar a cada bloque la decodificación VLC, la decuantificación de los coeficientes y la transformación DTC inversa.

Para las imágenes P o B, este proceso consiste en construir la predicción de cada macrobloque a partir de su tipo, de los vectores de movimiento y de las imágenes de referencia memorizadas. El decodificador lee, decodifica y decuantifica los coeficientes DTC del error de predicción transmitido para cada bloque de 8x8 pixeles, y, después de la transformada DTC inversa, añade el resultado a la predicción.

La reconstrucción de la imagen se efectúa cuando todos los macrobloques han sido tratados.

La última etapa de la decodificación es poner las imágenes en el orden inicial de visualización.

Como se vio anteriormente, la necesidad de memoria para el decodificador es de unas 3 imágenes (dos imágenes de referencia más la imagen en vía de reconstrucción), siendo para una imagen 4:2:0, de aproximadamente 16 Mbits.

### Multiplexado de las Señales en MPEG-2

Al igual que en MPEG-1, los trenes elementales (ES) están organizados en paquetes para formar los Packetized Elementary Streams (PES) de video, audio y datos privados.

También como en MPEG-1, los paquetes PES empiezan por una cabecera de paquete, cuyo formato se describe con la ayuda de la Figura 5.2.18 y el Cuadro 5.2.1.

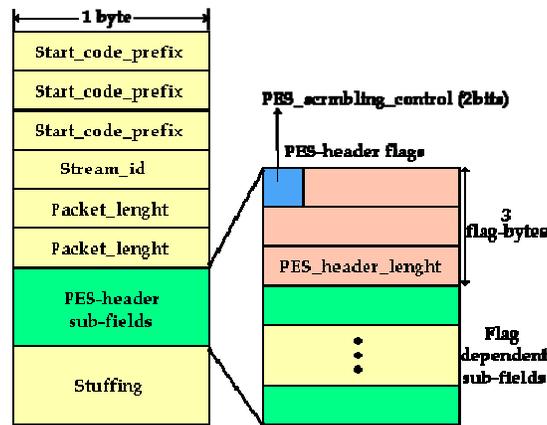


Figura 5.2.18 Cabecera de un PES MPEG-2

Campo	Definición	Nº de bits
start_code_prefix	código de inicio (00 00 01 hex)	24
string_id	Identificación del PES	8

packet_length	longitud del PES	16
PES_scrambling_control	define si hay cifrado y su palabra de control	2
flags	marcadores diversos	14
PES_header_length	longitud de la parte restante de cabecera del PES (x+y)	8
PES_header_subfields	campo variable que depende de los flags	x bytes
stuffing	relleno	y bytes

Cuadro 5.2.1 Estructura de la cabecera del paquete MPEG-2

La parte "sistema" de MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), que define la organización del multiplexado MPEG-2, prevé dos maneras diferentes de multiplexar estos PES para formar dos tipos de trenes, dependiendo de la aplicación a la cual esté enfocada, como se ilustra en la Figura 5.2.19.

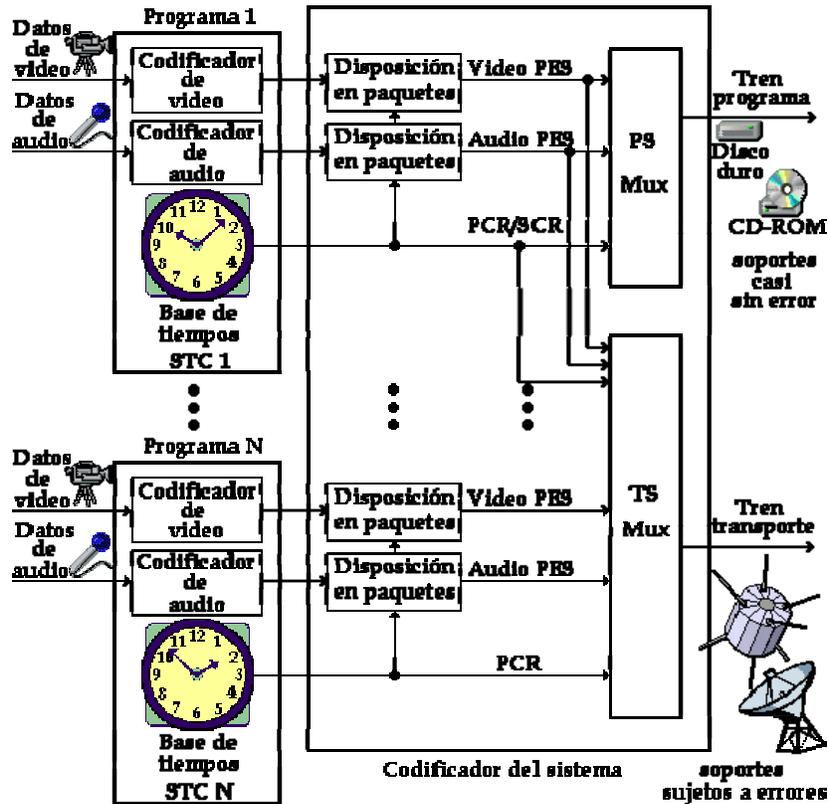


Figura 5.2.19 Esquema conceptual de la generación de trenes de programa y transporte MPEG-2

Pueden ser relativamente largos (por ejemplo, 2.048 bytes) y dado que está organizada de *Tren de programa (Program Stream)*. El tren "programa" de MPEG-2 se crea a partir de uno o varias PES que deben obligatoriamente compartir el mismo reloj de referencia.

Este tipo de tren está destinado a aplicaciones donde el dispositivo de almacenamiento o de transmisión sea susceptible de introducir muy pocos errores (error free medium), como es el caso, por ejemplo, de las aplicaciones multimedia en CD-ROM o disco duro. Aquí, estos paquetes manera similar a un tren "sistema" MPEG-1, no se entrará en detalles.

Es probable que sea este tipo de multiplexado el que se utilice para el video MPEG-2 en el futuro Video Disco Digital o Digital Video Disk (DVD).

**Tren de transporte (Transport stream).** El tren transport de MPEG-2 está principalmente destinado al transporte de programas de televisión a larga distancia sobre soportes o en medios susceptibles de introducir un índice de errores bastante elevado (error prone medium); la longitud de los paquetes debe ser relativamente corta para permitir la introducción de los dispositivos de corrección de errores eficaces.

La longitud de los paquetes transporte de MPEG-2 ha sido fijada, por tanto, en 188 bytes, valor reservado especialmente para las emisiones vía satélite, cable o terrestres de la norma europea DVB.

Este tipo de tren está destinado a combinar varios programas que no compartan forzosamente el mismo reloj de sistema (STC) en el interior de un mismo multiplexor.

Los diferentes PES (video, audio, etc.) que forman un programa dado, deben sin embargo compartir el mismo reloj con el fin de poder ser sincronizados por el decodificador.

La Figura 5.2.20 ilustra el proceso de creación de un tren de transporte MPEG-2, del que se va a detallar ahora su constitución.

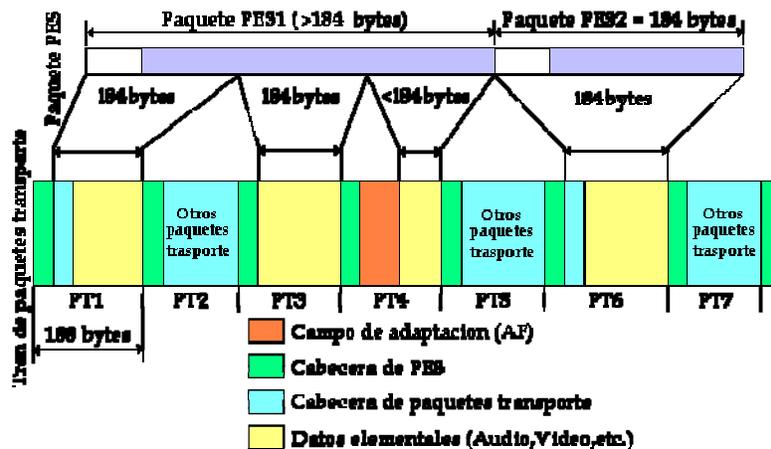


Figura 5.2.20 Creación de un tren Transport MPEG-2 a partir de los PES que lo componen

### Construcción del Paquete de Transporte MPEG-2

Un paquete "transport" de 188 bytes se compone de una cabecera de paquete (packet header), de 4 bytes y de una "carga útil" (payload) de 184 bytes como máximo, eventualmente precedida de un campo de adaptación (adaptation field), como se muestra en la Figura 5.2.21. La "carga útil" está formada por paquetes de trenes elementales (Packetized Elementary Stream, PES) que componen los programas de televisión transmitidos por el canal, así como cierto número de datos auxiliares que permiten al codificador no perderse por el tren de transporte MPEG-2.

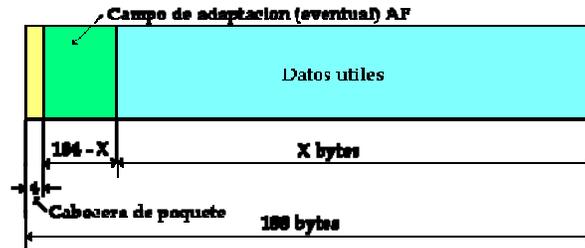


Figura 5.2.21 Constitución del paquete transport (caso general)

El formato de la cabecera del paquete de transporte se detalla en las Figuras 5.2.22, 5.2.23 y el cuadro 5.2.2.

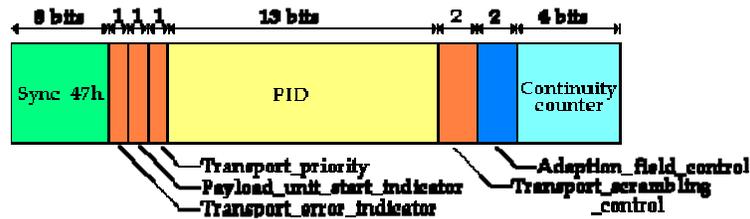


Figura 5.2.22 Detalle de la cabecera del paquete transporte

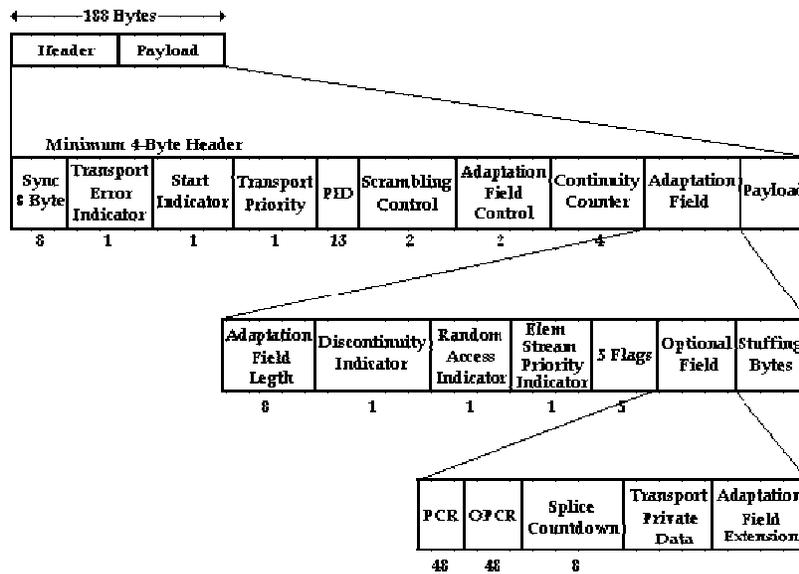


Figura 5.2.23 Estructura completa de un paquete de transporte

Campo	Definición (comentario)	Nº de bits
sync_byte	byte de sincronización 1000 0111 (47 hex)	8
ei	transport_error_indicator (indica un error detectado mas atrás)	1
pusi	payload_unit_start_indicator (inicio de PES en el paquete)	1
tpr	transport_priority (indicador de prioridad)	1

PID	Packet IDentifier (identificación del paquete)	13
scr_flags	transport_scrambling_flags (tipo de cifrado de transporte)	2
af	adaptation_field_flag (campo de adaptación en el paquete)	1
pf	payload_flag (datos útiles en el paquete)	1
Cc	continuity_counter (contador de continuidad entre trozos)	4

Cuadro 5.2.2 Estructura de una cabecera de paquete de transporte MPEG-2

La norma ISO/IEC 13818-1 especifica que un paquete de transporte dado sólo puede transportar datos procedentes de un sólo paquete PES, y que un paquete PES empieza obligatoriamente al principio de un paquete de transporte y se termina obligatoriamente al final de un paquete de transporte.

Debido a la longitud mucho más pequeña de los paquetes de transporte (184 bytes útiles) con respecto a los paquetes PES (por ejemplo, 2048 bytes), estos últimos deberán ser, pues, divididos en trozos de 184 bytes.

Como la longitud de los paquetes PES en general no es múltiplo de 184 bytes, el último paquete de transporte de un paquete PES deberá empezar por un campo de adaptación (Adaptation Field, AF), cuya longitud será el complemento a 184 del número de bytes que queden por transmitir para terminar este último paquete PES, como se muestra en la Figura 5.2.24.

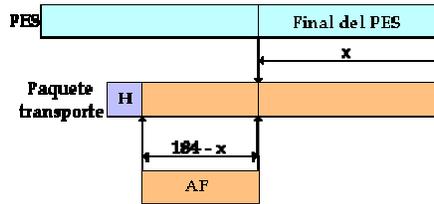


Figura 5.2.24. Constitución del último paquete de transporte de un PES

Además de esta función de relleno, el campo de adaptación se utilizara también para la transmisión del reloj de referencia del programa (Program Clock Reference, PCR), cuya cadencia de repetición mínima es de 10 por segundo, así como diversos tipos de datos opcionales.

Un paquete de transporte eventualmente podrá estar constituido únicamente por un campo de adaptación, de 184 bytes en este caso concreto (transporte de datos privados, PCR, etc.).

La Figura 5.2.25 ilustra el formato general del campo de adaptación, cuyo contenido se especifica en el Cuadro 5.2.3.

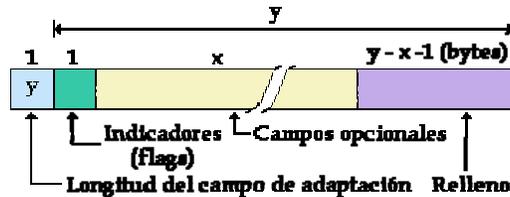


Figura 5.2.25. Detalle del campo de adaptación

Campo	Definición	Nº de bits
adaptation_field_length	longitud total en bytes, menos 1 (y)	8
flags	marcadores que indican la información transportada	8
optional_fields	campos opcionales de datos (x bytes)	$x \times 8$
stuffing	campo de relleno (y-1-x bytes de valor FF hex)	$(y-1-x) \times 8$

Cuadro 5.2.3 Constitución del campo de adaptación MPEG-2

### Inserción de las Secciones en los Paquetes de Transporte

Al contrario que en los PES, las secciones no empiezan y acaban forzosamente con un paquete de transporte. Cuando una sección o un PES empieza en un paquete, el indicador payload\_unit\_star\_indicator (PUSI) se pone a "1".

Cuando se trata de una sección, el paquete puede empezar al final de otra sección, precedida o no de un campo de adaptación (adaptation\_field). El primer byte de la "carga útil" (payload) es un indicador llamado pointer\_field el que da el desplazamiento (offset) del comienzo de la nueva sección con respecto a este byte.

La Figura 5.2.26 ilustra el caso donde una sección empieza en un paquete de transporte, después de un campo de adaptación (AF) y el final de una sección anterior.

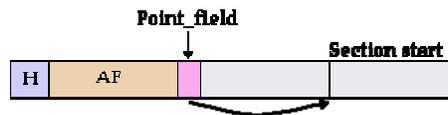


Figura 5.2.26 Caso general del comienzo de sección en un paquete de transporte

### Cómo Demultiplexa MPEG-2

Las siguientes son las principales etapas que hay que seguir para encontrar un programa o servicio en un múltiplex de transporte MPEG-2, una vez que el múltiplex ha sido capturado (sintonizado en un canal).

A partir de la captura (sincronización) de un nuevo canal:

- Filtrar el PID 0 para capturar los paquetes que transportan las secciones PAT.
- Construir la tabla de asociación de programas (PAT) a partir de las secciones.
- Presentar el menú de programas disponibles al usuario.

Después de elegir el programa:

- Filtrar los PID correspondientes a este programa
- Construir la tabla de programa a partir de las secciones correspondientes
- Filtrar el paquete indicado por el campo PCR -PID; recuperar el PCR y sincronizar el reloj del sistema STC
- Si hay varios PID de audio o video para este programa, presentar las opciones al usuario.

Una vez hecha esta nueva elección,

- Filtrar los PID correspondientes; puede empezar la decodificación propiamente dicha.

La parte visible por el usuario de este proceso es la presentación interactiva de la "guía electrónica de programa" (Electronic Program Guide, EPG); generalmente asociada a la red por medio de la información proporcionada por las tablas DVB-SI, para permitirle navegar fácilmente por los distintos programas y servicios que se le ofrecen.

### ***Compresión de Audio en el Estándar MPEG***

Toda compresión de datos de audio se basa en la comprensión del mecanismo auditivo, por lo que constituye una forma de codificación perceptual. El oído es sólo capaz de extraer una cierta proporción de la información contenida en un determinado sonido. A esto se le puede denominar entropía perceptual, siendo redundante el sonido adicional. Un sistema ideal debe eliminar toda redundancia, dejando únicamente la entropía.

Existen muchos tipos diferentes de compresión de audio y cada uno permite un factor de compresión diferente. Algunas aplicaciones como DCC (Digital Compact Cassette) y DAB (Digital Audio Broadcasting) requieren un valor de 0.25. Para el Minidisco, es de 0.2. La transmisión de audio por RDSI requiere más compresión todavía, que sólo puede realizarse empleando técnicas sofisticadas.

La codificación de la sub-banda imita el mecanismo de análisis en frecuencia del oído humano y divide el espectro de audio en un gran número de bandas de frecuencia diferentes con el fin de poder explotar el hecho de que la mayoría de las bandas contienen señales cuyo nivel es inferior al de la señal más alta. Las señales en estas bandas pueden ser entonces cuantificadas independientemente. El error de cuantificación que resulta es confinado a los límites de frecuencia de la banda y así este puede arreglarse para ser enmascarado por el material del programa. Las técnicas usadas en las capas 1 y 2 de MPEG audio son basadas en la codificación de la sub-banda como son aquéllas usadas en el DCC.

En la codificación por transformación la forma de onda de audio en el dominio del tiempo es convertida a una representación en el dominio de la frecuencia como una transformada de Fourier, Discreta del Coseno o Wavelet. La codificación por transformación toma ventaja del hecho de que la amplitud o cubierta de una señal de audio cambia relativamente despacio y para que así los coeficientes de la transformada puedan transmitirse relativamente con poca frecuencia. Claramente tal aproximación se estropea en presencia de transitorios y se requieren en la práctica sistemas adaptables. Los transitorios causan que los coeficientes puedan ser frecuentemente actualizados mientras que en las partes estacionarias de la señal como las notas sostenidas la tasa de actualización puede reducirse. La codificación por Transformada Discreta del Coseno se usa en la capa 3 (layer 3) de MPEG audio y en el sistema de compresión del Minidisco.

### ***Codificación de la Sub-Banda***

La compresión de los datos de la sub-banda aprovecha el hecho de que los sonidos reales no tienen una energía espectral uniforme. La longitud de la palabra del audio PCM está basada en el rango dinámico requerido. Cuando una señal con un espectro no uniforme es transmitida por PCM, todo el rango dinámico es ocupado únicamente por la componente espectral más alta, y todas las demás componentes son codificadas con excesivo headroom (área entre el nivel normal de funcionamiento y el nivel de recorte). En su forma más simple, la codificación de la sub-banda funciona dividiendo la señal de audio en un número de bandas de frecuencia y comprimiendo y expandiendo cada banda de acuerdo con su propio nivel. Las bandas en las que hay poca energía dan como resultado amplitudes pequeñas que pueden transmitirse con una

longitud de palabra corta. Por tanto, cada banda se traduce en muestras de longitud variable, pero la suma de todas las longitudes de palabra de la muestra es inferior a la de la PCM, pudiendo obtenerse así una ganancia de codificación.

El número de sub-bandas que pueden utilizarse depende de qué otra técnica de compresión se vaya a combinar con la codificación de la sub-banda. Si se tiene la intención de utilizar la compresión basada en el enmascaramiento auditivo, es preferible que las sub-bandas sean más estrechas que las bandas críticas del oído y, por tanto, se requerirá un gran número; así, por ejemplo en MPEG y PASC (Precision Adaptative Subband Coding) se emplean 32 sub-bandas. La Figura muestra la condición crítica en la que el tono del enmascaramiento se encuentra en el límite superior de la sub-banda. Se observará que cuanto más estrecha es la sub-banda, mayor es el ruido de recuantificación que puede enmascarse. No obstante, la utilización de un número excesivo de sub-bandas acentúa la complejidad y el retardo de codificación, y también arriesga el pre-eco en los transitorios que exceden el enmascaramiento temporal.

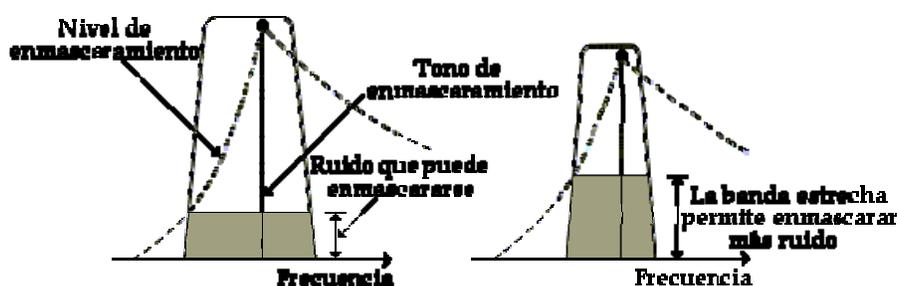


Figura 5.2.27 En la codificación de la sub-banda, el caso más desfavorable tiene lugar cuando el tono de enmascaramiento se encuentra en el límite superior de la sub-banda

Las Figuras muestran los diagramas de bloques de un codificador y un decodificador de sub-bandas, respectivamente. En la entrada, el rango de frecuencias es dividido en sub-bandas mediante un banco de filtros tal como un filtro especular en cuadratura. Los datos descompuestos de la sub-banda se organizan en bloques de tamaño fijo, antes del proceso de reducción. Aunque todas las sub-bandas pueden utilizar bloques de la misma longitud, algunos codificadores pueden utilizar bloques que se hacen más largos a medida que disminuye la frecuencia de la sub-banda. Los bloques de las sub-bandas también se denominan bins de frecuencia.

La ganancia de codificación se obtiene cuando la forma de onda de cada banda pasa a través de un recuantificador. La recuantificación se consigue multiplicando los valores de las muestras por una constante y redondeando el resultado por exceso o por defecto de acuerdo con la longitud de palabra requerida. Por ejemplo, si en una sub-banda determinada la forma de onda es de 36 dB o menos a fondo de escala, al menos habrá 6 bits en cada muestra que sólo reproducen el bit de signo. Multiplicando por 64, entrarán en uso los bits de orden superior de la muestra, permitiendo que se pierdan bits en el extremo más bajo al redondear a una longitud de palabra menor. Cuanto menor es la longitud de palabra, mayor es la ganancia de codificación, pero más toscos resultan los escalones de cuantificación y, por tanto, el nivel de error de cuantificación.

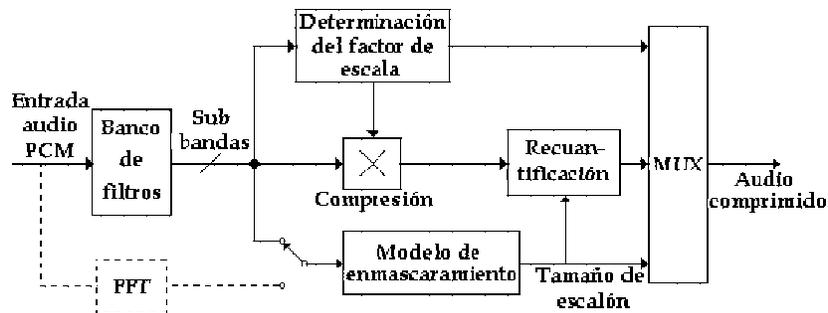


Figura 5.2.28 Diagrama de bloques de un codificador de sub-bandas

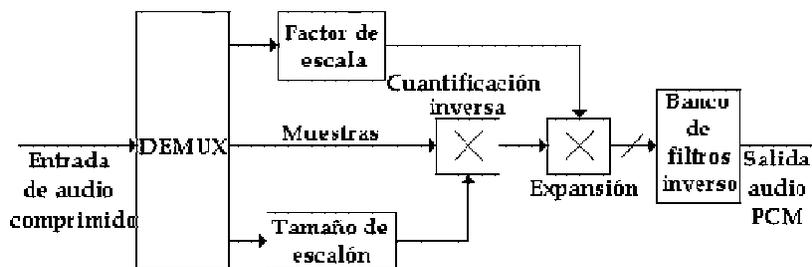


Figura 5.2.29 Diagrama de bloques de un decodificador de sub-bandas

### Codificación por Transformación

El análisis de Fourier permite representar cualquier forma de onda mediante un conjunto de componentes armónicamente relacionados de amplitud y fase adecuadas. La transformada de una forma de onda de audio típica varía de manera relativamente lenta. La lenta señal sonora procedente del tubo de un órgano o de la cuerda de un violín, o el lento decrecimiento de la mayoría de los sonidos musicales, permite la reducción de la frecuencia a la que la transformada es muestreada, obteniéndose una ganancia de codificación. Es posible obtener una ganancia de codificación adicional si las componentes que experimentarán el enmascaramiento se cuantifican de manera más rudimentaria.

Las transformadas prácticas requieren bloques de muestras en lugar de cadenas interminables. La solución está en cortar la forma de onda en cortos segmentos solapados y, seguidamente, transformar cada uno de ellos individualmente tal como indica la Figura. De este modo, cada muestra de entrada aparece en sólo dos transformadas, pero con una ponderación variable dependiendo de su posición en el eje temporal.



Figura 5.2.30 La codificación por transformación se realiza en la práctica en bloques cortos

La DFT (Discrete Frequency Transform o Transformada de Frecuencia Discreta) requiere gran número de cálculos, debido al requisito de tener que utilizar una aritmética compleja para obtener la fase de las componentes, así como la amplitud. Una alternativa consiste en emplear

La Transformada Discreta del Coseno (DCT). Esta presenta una ventaja cuando se utiliza con ventanas solapadas. En la Transformada Discreta del Coseno Modificada (MDCT), se usan ventanas con un solapamiento del 50%. De este modo, se obtiene el doble de coeficientes necesarios, que se submuestran por un factor de dos para obtener una transformada muestreada críticamente, lo cual tiene como resultado un efecto un aliasing potencial en el dominio de la frecuencia. Sin embargo, variando levemente la transformada, los productos de aliasing en la segunda mitad de una determinada ventana son iguales en tamaño, pero de polaridad opuesta a los productos de aliasing de la primera mitad de la siguiente ventana, por lo que se eliminarán en su reconstrucción. Éste es el principio de la eliminación del aliasing en el dominio temporal (TDAC, Time Domain Aliasing Cancellation).

La recuantificación realizada en el codificador eleva el ruido de cuantificación en el bin de la frecuencia, pero lo hace durante todo el tiempo que dura el bloque. La Figura muestra que, si se produce un transitorio hacia el extremo final de un bloque, el decodificador reproduce la forma de onda correctamente, pero el ruido de cuantificación comenzará al principio del bloque y puede dar lugar a un pre-eco en el que el ruido se oye antes que el transitorio.



Figura 5.2.31 Transitorio en el final de un bloque de una transformada

La solución es utilizar una ventana de tiempo variable de acuerdo con el contenido del transitorio de la forma de onda de audio. Cuando se producen transitorios musicales, se necesitan bloques cortos, por lo que la resolución de la frecuencia y, por tanto, la ganancia de codificación serán bajas. En otras ocasiones, los bloques pueden hacerse más grandes, mejorando así la resolución de la frecuencia de la transformada y obteniéndose una mayor ganancia de codificación.

### **Codificación MPEG de Audio**

Las normas MPEG de audio definen tres capas (layers) de codificación, que se distinguen por su tasa de compresión para una calidad de audio percibida dada.

La norma de televisión digital DVB prescribe para el sonido la utilización de las capas 1 y 2 de la especificación MPEG-1 de audio, que prevé cuatro modos principales de transmisión:

- Stereo: los canales izquierdo y derecho se codifican de manera completamente independiente
- Joint\_stereo: aprovechamiento de la redundancia entre los canales izquierdo y derecho a fin de reducir el flujo (con dos codificaciones posibles; intensity\_stereo o MS\_stereo)
- Dual\_channel: los dos canales son independientes (sonido bilingüe, por ejemplo)
- Mono: un solo canal de sonido.

**Capa 1.** También llamada "pre-MUSICAM" utiliza el algoritmo PASC, desarrollado por PHILIPS para su casete de audio digital (DCC). Utiliza una velocidad fija entre las 14 posibles (de 32 a 448 Kbits/s); la calidad Hi-Fi necesita 192 Kbits/s por canal de audio (384 Kbits/s en estéreo). Su principal ventaja es la relativa sencillez para implementar el codificador y el decodificador.

La cuantificación de los coeficientes de sub-banda está definida para toda la duración de la trama por un número de 4 bits, permitiendo una codificación de 0 a 15 bits para cada sub-banda, así como el factor de escala sobre 6 bits.

**Capa 2.** Su algoritmo se conoce bajo el nombre de MUSICAM, es el estándar adoptado para la radio (DAB) y televisión (DVB) digitales europeas. Permite obtener una calidad equivalente con un flujo menor (reducción del 30% al 50%) que el de la capa 1, a costa de un incremento moderado de la complejidad tanto del codificador como del decodificador.

El flujo, constante, puede escogerse entre 32 y 192 Kbits/s por canal, la calidad subjetiva Hi-Fi se obtiene a partir de 128 Kbits/s por canal, es decir, 256 Kbits/s en estéreo.

El modelo psicoacústico utilizado es el mismo que para la capa 1, pero la trama tiene el triple de duración, lo que reduce la proporción de bits de sistema, haciendo que la cuantificación de los coeficientes de sub-banda tenga una resolución decreciente (cuantificación definida sobre 4 bits para las bandas bajas, 3 bits para las medias, 2 bits para las elevadas) en lugar del formato uniforme sobre 4 bits de la capa 1. Por otro lado, 3 muestreos de sub-banda consecutivos pueden ser eventualmente reagrupados en "gránulos" para ser codificados por un sólo coeficiente, de ahí la reducción del flujo.

**Capa 3.** Es de desarrollo más reciente y utiliza un modelo psicoacústico diferente (llamado modelo 2), una codificación Huffman y un análisis de la señal basado en la DCT en vez de en la codificación en sub-bandas de las capas 2 y 3. Están permitidos los dos tipos de codificación joint\_stereo.

Permite un flujo variable y una tasa de compresión aproximadamente dos veces más elevada que la capa 2, a costa de una complejidad claramente mayor del codificador y del decodificador, así como de un tiempo de codificación/decodificación más largo. La calidad Hi-Fi se obtiene a partir de los 64 Kbits/s por canal (128 Kbits/s en estéreo). Está destinada principalmente a aplicaciones de redes de baja velocidad (por ejemplo INTERNET).

Las capas MPEG de audio soportan compatibilidad ascendente entre ellas, es decir, que un decodificador de capa 3 decodificará también las capas 1 y 2, y que un decodificador de la capa 2, normalmente decodificará la capa 1.

Los diagramas de bloques de un codificador y un decodificador MPEG de audio se representan en las Figuras 5.2.32 y 5.2.33 respectivamente.

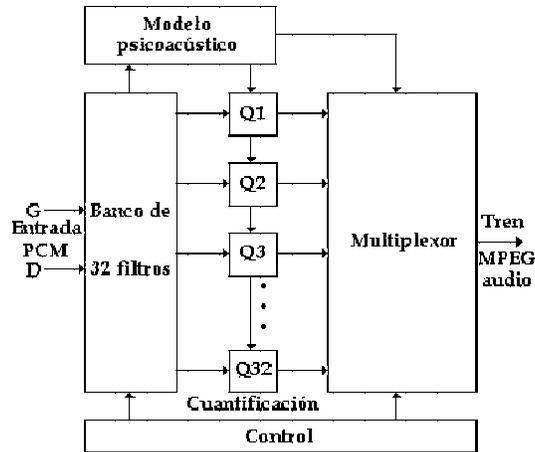


Figura 5.2.32 Diagrama de bloques de un codificador MPEG de audio

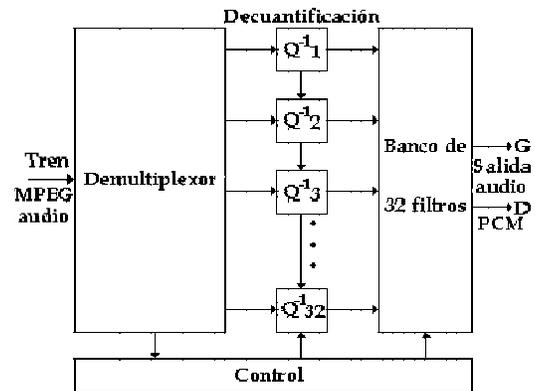


Figura 5.2.33 Diagrama de bloques de un decodificador MPEG de audio

### Formato de la Trama MPEG de Audio

La trama constituye la unidad de acceso elemental para una frecuencia de audio MPEG. Una trama (capa 1, 2 o 3), se descompone en 4 partes:

- Cabecera de 32 bits (header)
- Paridad sobre 16 bits (CRC)
- Datos de audio (AUDIO), longitud variable
- Datos auxiliares (AD, ancillary data)

**Capa 1.** La trama MPEG de audio de la capa 1 se compone de 384 muestreos PCM de audio de entrada. Cuando el número de muestreos PCM es independiente de la frecuencia de muestreo, la duración de la trama es inversamente proporcional a la frecuencia de muestreo. Esta es de:

- 12 ms a 32 KHz
- 8.7 ms a 44.1 KHz
- 8 ms a 48 KHz

<b>Cabecera</b>	<b>CRC</b>	<b>Audio</b>				<b>AD</b>
<b>Cabecera</b> 32 bits	<b>Paridad</b> 16 bits	<b>Asignación</b> bits/MT-SB	<b>Factores</b> de escala	<b>Muestruos de Sub-banda (MT-SB)</b> (12 x 32 muestruos de Sub-banda)	<b>Datos</b> auxiliares	

Figura 5.2.34 Representación de la estructura de una trama MPEG de audio, capa 1

Observaciones:

- La cabecera transporta la sincronización y la información de sistema, detalladas en el cuadro 3.1.
- La utilización de paridad (CRC) es optativa.
- El campo de asignación de los bits/MT-SB (32 enteros codificados sobre 4 bits) define la resolución de codificación (de 0 a 15 bits) de los muestruos de cada una de las 32 sub-bandas.
- El campo factor de escala (32 enteros codificados sobre 6 bits) indica para cada sub-banda el factor multiplicador de los muestruos de esta forma cuantificados.

**Capa 2.** La trama se compone en este caso de 12 gránulos de  $3 \times 32 = 96$  muestruos de audio PCM, es decir:

- 36 ms a 32 KHz
- 26.1 ms a 44.1 KHz
- 24 ms a 48 KHz

La estructura de la parte de audio difiere de la capa 1 debido a una asignación de bits más compleja, motivada por la mayor cantidad de opciones de codificación. En la Figura 5.2.35 se puede observar una estructura de una trama de la capa 2.

<b>Cabecera</b>	<b>CRC</b>	<b>Audio</b>				<b>AD</b>
<b>Cabecera</b> 32 bits	<b>Paridad</b> 16 bits	<b>Asignación</b> bits/ESB	<b>Factores</b> de escala	<b>Selección</b> SCFSI	<b>Muestruos de Sub-banda (MT-SB)</b> (3 porciones de 12 muestruos de Sub-banda por cada una)	<b>Datos</b> auxiliares

Figura 5.2.35 Representación de la estructura de una trama MPEG de audio, capa 2

Observaciones:

- La cabecera transporta la sincronización y la información del sistema. (Ver cuadro 13).
- La utilización de la paridad (CRC) es optativa.
- El campo asignación de los bits/MT-SB (32 enteros codificados sobre 2 o 4 bits, según la sub-banda) define la resolución de codificación de los muestruos de cada una de las sub-bandas y si están o no agrupadas en 3.
- El campo SCFSI (Scale Factor Selection Information) (32 enteros codificados sobre 2 bits) indica si el factor de escala de sub-banda se aplica a toda la trama o si hay 2 o 3 factores de escala.
- El campo factor de escala indica el factor multiplicador de los muestruos de esta forma cuantificados para la porción de trama definida por SCFSI.

Campo	Comentario	Nº de bits
syncword	tren 1111 1111 1111 (FFF hex)	12
ID	siempre a "1" para MPEG-1 de audio	1
layer	11=1, 10=11, 01=111, 00 reservado (capa)	2
protection_bit	0 si se añade redundancia, 1 si no	1
bitrate_index	15 valores (0000=flujo libre, 1111=prohibido)	4
sampling_frequency	00=44.1 KHz, 01=48, 10=32, 11=reservado	2
padding_bit	1=ajuste (necesario para Fmuestreo=44.1 KHz)	1
private_bit	no especificado, uso libre	1
mode	00=stereo, 01=joint, 10=dual, 11=mono	2
mode_extension	margen de las sub-bandas en intensity_stereo	2
copyright	1=copyright, 0=libre	1
original/copy	1=original, 0=copia	1
emphasis	00=no, 01=50/75 µs, 10=reservado, 11=J17	2

Cuadro 5.2.4 Campos de la cabecera de una trama MPEG-1 de audio

## CAPITULO VI

# PROPUESTA DE ENLACE SATELITAL PARA LA TRANSMISIÓN DE UNA SEÑAL DE TV

### 6.1 DISEÑO DEL ENLACE

El cálculo de enlace satelital es un procedimiento matemático que tiene como finalidad obtener los valores de potencia necesaria para comunicar dos o más estaciones terrenas, tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el procesamiento que recibe de los equipos y con la ubicación geográfica a los puntos a comunicar.

#### ***Orientación de Antena y Distancia al Satélite. Ubicación Geográfica, Ángulo de Elevación y Azimut***

Considerando la ubicación geográfica de las estaciones inmiscuidas en el enlace, se realiza la selección del satélite a utilizar, ya sea para el enlace nacional o internacional. De lo anterior, depende el cálculo de la orientación de la antena (azimut y ángulo de elevación) con respecto a la posición del satélite sobre el cinturón del Ecuador, toda vez que de estos datos depende el cálculo de los requerimientos en transmisión y recepción de los sistemas.

Los datos geográficos requeridos son: latitud, longitud e índice de precipitación fluvial, siendo este último crucial en los enlaces dentro de la banda Ku.

**Ángulo de elevación:** Es el ángulo formado entre la recta que une a la estación terrena y al satélite y una horizontal que es tangente a la tierra en el punto de la estación terrena.

$$E = \Delta - \delta$$

Ecuación 6.1.1

Donde:

$$\Delta = \tan^{-1} \left[ \frac{HCS - (R \cos \delta)}{R \sin \delta} \right]$$

Ecuación 6.1.2 Ángulo de elevación

HCS: Distancia del centro de la Tierra al Satélite 42,164.2 Km.

R: Radio de la Tierra 6,378.155 Km.

$$\cos \delta = \cos (lat_{E/T}) \times \cos (long_{SAT} - long_{E/T})$$

Ecuación 6.1.3

**Azimut:** Es el ángulo medido sobre el plano, tomando como referencia el norte y en sentido de las manecillas del reloj, a partir de 0 a 360°, utilizado para orientar las antenas con respecto al satélite sobre el eje del Ecuador.

$$A_Z = 180^\circ + \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(\text{long}_{\text{sat}} - \text{long}_{E/T})}{\text{sen}(\text{lat}_{E/T})} \right] \right] \quad \text{° (grados)}$$

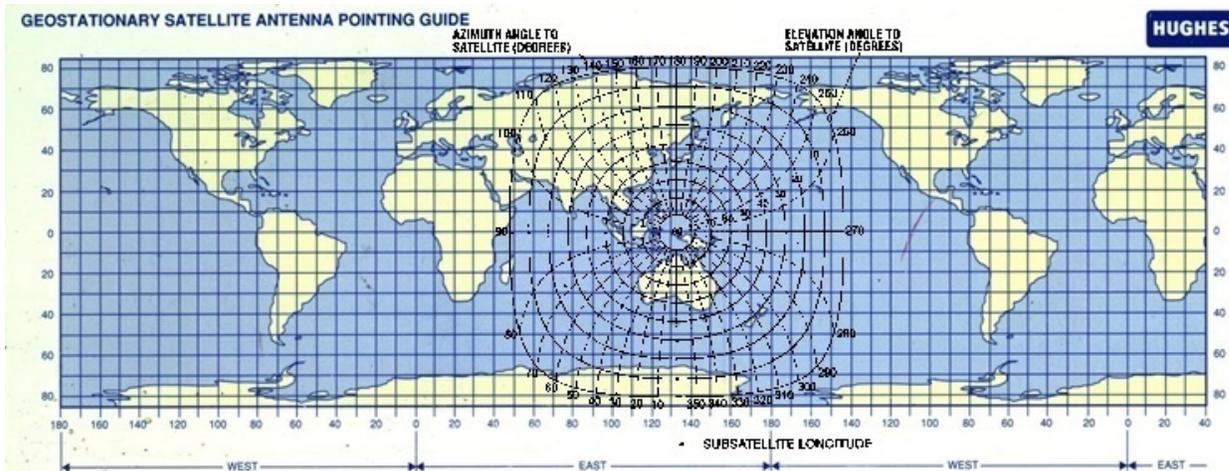
Ecuación 6.1.4 Ángulo de Azimut

El valor del ángulo de Azimut ( $A_Z$ ) debe modificarse como sigue, de acuerdo a la localización de la estación terrena sobre la superficie de la tierra.

- $a = A_Z + 180$  La estación está localizada en el hemisferio norte y el satélite al oeste de la estación terrena.
- $a = 180 - A_Z$  Para estaciones terrenas localizadas en el hemisferio norte y el satélite al este de la estación terrena.
- $a = A_Z$  La estación terrena está localizada en el hemisferio sur y el satélite localizado al oeste de la estación terrena.
- $a = 360^\circ - A_Z$  La estación terrena está localizada en el hemisferio sur y el satélite al este de la estación terrena.

Donde:

$a =$  Ángulo de Azimut (medido a la derecha del norte).



En el grafico se observan las coordenadas geográficas, en el eje vertical la latitud norte con el 0 en el Ecuador y en el eje horizontal, lo que corresponde a la longitud, detallando a partir de que meridiano se considera esto u oeste la posición del satélite.

**Distancia entre la estación terrena y el satélite:** Es importante conocer la distancia real entre satélite y estaciones, para evitar los problemas de pérdida de señal por desvanecimientos, tanto en la transmisión como en la recepción.

Conjuntamente con el valor del ángulo de elevación se evita la interferencia con satélites adyacentes.

$$D = \sqrt{HCS^2 + R^2 - \left[ 2HCS \times R \left( \sin(E - \sin^{-1}\left(\frac{R}{HCS} \times \cos E\right)) \right) \right]} \quad \text{Km}$$

Ecuación 6.1.5

Donde:

HCS: Distancia del centro de la Tierra al satélite 42,164.2 Km.

E: Ángulo de elevación de la antena de estación terrena.

R: Radio de la Tierra 6,378.155 Km.

### Ancho de Banda

En el cálculo del ancho de banda de una señal son considerados los siguientes parámetros:

- ➔ Velocidad de información: de acuerdo a las jerarquías de canales de voz
- ➔ Índice o Factor de modulación
- ➔ Corrector del error por adelantado

$$BW = (VT)(FM)(FEC^{-1}) (1 + \text{Rolloff}) \quad \text{dB}$$

Ecuación 6.1.6

Donde:

VT Velocidad de transmisión

FM Factor de modulación: BPSK = 1, QPSK = 0.5, según el diseñador

FEC Forward error corrector: para canales digitales de FEC =  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{7}{8}$

ROLL OFF  $1 + (\text{Corte del filtro} = 0.14\%) = 1.14^*$

\* (1.14, el ancho de ponderación es un espacio del 14% del ancho de banda calculado y se adiciona a ambos lados de la portadora, es decir en banda superior e inferior.

## 6.2 PÉRDIDAS

### Pérdida por Propagación

La pérdida por propagación se calcula considerando solo la distancia entre la estación terrena y el satélite.

$$L_p = 10 \log(4\pi D^2) \quad \text{dBm}$$

Ecuación 6.2.1

Donde:

D: Distancia entre la estación terrena y el satélite.

### Pérdida en el Espacio Libre

$$L_s = 20 \log \left[ \frac{4\pi \text{Distsat} F_{\text{sub}}}{c} \right] \quad \text{dB}$$

Ecuación 6.2.2

Donde:

D: Distancia entre la estación terrena y el satélite m.

F: Frecuencia de RF Hz.  
 c: Velocidad de la luz  $3 \times 10^8$  m/s

La frecuencia ascendente y descendente, en el sistema de satélites mexicanos sólo se tiene acceso a frecuencias en la Banda C y la Banda Ku, teniendo disposición para los enlaces ascendentes la banda de frecuencias de 6GHz, y para los descendentes de 4GHz, esto en lo que corresponde a la Banda C (6/4). Y con respecto a la Banda Ku se tiene para el enlace ascendente la banda de frecuencias de 14GHz y para el enlace descendente de 12GHz (14/12). Cabe mencionar que la frecuencia exacta a la que estará el enlace, será definida por el proveedor del servicio satelital, en este caso SATMEX.

**Márgenes de Atenuación por Lluvia**

La atenuación depende de la frecuencia y de la intensidad de la lluvia. A frecuencias menores de 10 GHz el efecto es despreciable.

Se calcula un coeficiente de atenuación (dB/Km) que después se multiplica por una distancia equivalente, la cual depende del ángulo de elevación. Esta atenuación se toma como margen en el diseño.

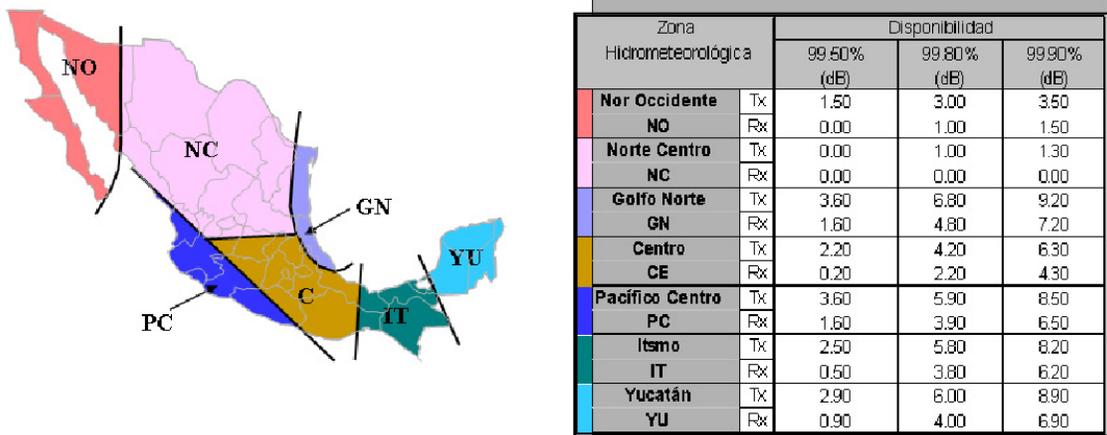


Figura 6.2.1 Margen de atenuación por lluvia en banda Ku (México)

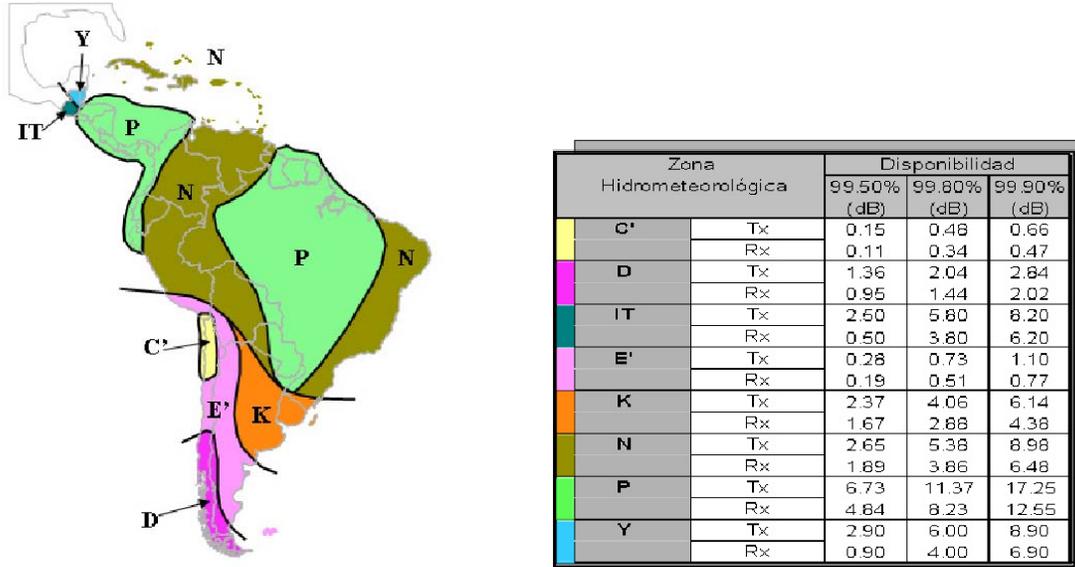


Figura 6.2.2 Margen de Atenuación por Lluvia en banda Ku (Centro y Sudamérica)

### Ganancia de Antena

Ganancia de antena

$$G_{m\acute{a}x} = 10 \log \left[ \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 \right] \text{ (dBi)}$$

Ecuación 6.2.3

Donde:

- D: Diámetro de la antena (m)
- η: Eficiencia de apertura de antena 0.6 típico
- c: Velocidad de la luz  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- f: frecuencia en Hz

Cabe mencionar que la antena tiene dos valores de ganancia, uno para frecuencias de enlace ascendente y otro para la frecuencia descendente.

### 6.3 ENLACE ASCENDENTE

En el enlace ascendente consideramos inicialmente la relación señal a ruido que corresponde a la trayectoria de la señal que sale de la estación terrena hacia el satélite, es decir en este cálculo estarán comprendidos los parámetros de la etapa transmisora de la estación terrena, así como parámetros del satélite para este fin.

#### Relación de Portadora a Densidad de Ruido, Ascendente $(C/N_0)_{ASC}$

$$(C/N_0)_{ASC} = PIRE_{E/T} + (G/T)_{SAT} - K - L_s - L_{\Delta} - \mu_{asc} \text{ dB/Hz}$$

Ecuación 6.3.1

PIRE E/T = Potencia isotrópica radiada efectiva desde la E/T

$$PIRE_{E/T} = DFS_{SAT} + L_p + ATP - BO1 \quad dB$$

Ecuación 6.3.2

$(G/T)_{SAT}$	Figura demerito de la antena receptora del satélite
$K$	Constante de Boltzmann = -228.6012 (dBJ/°K)
$L_s$	Perdidas en el espacio libre ascendente, la banda C toma un valor de 0
$L_{\Delta}$	Pérdidas misceláneas, es la sumatoria de las pérdidas atmosféricas, apuntamiento y de polarización. Su valor aproximado es de 1 dB.
BO1	Back off de entrada al satélite (con valor de 9)
BO0	Back off de salida (con valor de 6)
$DFS_{SAT}$	Densidad de flujo de saturación
ATP	Atenuador de posición (con valor de 4)
$\mu$	Margen de atenuación por lluvia considerado un factor de confiabilidad de 99.8%

**Relación Portadora a Ruido Ascendente  $(C/N)_{ASC}$**

$$(C/N)_{ASC} = (C/N_0)_{ASC} - 10 \log(BW) \quad dB$$

Ecuación 6.3.3

**Relación Portadora a Ruido Ascendente del Sistema  $(C/N)_{ASC SIST}$**

$$(C/N)_{ASC SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \frac{C/N_{ASC}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/I}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{POL}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{SAT ADY}}{10}}} \right] \quad dB$$

Ecuación 6.3.4

Los factores poseen valores preestablecidos; sin embargo, se mostraran los parámetros con los cuales son calculados:

(C/I) Intermodulación ascendente (30 dB cuando existe rehúso de frecuencia en voz y datos)

$$(C/I) = -HPA_{int} - IPBOi - 10 \log(BW) \quad dB$$

Ecuación 6.3.5

(C/X<sub>POL</sub>) Polarización cruzada ascendente (27 dB interferencia por polarización cruzada)

$$(C/X) = -INTASCCPOL - IPBOi - 10 \log(BW) \quad dB$$

Ecuación 6.3.6

$(C/X)_{SAT\ ADY}$  Satélite adyacente ascendente

$$(C/X)_{SAT\ ADY} = G_{TX} - (29 - \log\phi) \quad dB$$

Ecuación 6.3.7

$\phi$  Distancia entre satélites  $1.9^\circ$

IPBOi Back off de entrada al transponder por portadora

$$IPBOi = DFS + PIRE_{E/T} + LP + ATP + L_{ATM} + \mu_{ASC}$$

Ecuación 6.3.8

$L_{ATM}$  Pérdida atmosférica = 0.5 dB

### **Potencia Nominal Requerida por Portadora**

$$P_{NOM} = PIRE_{ET} - G_{TX} - L_{\Delta} \quad dB$$

Ecuación 6.3.9

$L_{\Delta}$  Sumatoria de las pérdidas, atmosférica, por apuntamiento y polarización

LATM = 0.5 dB

LAPUN = 0.2 dB

LPOL = 0.2 dB

## **6.4 ENLACE DESCENDENTE**

En el enlace descendente, debemos tomar en cuenta todas las características que conciernen al sitio donde se recibirá la señal.

### **Relación Portadora a Densidad de Ruido Descendente $(C/No)_{DESC}$**

$$(C/No)_{DESC} = PIRE_{SAT} + (G/T)_{ET} - K - L_s - \mu - L_{\Delta} \quad dB - Hz$$

Ecuación 6.4.1

$PIRE_{SAT}$  PIRE de satélite por portadora

$PIRE_{SATU}$  Valor de PIRE del satélite para el sitio receptor  
 $(G/T)_{ET}$  Figura de Merito de la estación terrena receptora

$$(G/T)_{ET} = G_{RX} - Ts \quad dB/k$$

Ecuación 6.4.2

$G_{RX}$	Ganancia en recepción de la antena
$T_s$	Temperatura de ruido del sistema
$K$	Constante de Boltzmann = -228.6 (dBj/°K)
$L_s$	Pérdidas en el espacio libre descendentes
$\mu$	Margen de atenuación por lluvia descendente, con valor de 0 en banda C
$L_{\Delta}$	Sumatoria de pérdidas (0.9 dB)

**Relación Portadora a Ruido Descendente  $(C/N)_{DESC}$**

$$(C/N)_{DESC} = (C/N_o)_{DESC} - 10 \log(BW) \quad dB$$

Ecuación 6.4.3

**Relación Portadora a Ruido Descendente del Sistema  $(C/N)_{SIST}$**

$$(C/N)_{DES\ SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \frac{C/N_{DESC}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/I}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{POL}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{SAT\ ADY}}{10}}} \right] \quad dB$$

Ecuación 6.4.4

$(C/I)$	Intermodulación (18 dB)
$(C/X)$	Tp adyacente (27 dB)
$(C/X)_{SAT\ ADY}$	Satélite adyacente

$$(C/X)_{SAT\ ADY} = G_{RX} - (29 - 25 \log \phi) \quad dB$$

Ecuación 6.4.5

**Relación Portadora a Densidad de Ruido Total del Sistema  $(C/N_o)_{SIST}$**

$$(C/N_o)_{T\ SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \left[ \frac{(C/N_o)_{ASC}}{10} \right]} + \frac{1}{\log^{-1} \left[ \frac{(C/N_o)_{DES}}{10} \right]}} \right] \quad dB$$

Ecuación 6.4.6

### Relación Portadora a Ruido Total del Sistema $(C/N)_{SIST}$

$$(C/N)_{T\,SIST} = (C/N_0)_{T\,SIST} - 10 \log(BW) \quad dBw$$

Ecuación 6.4.7

### Relación Portadora a Ruido Requerido

$$(C/N)_{REQ} = E_b/N_0 + 10 \log(Vel, inf + Over\ head) - 10 \log(Bw) \quad dB$$

Ecuación 6.4.8

Over Head          Factor e inicialización: Modulación BPSK = 1    Modulación QPSK = 2

## 6.5 MARGEN DEL ENLACE

Se define como un valor específico en dB para una buena funcionabilidad del enlace. Estableciendo ciertos márgenes permitidos arriba del nivel de saturación que van de 7 a 8 dB en la Banda Ku y en la Banda C de 3 dB, ya que en esta banda existen menos atenuación atmosférica.

Independientemente del criterio seleccionado siempre se debe cumplir que el margen del enlace dentro del cálculo, sea superior a 0 dB.

$$ME = (C/N)_{TOTAL} - (C/N)_{REQ} \quad dB$$

Ecuación 6.5.1

### Porcentaje de Potencia Consumida por la Portadora en el Satélite

$$\%Pot = \left[ \log^{-1} \left( \frac{PIRESAT - PIRESATU + BOO}{10} \right) \right] \times 100 \quad \%$$

Ecuación 6.5.2

### Cálculo de la Potencia Consumida en el HPA

$$Pot_{HPA} = PIRE_{ET} - G_{TX} + L_{HPA\ y\ ANT} + B00 \quad dBw$$

Ecuación 6.5.3

$L_{HPA\ y\ ANT}$  : Perdida del HPA y Antena (1 dB)

$$Potencia\ en\ Watts = \log^{-1} \left( \frac{Pot_{HPA}}{10} \right) \quad W$$

### Cálculo del LNA

$$T_{LNA} = T_{SIST} + (C/N)_{REQ} \text{ dB/}^{\circ}K$$

Ecuación 6.5.4

Relación portadora a densidad de ruido requerido  $(C/N)_{REQ}$

$$(C/N)_{REQ} = (C/N_0)_{REQ} - 10 \log(BW) \text{ dB}$$

Ecuación 6.5.5

$$(C/N_0)_{REQ} = E_b/N_0 + 10 \log(Vel + Over \ head) \text{ dB}$$

Ecuación 6.5.6

Donde:

- $E_b/N_0$  Energía de bit a ruido conforme a tablas
- Vel Velocidad de información
- Over Head Factor de inicialización: modulación BPSK = 1 K, modulación QPSK = 2 K

	$E_b/N_0 = 4.0 \text{ dB (FEC = 1/2)}$
	$E_b/N_0 = 4.7 \text{ dB (FEC = 2/3)}$
$E_b/N_0$ para BER 10-11	$E_b/N_0 = 5.0 \text{ dB (FEC = 3/4)}$
	$E_b/N_0 = 5.8 \text{ dB (FEC = 5/6)}$
	$E_b/N_0 = 6.8 \text{ dB (FEC = 7/8)}$

Tabla 6.5.1 Características dBs para recepción

Es recomendable que tanto el valor de potencia del HPA y de la temperatura del LNA no queden justo a los valores calculados.

Servicios	Calidad	ANT/Rx	Relación C/I por SAT adyacentes	Banda
Video analógico	$54 \leq C/N$	11.0	$20 \leq C/I$	C
	$52 \leq C/N$	7.5	$25 \leq C/I$	
	$48 \leq C/N$	4.5	$23 \leq C/I$	
FDM/FM	$N < 10,000 \text{ pw}$	11.0		C
SCPC digital	BER = 10-7	-	$27 \leq C/I$	C
	BER = 10-4	-	$22 \leq C/I$	
Video analógico	$52 \leq C/N$	5.0	$26 \leq C/I$	Ku
	$48 \leq C/N$	5.0	$24 \leq C/I$	
	$44 \leq C/N$	4.0	$22 \leq C/I$	
SCPC digital	BER = 10-7	-	$27 \leq C/I$	Ku
	BER = 10-4	-	$25 \leq C/I$	

Tabla 6.5.2 Valores de relación C/I para diferentes objetivos de calidad

### Temperatura del Sistema

$$T_{SIST} = 10 \log[T_{LNA} + T_{ANT}] \quad dB^{\circ}K$$

Ecuación 6.5.7

Donde:

$T_{LNA}$  Temperatura de ruido especificada del LNA  
 $T_{ANT}$  Temperatura ambiental de la antena

## 6.6 MEMORIA DE CÁLCULO DEL ENLACE SATELITAL

### Enlace Venezuela (Caracas) -México (D.F.)

SATMEX V (116.8° W)

TRANSPONDER 19 Ku-2

Frecuencia Ascendente: 14380 MHz

Frecuencia Descendente: 12080 MHz

Características de las estaciones Transmisora y Receptora

		Longitud	Latitud
Estación terrena transmisora	Venezuela, Caracas	66.56° W	10.30° N
Estación terrena receptora	México, D.F.	99.40° W	19.20° N

### Cálculo de Ángulo de Elevación y Azimut para la Estación Terrena Transmisora en Caracas, Venezuela.

**Elevación:**

$$\cos \delta = \cos (lat_{E/T}) \times \cos (long_{SAT} - long_{E/T})$$

$$\cos \delta = \cos (10.30^{\circ}) \times \cos (116.8^{\circ} - 66.56^{\circ})$$

$$\cos \delta = 0.6292$$

$$\delta = 51.0039^{\circ}$$

Resultado 6.6.1

$$\Delta = \tan^{-1} \left[ \frac{HCS - (R \cos \delta)}{R \sin \delta} \right]$$

$$\Delta = \tan^{-1} \left[ \frac{42164.2 - (6378.155 \cdot 0.6292)}{6378.155 \sin(51.0039)} \right] = \tan^{-1} \left[ \frac{42164.2 - 4013.135126}{6378.155 \cdot 0.7771} \right] = 82.5969^{\circ}$$

$$\Delta = 82.5969^{\circ}$$

Resultado 6.6.2

$$E = \Delta - \delta$$

$$E = 82.5969^\circ - 51.0039^\circ$$

$$E = 31.5930^\circ$$

Resultado 6.6.3 Ángulo de Elevación

**Azimut:**

$$A_z = 180^\circ + \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(116.8 - 66.56)}{\text{sen}(10.30)} \right] \right] \text{ }^\circ \text{ (grados)}$$

$$A_z = 261.5386^\circ$$

Resultado 6.6.4 Ángulo de Azimut

**Distancia de la Tierra al Satélite Tx**

$$D = \sqrt{HCS^2 + R^2 - \left[ 2HCS \times R \left( \text{sen}(E - \text{sen}^{-1} \left( \frac{R}{HCS} \times \cos E \right) \right) \right]}$$

$$D = \sqrt{(42164.2)^2 + (6378.155)^2 - \left[ 2(42164.2) \times 6378.155 \left( \text{sen}(31.5930 - \text{sen}^{-1} \left( \frac{6378.155}{42164.2} \times \cos 31.5930 \right) \right) \right]}$$

$$D = 39976.32308 \text{ Km}$$

Resultado 6.6.5

**Cálculo de Ángulo de Elevación y Azimut para la Estación Terrena Receptora en México, D.F.**

**Elevación:**

$$\cos \delta = \cos (lat_{E/T}) \times \cos (long_{SAT} - long_{E/T})$$

$$\cos \delta = \cos (19.40^\circ) \times \cos (116.8^\circ - 99.15^\circ)$$

$$\cos \delta = 0.8988$$

$$\delta = 25.9963^\circ$$

Resultado 6.6.6

$$\Delta = \tan^{-1} \left[ \frac{HCS - (R \cos \delta)}{R \text{sen } \delta} \right]$$

$$\Delta = \tan^{-1} \left[ \frac{42164.2 - (6378.155 \times 0.8988)}{6378.155 \text{sen}(25.9963)} \right]$$

$$\Delta = 85.6118^\circ$$

Resultado 6.6.7

$$E = \Delta - \delta$$

$$E = 85.6118^\circ - 25.9963^\circ$$

$$E = 59.6155^\circ$$

Resultado 6.6.8 Ángulo de Elevación

**Azimut:**

$$A_z = 180^\circ + \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(116.8-99.15)}{\text{sen}(19.40)} \right] \right] \text{ }^\circ \text{ (grados)}$$

$$A_z = 223.7683^\circ$$

Resultado 6.6.9 Ángulo de Azimut

**Distancia de la Tierra al Satélite Rx**

$$D = \sqrt{HCS^2 + R^2 - \left[ 2HCS \times R \left( \text{sen}(E - \text{sen}^{-1} \left( \frac{R}{HCS} \times \cos E \right) \right) \right]}$$

D=

$$\sqrt{(42164.2)^2 + (6378.155)^2 - \left[ 2(42164.2) \times 6378.155 \left( \text{sen}(59.6155 - \text{sen}^{-1} \left( \frac{6378.155}{42164.2} \times \cos 59.6155 \right) \right) \right]}$$

$$D = 37103.78618 \text{ Km}$$

Resultado 6.6.10

**Calculo de Mbps para 2 canales con modulación QPSK**

Velocidad de datos comprimidos recomendadas para MCPC (Multi Channel Per Carrier)

NUM. CANAL	APLICACIÓN	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE SALIDA (MBPS)
1	Noticias	1.520
	Dos Canales de audio Estéreo	0.512
2	Deportes	4.008
	Dos Canales de audio Estéreo	0.512
	Datos adicionales	0.960
	Control de servicio	0.1536
	Subtotal	7.6656
	Bits adicionales (15 %)	1.1498
	Velocidad de transmisión de Datos de la portadora	8.8154

### **Velocidad de Transmisión**

$$VT = (Vinf)(FEC^{-1})$$

$$VT = (8.8154)(3/4^{-1})$$

$$VT = 11.7538 \text{ Mbps}$$

Resultado 6.6.11

### **Ancho de Banda**

$$BW = (VT)(FM)(FEC^{-1}) (1 + \text{Rolloff})$$

$$BW = (11.7538)(.5)(3/4^{-1}) (1.14)$$

$$BW = 8.9328 \text{ MHz}$$

Resultado 6.6.12

### **Ancho de Banda con Ponderación**

$$BW_p = BW + 2(14\% BW)$$

$$BW_p = 8.9328 + 2(14\% 8.9328)$$

$$BW_p = 11.4338 \text{ MHz}$$

Resultado 6.6.13

### **Pérdida por Propagación**

$$L_p = 10 \log (4\pi D^2) \text{ dB}$$

$$L_p = 10 \log (4\pi(39976.32308 * 10^3)^2)$$

$$L_p = 163.0281 \text{ dB}$$

Resultado 6.6.14

### **Pérdida en el Espacio Libre Tx**

$$L_s = 20 \log \left[ \frac{4\pi \text{DistsatFasc}}{c} \right] \text{ dB}$$

$$L_s = 20 \log \left[ \frac{4\pi(39976.32308 * 10^3 * 14.38 * 10^9)}{3 * 10^8} \right]$$

$$L_s = 207.6330 \text{ dB}$$

Resultado 6.6.15

### **Pérdida en el Espacio Libre Rx**

$$L_s = 20 \log \left[ \frac{4\pi \text{DistsatFasc}}{c} \right] \text{ dB}$$

$$L_s = 20 \log \left[ \frac{4\pi(37103.78618 \cdot 10^3 \cdot 12.08 \cdot 10^9)}{3 \cdot 10^8} \right]$$

$$L_s = 205.4714 \text{ dB}$$

Resultado 6.6.16

### **Márgenes de Atenuación por Lluvia**

$$\mu_{TX} = 5.38 \text{ dB Caracas} \quad \mu_{RX} = 2.20 \text{ dB México}$$

### **Ganancia de Antena Tx, Caracas**

$$G_{TX} = 10 \log \left[ \eta \left( \frac{\pi D f_{TX}}{c} \right)^2 \right] \text{ (dBi)}$$

$$G_{TX} = 10 \log \left[ \eta \left( \frac{\pi(1.8)14.38 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} \right)^2 \right]$$

$$G_{TX} = 46.4427 \text{ (dBi)}$$

Resultado 6.6.17

### **Ganancia de Antena Rx, México**

$$G_{RX} = 10 \log \left[ \eta \left( \frac{\pi D f_{TX}}{c} \right)^2 \right] \text{ (dBi)}$$

$$G_{RX} = 10 \log \left[ \eta \left( \frac{\pi(7.6)12.08 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} \right)^2 \right]$$

$$G_{TX} = 57.4396 \text{ (dBi)}$$

Resultado 6.6.18

## **6.7 CÁLCULO DEL ENLACE ASCENDENTE**

### **PIRE E/T = Potencia isotrópica radiada efectiva desde la E/T**

$$PIRE_{E/T} = DFS_{SAT} + L_P + ATP - BO1 \quad \text{dB}$$

$$PIRE_{E/T} = -95 + 163.0281 + 4 - 9$$

$$PIRE_{E/T} = 63.0281 \quad \text{dB}$$

Resultado 6.7.1

**PIRE sat**

$$\begin{aligned} PIRE_{SAT} &= PIRE_{SAT1} - B00 \quad dB \\ PIRE_{SAT} &= 47.1 - 6 \end{aligned}$$

$$PIRE_{SAT} = 41.1 \text{ dBw}$$

Resultado 6.7.2

**Relación de Portadora a Densidad de Ruido, Ascendente (C/No)<sub>ASC</sub> Caracas**

$$\begin{aligned} (C/No)_{ASC} &= PIRE_{E/T} + (G/T)_{SAT} - K - L_s - L_{\Delta} - \mu_{asc} \quad dB/Hz \\ (C/No)_{ASC} &= 63.0281 + 1.3 - (-228.6012) - 207.6330 - 0.9 - 5.38 \quad dB/Hz \end{aligned}$$

$$(C/No)_{ASC} = 79.0163 \text{ dB/Hz}$$

Resultado 6.7.2

**Relación Portadora a Ruido Ascendente (C/N)<sub>ASC</sub>**

$$\begin{aligned} (C/N)_{ASC} &= (C/No)_{ASC} - 10 \log(BW) \quad dB \\ (C/N)_{ASC} &= 79.0163 - 10 \log(11.4338 * 10^6) \quad dB \end{aligned}$$

$$(C/N)_{ASC} = 8.4343 \quad dB/Hz$$

Resultado 6.7.3

**IPBOi Back off de entrada al transponder por portadora**

$$\begin{aligned} IPBOi &= DFS + PIRE_{E/T} + LP + ATP + L_{ATM} + \mu_{ASC} \\ IPBOi &= -95 + 63.0281 + 163.0281 + 4 + 0.5 + 5.38 \\ IPBOi &= 140.9362 \end{aligned}$$

Resultado 6.7.4

**Intermodulación ascendente**

$$\begin{aligned} (C/I) &= -HPA_{int} - IPBOi - 10 \log(BW) \quad dB \\ (C/I) &= -(-231) - 140.9362 - 10 \log(11.4338 * 10^6) \quad dB \end{aligned}$$

$$(C/I) = 19.4818 \text{ dB}$$

Resultado 6.7.5

### Polarización cruzada ascendente

$$\begin{aligned} (C/X_{POL}) &= -INTASCCPOL - IPBOi - 10 \log(BW) \quad dB \\ (C/X_{POL}) &= -(-238.5181) - 140.9362 - 10 \log(11.4338 * 10^6) \quad dB \end{aligned}$$

$$(C/X_{POL}) = 27 \quad dB$$

Resultado 6.7.6

### Satélite adyacente ascendente

$$\begin{aligned} (C/X)_{SAT \ ADY} &= G_{TX} - (29 - \log \phi) \quad dB \\ (C/X)_{SAT \ ADY} &= 46.4427 - (29 - \log 1.9) \quad dB \end{aligned}$$

$$(C/X)_{SAT \ ADY} = 17.7214 \quad dB$$

Resultado 6.7.7

### Relación Portadora a Ruido Ascendente del Sistema $(C/N)_{ASC \ SIST}$

$$(C/N)_{ASC \ SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \frac{C/N_{ASC}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/I}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{POL}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{SAT \ ADY}}{10}}} \right] \quad dB$$

$$(C/N)_{ASC \ SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \frac{8.4343}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{19.4818}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{27}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{17.7214}{10}}} \right] \quad dB$$

$$(C/N)_{ASC \ SIST} = 7.6053 \quad dB$$

Resultado 6.7.8

### Potencia Nominal Requerida por Portadora

$$\begin{aligned} P_{NOM} &= PIRE_{ET} - G_{TX} - L_{\Delta} \quad dB \\ P_{NOM} &= 63.0281 - 46.4427 - 0.9 \quad dB \end{aligned}$$

$$P_{NOM} = 15.6854 \quad dB$$

Resultado 6.7.9

## 6.8 CÁLCULO DEL ENLACE DESCENDENTE

### Relación Portadora a Densidad de Ruido Descendente $(C/No)_{DESC}$

$$(C/No)_{DESC} = PIRE_{SAT} + (G/T)_{ET} - K - L_s - \mu - L_{\Delta} \quad dB - Hz$$

$$(C/No)_{DESC} = 41.1 + 33.2899 - (-228.6012) - 205.4714 - 2.20 - 0.9 \quad dB - Hz$$

$$(C/No)_{DESC} = 94.4197 \quad dB - Hz$$

Resultado 6.8.1

### Relación Portadora a Ruido Descendente $(C/N)_{DESC}$

$$(C/N)_{DESC} = (C/No)_{DESC} - 10 \log(BW) \quad dB$$

$$(C/N)_{DESC} = 94.4197 - 10 \log(11.4338 * 10^6) \quad dB$$

$$(C/N)_{DESC} = 23.8377 \quad dB$$

Resultado 6.8.2

### Relación Portadora a Ruido Descendente del Sistema $(C/N)_{SIST}$

$$(C/N)_{DES SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \frac{C/N_{DESC}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/I}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{POL}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{C/X_{SAT ADY}}{10}}} \right] \quad dB$$

$$(C/N)_{DES SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \frac{94.4197}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{18}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{27}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{35.4084}{10}}} \right] \quad dB$$

$$(C/N)_{DES SIST} = 17.4155 \quad dB$$

Resultado 6.8.3

$C/I$	Intermodulación (18 dB)
$(C/X)_{pol}$	Tp adyacente (27 dB)
$(C/X)_{SAT ADY}$	Satélite adyacente

$$(C/X)_{SAT ADY} = G_{RX} - (29 - 25 \log \phi) \quad dB$$

$$(C/X)_{SAT ADY} = 57.4396 - (29 - 25 \log 1.9) \quad dB$$

$$(C/X)_{SAT ADY} = 35.4084 \text{ dB}$$

Resultado 6.8.4

**Relación Portadora a Densidad de Ruido Total del Sistema (C/No)<sub>SIST</sub>**

$$(C/No)_{T SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \left[ \frac{(C/No)_{ASC}}{10} \right]} + \frac{1}{\log^{-1} \left[ \frac{(C/No)_{DES}}{10} \right]}} \right] \text{ dB}$$

$$(C/No)_{T SIST} = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\log^{-1} \left[ \frac{79.0163}{10} \right]} + \frac{1}{\log^{-1} \left[ \frac{94.4197}{10} \right]}} \right] \text{ dB}$$

$$(C/No)_{T SIST} = 78.8929 \text{ dB}$$

Resultado 6.8.5

**Relación Portadora a Ruido Total del Sistema (C/N)<sub>SIST</sub>**

$$(C/N)_{T SIST} = (C/No)_{T SIST} - 10 \log(BW) \text{ dBw}$$

$$(C/N)_{T SIST} = 78.8929 - 10 \log(11.4338 * 10^6) \text{ dBw}$$

$$(C/N)_{T SIST} = 8.3109 \text{ dBw}$$

Resultado 6.8.6

**Relación Portadora a Ruido Requerido**

$$(C/N)_{REQ} = Eb/No + 10 \log(Vel, inf + Over head) - 10 \log(Bw) \text{ dB}$$

$$(C/N)_{REQ} = 5 + 10 \log(8.8154 * 10^6 + 2) - 10 \log(11.4338 * 10^6) \text{ dB}$$

$$(C/N)_{REQ} = 3.8705 \text{ dB}$$

Resultado 6.8.7

## 6.9 CÁLCULO DEL MARGEN DEL ENLACE

$$ME = (C/N)_{TOTAL} - (C/N)_{REQ} \quad dB$$

$$ME = 8.3109 - 3.8705 \quad dB$$

$$ME = 4.4359 \quad dB$$

Resultado 6.9.1

### Potencia Consumida en el HPA

$$Pot_{HPA} = PIRE_{ET} - G_{TX} + L_{HPA y ANT} + B00 \quad dBw$$

$$Pot_{HPA} = 63.0281 - 46.4427 + 1 + 6 \quad dBw$$

$$Pot_{HPA} = 23.5854 \quad dBw$$

Resultado 6.9.2

$L_{HPA y ANT}$  : Perdida del HPA y Antena (1 dB)

### Potencia en Watts

$$P_w = \log^{-1} \left( \frac{Pot_{HPA}}{10} \right) \quad W$$

$$P_w = \log^{-1} \left( \frac{23.5854}{10} \right) \quad W$$

$$P_w = 228.3179 \quad W$$

Resultado 6.9.3

### Cálculo del LNA

$$T_{LNA} = T_{SIST} + (C/N)_{REQ} \quad dB/^{\circ}K$$

$$T_{LNA} = 42.1497 + 3.8705 \quad dB/^{\circ}K$$

$$T_{LNA} = 28.0202 \quad dB/^{\circ}K$$

Resultado 6.9.4

### Relación Portadora a Densidad de Ruido Requerido $(C/N)_{REQ}$

$$(C/N_o)_{REQ} = Eb/N_o + 10 \log(Vel + Over head) \quad dB$$

$$(C/N_o)_{REQ} = 5 + 10 \log(8.8154 * 10^6 + 2) \quad dB$$

$$(C/N_o)_{REQ} = 74.4524 \quad dB$$

Resultado 6.9.5

$$\begin{aligned}(C/N)_{REQ} &= (C/N_0)_{REQ} - 10 \log(BW) \quad dB \\ (C/N)_{REQ} &= 74.4524 - 10 \log(11.4338 * 10^6) \quad dB\end{aligned}$$

$$(C/N)_{REQ} = 3.8705 \quad dB$$

Resultado 6.9.6

Analizando los resultados se observa que la transmisión de nuestra señal de televisión de la ciudad de Caracas, Venezuela a la ciudad de México, D.F. será de buena calidad, cumpliendo con los requerimientos necesarios.

Cabe hacer mención que los valores obtenidos son el punto inicial aproximado en el proceso de todo el sistema de comunicación. Los valores del ángulo de elevación y azimut son ajustados de acuerdo a la recepción de la señal en la estación receptora.

En el caso de la red EDUSAT, SATMEX es el proveedor del servicio satelital, todo el tiempo que dure la transmisión se mantiene la comunicación con ellos, ya que nos indicaran si nuestra señal presenta una buena calidad o es necesario reajustar para que la transmisión y recepción sean optimas.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en nuestros cálculos nos permiten tener una base e iniciar el procedimiento para el manejo del sistema de comunicación móvil y obtener con ello nuestro enlace.

Comprobamos que los resultados y el manejo de nuestro equipo son los óptimos, obteniendo con ello la máxima calidad de la transmisión.

Diferentes pruebas de enlaces y en distintos lugares nos permiten comprobar la versatilidad y utilidad de dicho sistema sin tener que depender de una cierta región geográfica.

A medida que la tecnología avanza nos permite el uso o rehusó más apropiado del espectro y sus frecuencias, que son las que ahora utilizamos en nuestros sistemas.

El uso de este tipo de sistemas nos brinda la oportunidad de confrontar nuevos caminos en los medios de comunicación ya que en un futuro los sistemas serán aun más prácticos y eficientes, logrando llevar mayor cantidad de información en un ancho de banda mucho menor y que cada día saturamos más.

## APÉNDICE A

### CAMARA DE TELEVISIÓN

La cámara de televisión fue inventada en 1923 por Vladímir Kozmich Zvorykin (ruso), tres años más tarde, el ingeniero escocés John Logie Baird hizo las primeras demostraciones de transmitir imágenes de 3'8x5 cm. a una definición de 30 líneas.

En 1960, cuando se llevó a cabo la primera transmisión televisiva a colores en Japón, la cámara era enorme, con 500 kg de peso y 3 Kw de consumo eléctrico y de sensibilidad muy baja. Actualmente en cualquier lugar de emisión, tenemos en acción las cámaras y su peso es aproximado a 6 Kg con escasos 10 w de consumo. Se ha venido avanzando con una velocidad increíble en la reducción de tamaño como de peso en las cámaras; esto se debe en su mayor proporción al avance tecnológico de los tubos de vacío (bulbos), al transistor, circuito integrado, al LSI (Large Scale Integret) y a los semiconductores.

No es el propósito, tocar ampliamente el campo de la electrónica y su complejo mecanismo, sino referirnos en forma sencilla a los elementos básicos de la cámara que hacen posible la imagen de la televisión.

La parte medular de una cámara es el tubo de cámara o CCD -según sea el caso-(fig.1), en el cual se realiza la conversión de una imagen óptica previamente tomada con los lentes, en las señales eléctricas que luego a través de varios procesos se convierten en las señales de imagen para ser proyectadas en el monitor, transmitidas por el espacio, o ser grabadas en cintas de video.

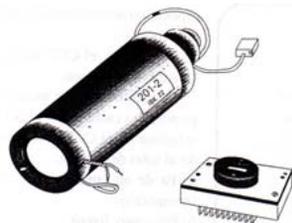


Fig. 1. Tubo de cámara y CCD

El tubo de cámara (fig. 2) es un tipo de tubo de vacío y tiene copiosas variedades:

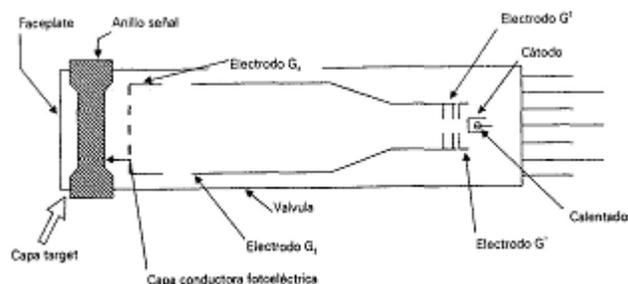


Fig. 2. Composición del tubo de cámara

En las cámaras de blanco y negro, los tubos reciben el nombre de orticones. En las cámaras de color tenemos las de plumbicón, vidicón, saticón; según el tipo de equipo, va cambiando el nombre. Por el avance en la reducción del tamaño de la cámara, la corriente dominante para las cámaras pequeñas es el tubo de 2/3 de pulgada.

El CCD (Charge Coupled Device), elemento de imagen de estado sólido, a diferencia del tubo de cámara, es el conjunto de unos 300 a 400 mil elementos para formar la imagen, acomodados como un mosaico en el circuito básico de silicón de 10 mm por lado aproximadamente; procesa las cargas eléctricas en la siguiente secuencia (fig. 3).

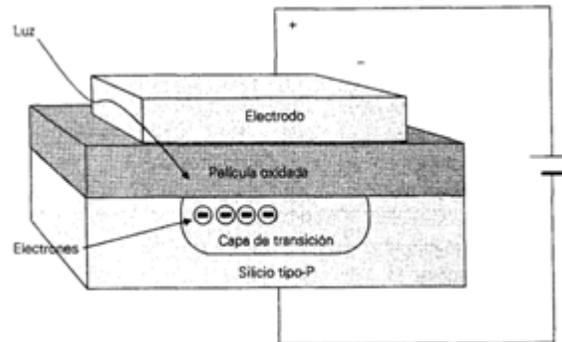


Fig. 3. Composición del CCD

Señal de video completo (composite video signal):

1. Se genera una carga eléctrica (señal de video) usando la luz (energía lumínica a eléctrica/conversión fotoeléctrica).
2. Se almacena una carga eléctrica (almacenaje de carga de electrones).
3. Se transfiere la carga eléctrica (operación de transferencia/tiempo de electrones).

El CCD analiza y reconstituye la imagen, actualmente este dispositivo sustituye al tubo de cámara por las siguientes razones:

- ➔ Es de tamaño super-reducido
- ➔ Peso muy ligero
- ➔ Poco consumo de electricidad
- ➔ Resistente a los impactos y vibraciones
- ➔ Presenta mayor durabilidad
- ➔ No hay fenómeno de la persistencia o retención de la imagen

Con la aparición del CCD, las cámaras se hicieron más fáciles de transportar y manejar. Específicamente se redujo de manera considerable el consumo de la batería. Asimismo, el CCD tiene la gran ventaja de ser resistente a luces tan potentes como la del sol.

### **PRINCIPIOS BÁSICOS**

El bloque óptico emplea un prisma de separación de color, compuesto por tres CCD que van adheridos a él. La salida del CCD se pasa a través del circuito de muestreo y retención que está controlado por un circuito de compensación de defectos, y se envía al circuito de balance de blancos; la salida resultante es enviada al circuito de procesamiento de señal y de ahí al codificador para obtener una señal NTSC (fig. 4).

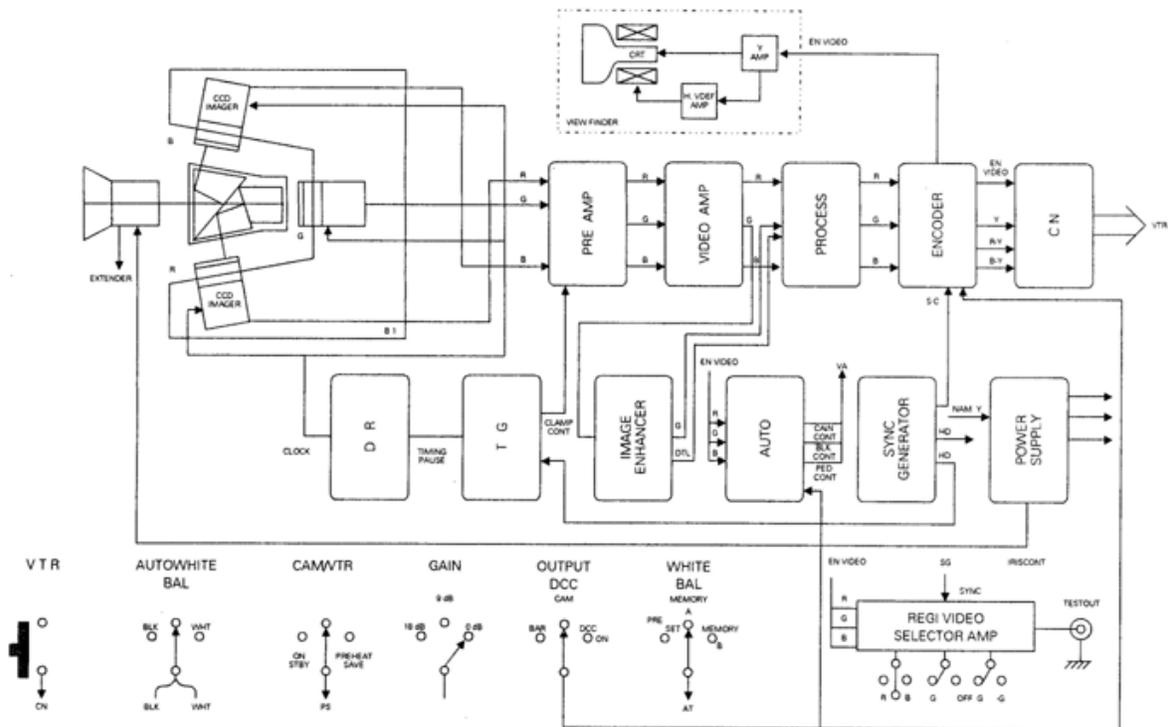


Fig. 4. Diagrama de cámara

### LENTES

Se sabe que nuestros ojos alcanzan a distinguir del lado derecho al izquierdo, de unos 150 a 180 grados. El alcance vertical de los ojos humanos es menor que el horizontal y es aproximadamente de 90 grados (fig. 5). Existen tres factores importantes para definir el encuadre:

- La posición, o emplazamiento
- El ángulo de la cámara
- El ángulo de toma del lente

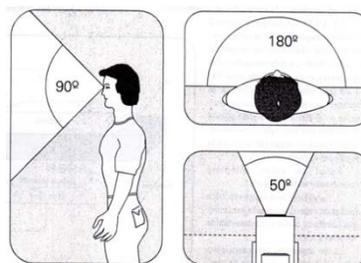


Fig. 5. Ángulo de visión

Los lentes para cámara, tienen sus respectivas distancias focales-longitud focal- que determinan el ángulo de toma (distancia entre el objetivo y el tubo de la cámara o CCD). El ángulo de toma de un lente gran angular, es de unos 50 a 55 grados. A esto se debe que el ser humano en forma inconsciente está acostumbrado a ver un panorama de unos 180 grados de extensión, cuando se encuentra frente a una cámara que tiene la visibilidad de 50 grados, tiende a moverla por sentirse limitado de la visión.

El lente zoom (objetivo de longitud focal variable) permite variar el ángulo de toma o campo en forma continua, mediante el cambio de la distancia focal-acercamiento-o alejamiento en relación al sujeto, en la cámara se aplican los teleobjetivos y los macroobjetivos, que poseen distancias focales diferentes, actualmente integrados en este lente (fig. 6).

El lente zoom más común en los estudios de televisión, es el que tiene una distancia focal de 9 a 180 mm, en el zoom se encuentra un macro, que nos permite realizar tomas a menor distancia de lo normal.

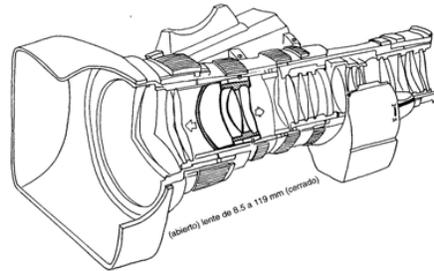


Fig. 6. Lente zoom

### IRIS

Regula automáticamente o manualmente la cantidad de luz emitida por el objeto o acción del sujeto, que pasa a través del lente -objetivo- y que entra a la cámara para formar una imagen en la superficie foto-sensible, funciona de acuerdo a la claridad del rededor. Mientras más grande sea el número del valor F, el lugar está más claro y la profundidad de campo es mayor, logrando la nitidez del objeto. Los ojos humanos pueden percibir los grados del claro-oscuro de más de 100:1, mientras la cámara de televisión no alcanza a distinguir más que el contraste de 30:1.

El valor F se determina mediante una fórmula basada en la relación existente entre el calibre de la lente y la distancia de foco.

$$F = f/D$$

$F$  = Diafragma

$f$  = Distancia de foco

$D$  = Diámetro o calibre del lente

La mayoría de las cámaras tienen un dispositivo de grabación automática de acuerdo a la cantidad de luz que incide sobre el objetivo.

La numeración del valor F es:

1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22  
 <-----> <----->  
 iris + abierto      iris + cerrado

La profundidad es mayor mientras sea mayor la numeración F.

El valor F es el elemento más importante que se debe considerar al determinar la profundidad de campo. Mientras más grande sea el valor más claro se ve el lugar, la profundidad de campo es mayor y se incrementa la nitidez de la toma (fig. 7).

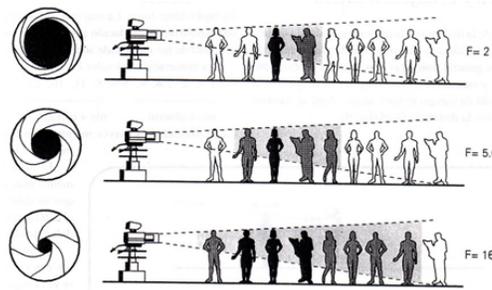


Fig. 7. Iris-Numeración F

**FILTROS**

Normalmente se utilizan para lograr imágenes más estéticas y de mejor comprensión, difuminando las partes innecesarias o eliminándolas, se colocan delante del lente.

- ➔ FILTRO ND. Se utiliza cuando el objeto es demasiado luminoso, ya que este filtro limita la cantidad de luz que entra por el objetivo hacia la cámara, con el fin de lograr la abertura adecuada del iris.
- ➔ FILTRO DE POLARIZACIÓN. Limita la luz de reflexión innecesaria-reduciendo los reflejos-, enriqueciendo los colores.
- ➔ FILTRO CROSS, SNOW Y SUNNY. Hace lucir los puntos de luz que inciden sobre los objetivos brillosos, transformándolos en estrellas, de 4, 6 y 8 puntos con un halo.
- ➔ FILTRO SOFT. Cuando se busca una imagen difusa o melancólica

**EQUILIBRIO DE BLANCOS (WHITE BALANCE)**

El analizar y adaptar a través de la cámara una superficie blanca del lugar de la acción o grabación, realizando un ajuste o equilibrio de los blancos, o sea, técnicamente es un alineamiento o ajuste del color, que indica a los circuitos internos una referencia de lo que es cien por cien blanco para el ojo humano en un determinado contexto de iluminación, y sirve de referencia para ayudarse en la reproducción de los colores, sumando los tres colores base de la imagen: rojo, verde y azul, lo cual da el blanco.

Se debe ajustar en una superficie blanca, de preferencia sobre una hoja blanca. Cada vez que se cambie de locación o varíe el tipo de iluminación, debemos rectificar el White balance:

En la cámara de grabadora integrada se encuentran cuatro tipos de filtros en un disco giratorio que serán utilizados de acuerdo a la temperatura de color que predomine en el ambiente o escena que se quiera grabar.

Filtros	Temperatura de color	Fuente de luz
1	3200 K interior	Lámpara de cuarzo (halógeno-tungsteno)
2	5600 K + 1/4 ND exterior	Luz de sol a medio día Intemperie
3	5600 K exterior	Cielo con nubes (nublado)
4	5600 K + 1/16 ND exterior	Cielo azul/blanco, luminoso

La función preset en las cámaras gradúa automáticamente-memoria-la iluminación, ajustando a 3200 K óptima para obtener una imagen en colores reales tanto para luz de interiores como exteriores, dependiendo del filtro que se use.

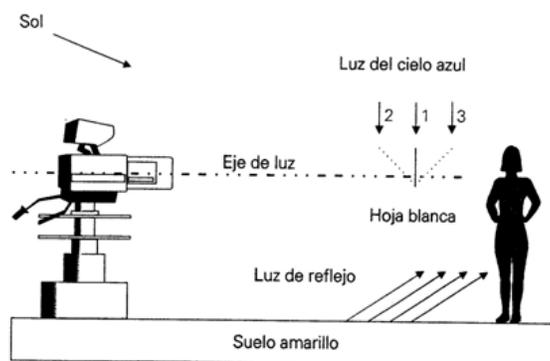


Fig. 8. White balance

## RED EDUSAT

La secretaría de Educación Pública a través de los Programas de Modernización para la educación 1989-1994 y 2000-2006, creó y puso en marcha la Red de Educación vía Satélite (EDUSAT), para dar respuesta a la creciente demanda del servicio educativo del país, así como para abatir el rezago educativo en las poblaciones más dispersas y alejadas del territorio nacional.

Con este sistema de televisión educativa se pretende atender las necesidades de alfabetización, capacitación, educación básica, media superior, superior técnica y tecnológica de las cuales la Secretaría de Educación Pública es el organismo rector.

La Red Edusat opera actualmente a través de los satélites Satmex 5 y Satmex 6 que proporcionan una cobertura continental.

Este sistema satelital tiene actualmente una capacidad de operación de 16 canales de televisión, empleando los dos satélites y la tecnología DVB como sistema de compresión. Estos canales son administrados por la DGTV.

Edusat es un sistema de señal digital comprimida que se transmite vía satélite, siendo el más importante de su naturaleza en Latinoamérica; su función principal es poner a disposición de los mexicanos una amplia oferta de televisión y radio con fines educativos.

Actualmente la Red Edusat cuenta con más de 33,000 puntos de recepción, instalados en distintas instituciones tales como:

- Educación básica
- Telesecundarias
- Secundarias técnicas
- Secundarias generales
- Primarias
- Centros de educación indígena
- Centros de maestros
- Institutos tecnológicos estatales
- Universidades
- Campos militares de la SEDENA
- Centros de readaptación social (CERESO)
- Instituto Federal Electoral en los estados
- Hospitales
- Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE)
- Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA)

- Dependencias oficiales del Gobierno Federal
- Centro Nacional de las Artes
- Sedes de Embajadas Diplomáticas en el extranjero
- Ministerios de Educación de los países de Centro y Sudamérica.

Esta cifra de equipos colocados en diferentes puntos del país y América Latina, son un indicador del gran número potencial de personas que se benefician de los diferentes contenidos que la programación de la Red Edusat ofrece.

La Red Edusat transmite diariamente 15 canales de televisión. Su huella tiene alcance continental, desde los territorios de Canadá hasta la Patagonia, Argentina, incluyendo el Caribe, con excepción de algunas zonas del oriente de Brasil.

Cuenta con más de 35 mil equipos receptores en el sistema educativo mexicano y aproximadamente con mil distribuidos en diversos países del continente.

### ***Procesamiento de la Señal de la Red EDUSAT***

Para poder transmitir la señal de la Red Edusat, ésta debe pasar por una serie de procesos en el transmisor que permiten ordenar la información en una trama de bits.

Este proceso se realiza empleando la compresión digital, multiplexión, codificación, decodificación, encriptación, modulación y demodulación mediante el uso de la tecnología DVB.

El diagrama muestra el proceso que transforma a la señal de la Red Edusat, a una forma adecuada transmitirse vía satélite, la primera etapa se realiza en el telepuerto de la DGTVE, y la segunda etapa la realiza el decodificador.

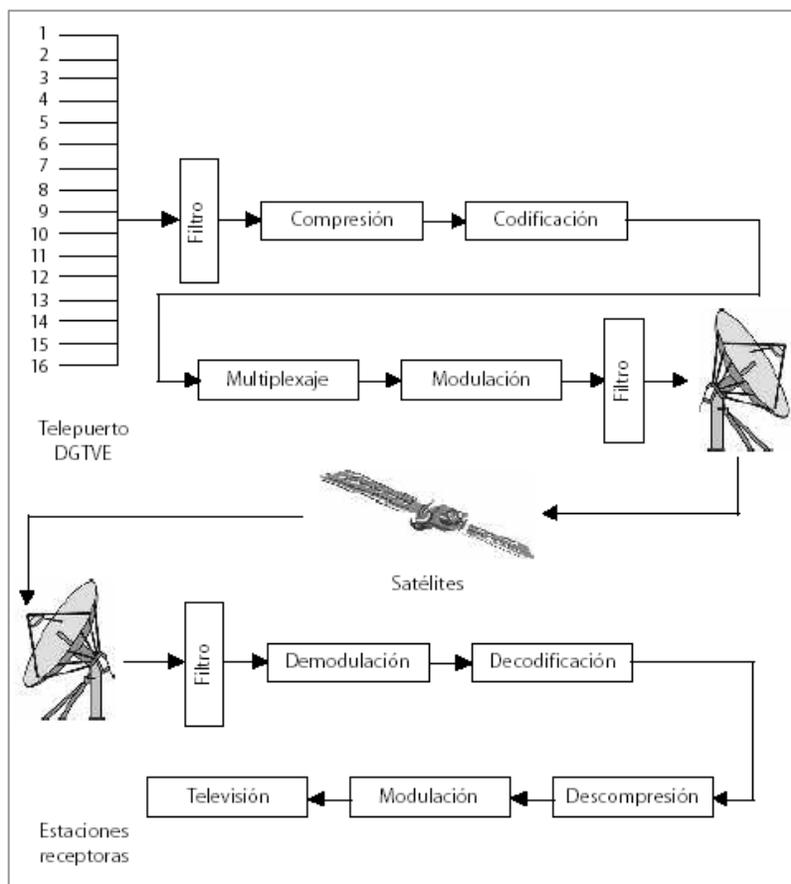


Diagrama a bloques del procesamiento de la señal de la Red EDUSAT

### ***Equipo de recepción de la Red EDUSAT***

El equipo está conformado por los siguientes elementos:

- Antena parabólica, sirve para captar la señal procedente del satélite.
- Bloque amplificador de bajo ruido, también llamado LNB, que capta la señal que refleja el plato parabólico y la modifica para que pueda ser recibida por el decodificador.
- Decodificador, convierte la señal captada por el LNB para que pueda observarse en el televisor. Permite además seleccionar los canales de la Red Edusat.
- Control remoto, sirve para optimizar el uso del equipo.
- Cableado y accesorios, sirven para conectar las diferentes partes del equipo de recepción del sistema Edusat.
- Televisor, permite observar la señal Edusat.
- Videograbadora, permite el almacenamiento en cinta de programas de interés.

### ***RED EDUSAT EN CIFRAS***

- Transmite diariamente **15 canales de televisión y cuatro de radio**.
- Once de los 15 canales de televisión y uno de radio cuentan además con transmisión vía internet y uno de ellos se transmite por cable (Aprende TV). Se puede sintonizar y disfrutar la programación educativa y cultural de los canales: 11,

12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23 y 27 de la Red Edusat, así como el canal 22 de Televisión Metropolitana (Conaculta).

- ➔ Se transmite también a través del canal 22 de señal abierta del área metropolitana, además de contar con enlaces parciales con 24 televisoras regionales y sistemas de cable en la República Mexicana.
- ➔ Edusat reporta 50 mil horas de transmisión anual y 200 horas de transmisión diaria con programación diferenciada.
- ➔ Son alrededor de 35 mil los puntos de recepción en el territorio nacional y en casi todo el continente americano. Entre éstos destacan: escuelas telesecundarias, secundarias técnicas y generales, centros de maestros, institutos tecnológicos, universidades, escuelas normales para maestros y centros de educación tecnológica.
- ➔ Se cuenta con la participación de más de 80 instituciones y centros de educación superior en todo el país, además de los sistemas miembros de la Red Nacional de Radiodifusoras y Televisoras Educativas y Culturales.
- ➔ Los públicos meta de la Red Edusat son docentes y alumnos del Sistema Educativo Nacional, en todos los niveles de enseñanza, desde los iniciales hasta postgrado, en modalidades presenciales, a distancia y mixtas.

### **PROGRAMACIÓN Y TRANSMISIÓN**

Edusat transmite más de 100 horas diarias de programación diferenciada a través de 12 canales de televisión con distintos perfiles, orientados a satisfacer necesidades de todo tipo de audiencias.

La programación está fundamentalmente orientada a atender las necesidades educativas de distintos niveles y modalidades, escolarizadas o no. Esta función se centra en el desarrollo de programas curriculares a petición de las instituciones a las que se atiende, de acuerdo a los objetivos y requerimientos por ellas planteados.

También existe una modalidad de programación bajo demanda que opera mediante la atención a peticiones específicas de programas que despierten algún interés particular en el ámbito institucional o incluso de profesores o estudiantes en lo individual.

Hay una tercera categoría de programación, denominada de enlace, donde convergen distintas instituciones con sus propias producciones, aprovechando los recursos e infraestructura que Edusat ofrece para realizar funciones de difusión e intercambio.

Por último, está la programación complementaria, que retroalimenta, complementa, refuerza y da una visión amplia sobre temas que pueden resultar de interés general. Esta programación amplía los contenidos curriculares de los diversos niveles educativos.

La programación es una responsabilidad que comparten la Dirección General de Televisión Educativa (DGTVE) y la institución demandante. La DGTVE es responsable de transmitir los programas en los días y horarios establecidos, en tanto que la institución ha de garantizar la existencia de un público que estará inmerso en un proceso educativo, del que posteriormente deberá presentar los resultados obtenidos.

La programación se realiza atendiendo, entre otros, los siguientes criterios:

- ➔ Que forme parte de modelos educativos, a través del trabajo conjunto con otras instituciones a las que se brinda servicio.
- ➔ Que los contenidos sean acordes con los planes y programas del Sistema Educativo Nacional.
- ➔ Que constituya un apoyo para el mejor desempeño del docente y del alumno en el aula.

- Que sea una herramienta para el desarrollo y actualización del docente.
- Que facilite el establecimiento de vínculos entre la escuela y la comunidad, al promover actividades de enlace.
- Que atienda las necesidades y solicitudes específicas de alumnos y profesores.
- Que impulse las tareas educativas y de capacitación de diversas instituciones, a través de atención a demandas específicas y/o promoción de espacios programáticos en la Red Edusat.

### **FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN**

Entre los programas sustantivos de la Red Edusat se cuenta la formación y actualización de recursos humanos, tarea que se lleva a cabo a través del Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa (CETE) - único en su género en América Latina - creado en 1991 mediante un convenio entre la Secretaría de Educación Pública y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

A través de este centro, se brinda formación, capacitación y actualización a profesionales vinculados con los medios audiovisuales en cuatro áreas principales:

- Producción audiovisual.
- Documentación audiovisual.
- Planeación y administración audiovisual.
- Usos educativos del audiovisual y de la informática.

El CETE ofrece cursos, seminarios, talleres y diplomados, en modalidades presenciales, a distancia y mixtas, brindando 150 servicios educativos al año, con un total de ocho mil capacitados anualmente (cinco mil certificados).

### **DIRECCIÓN GENERAL DE TELEVISIÓN EDUCATIVA (DGTVE)**

Es un órgano centralizado de la Secretaría de Educación Pública, dependiente de la unidad de Planeación y Evaluación de Políticas Educativas.

El personal que integra la DGTVE tiene como tareas la producción, programación y transmisión de contenidos educativos a través de medios electrónicos, principalmente la televisión, mediante la Red Edusat.

A parte de la transmisión son esenciales las labores de mantenimiento y operación técnica de la Red Edusat, la conservación y sistematización de los acervos audiovisuales, la formación y capacitación de profesionales en materia de audiovisual educativo y la realización de actividades de investigación, desarrollo y evaluación.

Estas tareas integran un ciclo que ha permitido a lo largo de más de 35 años de actividad, explorar y descubrir las potencialidades importantes del audiovisual educativo como una herramienta de gran alcance para facilitar el llevar educación y conocimientos a las zonas más remotas y desprotegidas del país a un amplio número de usuarios, a través de diversas modalidades, niveles y contenidos educativos.

El objetivo medular de la DGTVE es contribuir al abatimiento del rezago educativo en México. Para lograrlo, se ha ampliado en forma cualitativa y cuantitativa la cobertura de los servicios educativos, utilizando como herramienta fundamental la televisión vía satélite, a través de la Red Edusat. La Red Satelital de Televisión Educativa (Edusat), sistema de señal digital

comprimida, es el más importante de su naturaleza en Latinoamérica. Transmite diariamente 12 canales de televisión, nueve de ellos con programación propia (canales 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 23) y tres con retransmisión de señal mediante convenios (canales 21, 22 y 24), así como cuatro de radio (canales 112, 114, 115 y 117), a un total de 30 mil puntos receptores en México y en casi todo el Continente Americano.

De los nueve canales con programación propia, la Dirección General de Televisión Educativa (DGTVE) administra los canales 11, 12, 14 y 17; el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) tiene a su cargo los canales 13, 15, 16 y 18 y el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), el Canal 23.

La visión de la DGTVE para el año 2025 contempla aprovechar al máximo las tecnologías de información y comunicación (TICs) para llevar la educación con calidad y con equidad a los rincones más apartados del país y con mayor rezago educativo. Para ello, se plantea actualizar el equipo y la infraestructura existentes, ampliar y diversificar la cobertura de la señal, desarrollar nuevos modelos pedagógicos apropiados para el uso de las TICs en la educación, capacitar a especialistas en el uso del audiovisual, así como contar con material de apoyo para ofrecer a toda la población oportunidades de desarrollo basadas en el respeto a la legalidad y el ejercicio real de los derechos humanos.

## **ESTRUCTURA**

La DGTVE está conformada por una Dirección General que agrupa a las siguientes áreas:

- ➔ Dirección de Producción
- ➔ Dirección de Vinculación Institucional y Desarrollo Audiovisual
- ➔ Dirección de Ingeniería
- ➔ Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa (CETE)
- ➔ Videoteca
- ➔ Dirección de Planeación
- ➔ Coordinación de Informática
- ➔ Coordinación Administrativa
- ➔ Departamento de Certificación de Locutores

La Dirección General de la DGTVE coordina y supervisa las acciones de todas las áreas que la conforman, a fin de cumplir la misión institucional, mediante la producción, la programación y la transmisión de programas educativos de calidad, con apego a los planes y programas nacionales y sectoriales. Asimismo, conduce la evaluación de las tareas mencionadas. Otra labor importante es la celebración de acuerdos y convenios con organismos afines, de los sectores público, social y privado, nacionales e internacionales. Adicionalmente emite políticas internas y conduce la administración de los recursos asignados a la DGTVE.





## GLOSARIO

### A

#### **AMPLIFICADOR DE ESTADO SÓLIDO**

Aparato electrónico compacto utilizado en sistemas de comunicación vía satélite para incrementar la potencia de salida de una señal, con el fin de hacerla llegar con un nivel adecuado para su retransmisión a un receptor. También se le conoce como SSPA (Solid State Power Amplifier) por sus siglas en inglés.

#### **AMPLITUD**

Desviación o altura máxima que sufre una señal respecto al eje de tiempo, la cual nos indica la medida o valor de la intensidad que toma dicha señal.

#### **AMPLITUD DE ONDA**

Altura máxima que alcanza una señal, analógica o digital, con respecto al eje del tiempo, la cual indica la medida o el valor de la intensidad de dicha señal.

#### **ANCHO DE BANDA**

Rango de frecuencias requerida para propagar información a través de un sistema.

El ancho de banda de un sistema de comunicación debe ser lo suficientemente ancho para que pasen todas las frecuencias significativas de la información.

De la misma manera que las tuberías pueden llevar más agua al aumentar su diámetro, la cantidad de información que puede transportar una señal depende del ancho de banda.

De la misma manera en que las tuberías pueden llevar más agua al aumentar su diámetro, la cantidad de información que puede transportar una señal depende de la amplitud de la banda de frecuencias que cubra.

Esta gama de frecuencias se llama amplitud ó ancho de banda. Por ejemplo, si un mensaje de TV es transmitido en una gama de frecuencias de 54 a 58,2 Mhz, se dice que tiene una amplitud de banda de 4,2 Mhz (millones de ciclos por segundo), la que se entiende a 36 Mhz en una transmisión vía satélite.

Cada medio de comunicación requiere de una amplitud de banda característica. La TV necesita una amplitud de banda mucho mayor que la del teléfono ó la de la radio, debido a que para reconstruir una imagen se necesita una cantidad de información mucho más grande que para transmitir música ó voces.

#### **ANALÓGICO**

Significa que hay una semejanza o proporción en las variaciones de la señal en comparación con la entrada.

#### **ANCHO DE HAZ**

Medida del círculo celeste que 've' una antena receptora. Los haces de pequeña anchura son preferibles porque cuanto mayor es el círculo mayor es el ruido espacial que es captado.

#### **ANCHO DEL HAZ DE MITAD DE POTENCIA (HPBW)**

El ángulo de anchura de haz de una antena transmisora que produce un contorno de huella en el que la potencia de la señal esta 3 dB por debajo del valor máximo.

**ANGULO DE DESPLAZAMIENTO**

El ángulo que se suma a la latitud de la estación receptora para establecer el ángulo de inclinación, para alinear un montaje polar con el arco geostacionario (cinturón de Clarke).

**ANGULO DE OBSERVACIÓN**

El ángulo de elevación de un satélite varía con la posición del observador y la del satélite.

**ANTENA**

Dispositivo que se utiliza para transmitir o recibir ondas de radio, las utilizadas para comunicación vía satélite son del tipo de reflector parabólico y utilizan altas frecuencias.

**ANTENA PARABÓLICA**

Tipo de antena con reflector que tiene una superficie curva de forma parabólica, tiene la capacidad de reflejar una onda de radio incidente y enfocar su energía sobre un solo punto.

**ANTENA DIPOLO**

Elemento radiador o receptor, el cual está constituido por dos partes simétricas conectadas por el punto medio de la antena a un aparato emisor o receptor. Permite determinar el tipo de polarización requerida por la señal a enviar o recibir.

**ARCO SATELITAL**

Lugar físico en donde se encuentran ubicados todos los satélites artificiales, su nombre correcto es Orbita satelital, y se divide en tres: Orbita baja ubicada a 1,000 Km, Orbita media que se encuentra entre los 10,000 y 20,000 Km y Orbita geostacionaria localizada a 36,000 Km sobre el nivel medio del mar.

**ÁREA DE COBERTURA**

El área de la huella en la que puede ser recibida satisfactoriamente una señal de información.

**ÁREA DE SERVICIO**

El área en el interior de una huella en la que la señal es suficientemente intensa para la recepción de información.

**ARMÓNICA**

Componente de una onda que tiene una frecuencia que es múltiplo entero de la frecuencia básica (fundamental) si la frecuencia fundamental se denota por  $F$  [Hz], sus armónicas son  $2f$ ,  $3f$ ,  $4f$ .

**ATENUACIÓN**

Reducción del nivel de una señal. La atenuación debe estar relacionada tanto el nivel de voltaje como el nivel de potencia.

Es una reducción energética o pérdida progresiva de la potencia de la señal, la atenuación tiene lugar espontáneamente durante la progresión de las ondas a través de líneas, guía de ondas, espacio, o de un medio tal como el agua. El valor de atenuación se expresa en general en decibel o decibel por unidad de longitud.

**ATSC (ADVANCED TELEVISION SYSTEMS COMMITTEE), NORMA**

Estándar diseñado para transmitir video y audio de gran calidad, así como datos a través de un canal de 6 MHz. El Comité de Sistemas Avanzados de Televisión de los Estados Unidos (ATSC por sus siglas en inglés) estableció en 1995 este estándar técnico de compresión para la generación, distribución y recepción de señales de televisión digital de alta definición. Las ventajas que presenta este estándar de compresión son:

La resolución de la imagen es cinco veces mayor que la de la televisión convencional (NTSC).

Maximiza el flujo de información a través de un canal de datos.

Utiliza la menor cantidad de bits para transportar la señal, preservando así el nivel de calidad requerido para esta aplicación.

**B****BANDA**

Conjunto de frecuencias comprendidas entre límites determinados, pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión. La clasificación adoptada internacionalmente está basada en bandas numeradas que van desde la que se ubica en los  $0.3 \times 10^n$  Hz a los  $3 \times 10^n$  Hz, en la cual n es el número de banda.

**BANDA C**

Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 3.9 GHz y 6.2 GHz. Ésta banda se utiliza tanto para transmisiones de microondas como de satélite, así como en las transmisiones vía satélite para televisión.

**BANDA L**

Rango de frecuencias que se encuentra en los límites de 940 y 1550 MHz. Esta banda es muy utilizada en las comunicaciones móviles vía satélite, tanto terrestres como marítimas y aéreas.

**BANDA KU**

Rango de frecuencias que se encuentra en los límites de 12 y 14 GHz. Esta banda se utiliza únicamente para las transmisiones por satélite, su principal uso es el de transmisiones de datos y servicios ocasionales de televisión.

**BANDA BASE**

Es la información antes de modular y puede o no estar multiplexada. Es una banda de frecuencia ocupada por todas las señales transmitidas utilizadas para modular una onda portadora determinada, básicamente es la información antes de modular y puede o no estar multiplexada.

La banda de frecuencias ocupada por ondas las señales que modulan la portadora de un transmisor múltiplex.

**BANDA DE SEPARACIÓN**

Es una banda de frecuencias angosta que separa dos canales de frecuencias adyacentes, para separarlos y minimizar la frecuencia entre ellos.

**BASE**

Conjunto de frecuencias comprendidas entre los límites determinados, pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión. La clasificación adoptada internacionalmente está basada en bandas numeradas que van desde la que se ubica en los  $0.3 \times 10^n$  Hz, en el cual n es el número de banda.

**BIT**

Contracción de las palabras binary digit. Es la unidad de información más pequeña que puede ser procesada o transportada por un circuito. Es representado por la ausencia o presencia de un pulso electrónico. Matemáticamente se representa con los dígitos binarios 0 y 1.

**BRILLO**

Término utilizado en los sistemas de televisión y representa la iluminación de fondo de una imagen.

**C****CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO)**

Técnica de acceso a satélite que permite a cada estación transmitir con un ancho de banda completo todo el tiempo. El CDMA transmite utilizando la misma frecuencia central y el mismo ancho de banda, esto quiere decir que las transmisoras tienen acceso simultáneamente al satélite, sin embargo, una estación receptora es capaz de distinguir una portadora en particular entre varias, ya que cada una de ellas han sido moduladas con un código diferente y propiedades matemáticas especiales.

**CAMPO**

En televisión se define como la exploración de haz en forma horizontal y vertical, formando dos campos y esto equivale a un cuadro de imagen.

**CAMPO ELECTROSTÁTICO**

Región del espacio en que una carga eléctrica en reposo genera una fuerza de valor constante por el paso de una corriente.

**CAMPO ELECTROMAGNÉTICO**

Región del espacio en que se manifiestan las fuerzas eléctricas y magnéticas de una señal; en particular, dícese del campo asociado a una radiación electromagnética, que se manifiesta como dos campos, uno eléctrico y otro magnético que avanzan en dirección de la propagación, manteniéndose perpendiculares entre sí.

**CANAL**

Medio físico a través del cual viaja la información, asignada a una finalidad específica, de un punto a otro. Las características que debe tener un canal son de gran importancia para lograr una comunicación efectiva, ya que de ellas depende en gran medida la calidad de la señal recibida en el destino.

Varios canales pueden compartir un trayecto común; por ejemplo en cada canal puede determinarse una banda de frecuencias o un intervalo específico.

**CICLO**

Propiedad que posee una onda y es definida por el tiempo en que se completa un conjunto de fenómenos o sucesos; es decir, cada vez que se repite dicha onda.

Intervalo de espacio o tiempo en el que se completa un conjunto de sucesos o fenómenos. Cualquier conjunto de operaciones que se repiten regularmente en la misma secuencia. Las operaciones pueden ser objeto de variaciones en cada repetición.

**CODEC**

Aparato de transmisión televisiva que permite la compresión de señales de video en un canal más estrecho. Abreviatura de codificador decodificador.

**CODIFICACIÓN**

Método por el cual se establece un cierto código o lenguaje de comunicación para la transmisión de información, ejemplos de codificaciones son: el sistema Braille, la señalización por banderas.

**CODIFICADOR**

Dispositivo que convierte señales analógicas a códigos digitales; es decir, codifica las señales que entran a éste. Las señales van enrutadas de acuerdo a una clave o código que se le asigna previamente a cada señal. Por ejemplo, la voz puede convertirse en señal digital mediante un micrófono conectado a un transductor de impulsos luminosos (rayo láser) para las grabaciones de discos compactos, los cuales regeneran el patrón de voltaje determinado por la intensidad y frecuencia del sonido emitido por el micrófono.

El codificador utiliza el sistema de números binarios (0 y 1) para expresar toda la información sobre las frecuencias y los niveles de voltaje. Por ejemplo, una fotografía puede ser descrita por una larga serie de unos y ceros, codificados de manera que algunos den información sobre la ubicación de los puntos que componen la imagen, y otros determinen la brillantez y el color de tales puntos. Las computadoras usan exclusivamente mensajes codificados digitalmente.

**CÓDIGO**

Sistema de reglas que definen una correspondencia entre dos vías de información y se representa por caracteres, símbolos o elementos de señal como en el caso de los dígitos binarios (0 y 1). El alfabeto es un ejemplo de código.

**COMPONENTE FUNDAMENTAL**

La primera armónica de una forma de onda periódica.

**COMPRESIÓN DIGITAL**

Técnica de codificación de señales con el fin de almacenarlas en un área de memoria lo más reducida posible, permite hacer más eficiente el uso de un canal de comunicación mediante la sustitución de caracteres por códigos cortos. La compresión digital es el proceso mediante el cual un conjunto de datos idénticos (de audio, de video o de datos) se transmite bajo la forma de un factor de repetición, seguido por el dato que se ha repetido, esto permite la optimización del uso de espacio satelital, es decir, permite las comunicaciones de más servicios en un solo canal.

## **COMUNICACIÓN**

La comunicación es la transmisión de palabras, sonidos, imágenes o datos, en el mundo de las telecomunicaciones se transmiten en forma de impulsos o señales electrónicas o electromagnéticas. La información se origina en una fuente y se transmite a un destinatario por medio de un canal de comunicación; el receptor generalmente se encuentra en un punto geográfico distante o por lo menos separado del transmisor. Los medios de transmisión incluyen el teléfono (cable óptico o normal), la radio, la televisión, microondas y los satélites.

### **COMUNICACIONES ANALÓGICAS**

Comunicaciones en las cuales la señal transmitida varía continuamente en correlación directa con el mensaje.

### **COMUNICACIÓN DE DATOS**

Es el movimiento de información codificada por computadora de un punto a otro por medio de un sistema de transmisión eléctrica. La comunicación entre los usuarios de máquinas establecieron códigos basados en el sistema binario de numeración, el cual utiliza "0" y "1" para representar la ausencia o presencia de energía eléctrica.

### **COMUNICACIÓN SATELITAL**

Sistema de comunicación en donde intervienen antenas transmisoras y un satélite, para establecer una comunicación y poder transmitir información a lugares muy remotos. Este sistema ha sido posible debido a una combinación de ciencia y tecnología espacial. Cada año se ponen en órbita satélites más eficientes y complejos, a un costo cada vez menor. La comunicación por satélite es uno de los negocios que más ha evolucionado.

### **COMUNICACIÓN SATELITAL MÓVIL**

Sistemas de comunicación que emplean tecnología satelital donde los sistemas de recepción no están fijos; es decir, tienen desplazamiento, ejemplo claro son: la telefonía celular y sistemas de seguridad vehicular.

### **CONSTANTE DIELECTRICA**

Permisividad relativa del material aislante. Propiedad que presentan los medios físicos con relación a su conformación, es decir, que presentan una resistencia a ser atravesados por cualquier inducción, campo magnético o corriente eléctrica.

### **CONSTANTE DE PROPAGACIÓN**

A veces llamada el coeficiente de propagación. Se utiliza para medir la atenuación (pérdida de la señal) y el desplazamiento de fase por unidad de longitud de una línea de transmisión. Conforme se propaga una onda, a lo largo de la línea de transmisión, su amplitud se reduce con la distancia viajada.

### **CONVERTIDOR DE FRECUENCIAS**

Dispositivo electrónico capaz de cambiar la frecuencia de una señal entrante por otra distinta a la salida establecida por el mismo dispositivo, esta frecuencia puede ser mayor o menor a la que poseía la señal de entrada.

***CORRIENTE (ELÉCTRICA)***

La circulación de electrones a través de un material, se mide en amperios y, para un amperio, en tan solo un segundo pasan  $6.25 \times 10^{18}$  electrones.

***CORRIENTE ALTERNA (C.A.)***

Corriente eléctrica que invierte el sentido de su flujo a intervalos regulares, las ondas de radio producen corrientes alternas en las antenas, la voz y la música producen corrientes alternas en un micrófono.

***CORRIENTE DIRECTA***

Corriente que surge a consecuencia de la rectificación de la corriente alterna; al aplicar pasos de rectificación de CA a CD se obtiene un voltaje constante en el tiempo, también se produce este tipo de corriente directa por:

***CROMINANCIA***

Termino utilizado para combinar el matiz y la saturación en la televisión a color, es la parte de una onda de televisión que contiene la información de color en la frecuencia de 3.58 MHz y esta modulada por fase y amplitud.

***CUADRO***

Una sola imagen completa de televisión.

***D******DECIBELIO***

La décima parte de un BEL, unidad que se utiliza para comparar niveles de potencia en las comunicaciones eléctricas, al igual a nivel sonoro,  $1 \text{ dB} = 10 \log (w)$ .

***DECLINACIÓN***

El ángulo en que esta ajustado una antena receptora respecto a la horizontal, utilizando por lo regular para ajustar los montajes polares.

***DECODIFICACIÓN***

Acción contraria a la codificación, donde se restablece la señal previamente codificada a su forma original.

***DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA DE RUIDO***

La distribución de la potencia de ruido en el espectro de frecuencias, expresada en vatios/Hz, para el ruido blanco, la densidad espectral de potencia de ruido es uniforme en todas las frecuencias de interés.

***DEMÚLTIPLEXAJE***

Es el proceso por el cual se recuperan las señales multiplexadas en su forma original.

***DEMODULACIÓN***

Proceso para transformar la información, previamente modulada, a su forma original. La desmodulación se lleva a cabo en un receptor, en el circuito llamado desmodulador.

### ***DIGICIPHER I Y II***

Sistemas satelitales con los que cuenta la Red Edusat, éstos son usados para comprimir video y audio digital, tener control de acceso al satélite y están capacitados para trabajar en red. Poseen compatibilidad con los estándares MPEG-2 principalmente en la compresión de video y audio.

DigiCipher cuenta con una primera (DCI) y segunda generación (DCII); para los sistemas de televisión digital, se usa la digitalización, compresión, paquetes de datos, encriptación, Multiplexación, corrección de errores y modulación en normas NTSC y PAL. También puede configurarse para las diferentes técnicas de acceso a satélite, tales como: MCPC, canales múltiples por portadora (Multiple Channels Per Carrier) y SCPC, canal simple por portadora (Single Channel Per Carrier).

DigiCipher I: tecnología de compresión y codificación que permite manipular 8 canales de video y 16 canales de audio en forma simultánea.

DigiCipher II: tecnología de compresión y codificación que permite manipular 16 canales de video y 32 canales de audio en forma simultánea.

### ***DIGITALIZACIÓN***

Técnica que convierte la información de entrada en datos de lenguaje binario, es decir, dígitos como el cero y el uno, permitiendo con ello comprimir la señal.

### ***DISTANCIA FOCAL***

Distancia existente entre el centro del reflector parabólico (plato) y la ubicación el LNB (Bloque Amplificador de Bajo Ruido).

### ***DISTORSIÓN***

Es la mala respuesta a nuestra señal de información por el propio sistema a nuestra señal, básicamente es la pérdida de la forma de onda de la señal. En las transmisiones de radio a menudo se introduce una forma de distorsión de amplitud al aumentar la intensidad relativa de las frecuencias más altas de audio. En el receptor aparece un factor equivalente de atenuación de alta frecuencia. El efecto conjunto de estas dos formas de distorsión es una reducción del ruido de fondo o estático en el receptor.

### ***DOLBY AC-3***

Sonido digital que se encuentra comprendido en las frecuencias de 44.1 KHz a 48 KHz. Puede manejar sonido monoaural, etéreo, disjunto (cada canal comprimido por separado) o estéreo combinado (explotación de la redundancia inter canal). Las funciones para la selección de audio son aplicables a la Red Edusat, ya que la señal es de forma monoaural.

### ***DOLBY ESTEREO***

Sonido digital estéreo que se aplica a los equipos de alta fidelidad o en algunas señales de televisión comercial. Se encuentra comprendido en el rango de frecuencia de 44.1 KHz a

48KHz. Esta función de audio no es aplicable a la señal de recepción de la Red Edusat, ya que ésta es de forma monoaural.

### ***DVB (DIGITAL VIDEO BROADCASTING)***

Proyecto de la Unión Europea de televisión para la transmisión de datos por satélite, se ha convertido en el sinónimo de la televisión digital. Recientemente se ha introducido en Europa, Norte y Sur de América, Asia, África y Australia. El sistema DVB está basado en la compresión de audio y video de MPEG-2.

## ***E***

### ***ELEMENTO DE IMAGEN***

El área más pequeña que puede ser mostrada en una imagen de televisión.

### ***ELEVACIÓN***

Movimiento vertical que puede llevarse a cabo con la montura tipo azimuth-elevación y permite la orientación de la antena parabólica.

### ***EMPAQUETAR LA SEÑAL***

Técnica de enrutamiento de información desarrollada específicamente para las redes de transmisión de datos y en la cual los mensajes se dividen en unidades pequeñas llamadas paquetes, que son manejados individualmente por las redes de transmisión. Esta técnica se basa en el envío de los datos en paquetes desensamblados para posteriormente ensamblarse en el destino.

### ***ENCRIPTAR LA SEÑAL***

Proceso que transforma la señal que se transmite en una señal exclusiva para un determinado equipo de recepción es decir, no todos los usuarios que posean el mismo modelo de equipo, pueden recibir la señal, sólo aquellos que tengan una clave podrán recibir la señal encriptada y leer el mensaje. Existen dos métodos básicos de cifrado o encriptado:

- Cifrado de datos por transposición, que toma los caracteres del texto y los codifica para formar el texto cifrado. Sólo se cambia la posición de los caracteres en el mensaje, y no los caracteres en sí.
- Cifrado de datos por sustitución, que cambia cada carácter del texto por otro diferente de acuerdo con un algoritmo determinado.

### ***ESTÁNDARES MPEG 1 Y MPEG 2***

Normas de compresión digital desarrolladas por diversos comités técnicos. El sistema MPEG (grupo de expertos en imágenes en movimiento) empezó a funcionar en 1988. Utiliza estándares de compresión de video y audio ampliamente aceptados y hasta el momento se tienen:

- MPEG-1. Especificación publicada en 1991.
- MPEG-2. Especificación publicada en noviembre de 1994, incluye la compresión para HDTV.
- MPEG-3. (HDTV) televisión de alta definición.

### ***ETAPA DE FI***

Se encuentra contenida en la etapa transmisora o receptora y es aquí donde se tiene lugar la mayor parte de la amplificación y filtrado, en la AM es 455 KHz, en la FM es 10.7 MHz, en los sistemas de televisión en video es de 45.75 MHz en el audio es 41.25 MHz, en la comunicación por satélite y microondas es 70 MHz.

**EXPLORACIÓN**

La resolución siguiendo un patrón determinado de una imagen de televisión en sus elementos de luz, tono y color.

**F**

**FIELD**

Campo de imagen.

**FIGURA DE MÉRITO**

Relación que existe entre la ganancia de la antena y la temperatura de ruido. Se expresa en decibeles referido a un grado Kelvin (dB/k).

**FILTRO**

Dispositivo selectivo en frecuencia que transmite un margen determinado de materia o energía, por tanto un filtro eléctrico es una red que transmite corrientes alternas de frecuencias deseadas en tanto atenúan sustancialmente las demás frecuencias.

Un filtro ideal debería atenuar (o amplificar) todas las frecuencias de pasa-banda por el mismo factor, mientras las frecuencias no deseadas deberían experimentar atenuación infinita.

**FILTRO PASA BANDA**

Circuito electrónico que deja pasar únicamente una banda determinada de frecuencias, lo hace ofreciendo una alta atenuación a todas las frecuencias por encima y por debajo de la banda, evitando en consecuencia que lleguen a las terminales de salida.

**FILTRO IDEAL**

Un filtro que transmite todas las frecuencias dentro de una cierta gama bloqueando todas las frecuencias externas a dicha banda.

**FRAME**

Cuadro de imagen

**FRECUENCIA**

Número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica, tal como la corriente alterna, las ondas acústicas u ondas de radio. Se considera como el número de repeticiones de un fenómeno determinado en un intervalo de tiempo específico.

Frecuencia (MHz)

3-54

54-72

72-76

Asignación de la FCC

Radiomóvil

Canales 2-4 de TV (VHF)

Servicios de Radio

76-88	Canales 5 y 6 de TV (VHF)
88-108	Radio FM
108-120	Aeronáutica
120-136	Aeronáutica
136-144	Gobierno
144-148	Radioaficionados
148-151	Radionavegación
151-174	Tierra, Móvil y Marítima
174-216	Canales 7-13 de TV (VHF)
216-329	Gobierno
Canales 14-83 de TV (UHF)	

### ***FRECUENCIA FUNDAMENTAL***

La frecuencia de una señal con respecto a la cual se definen las armónicas, la frecuencia más baja.

### ***FRECUENCIA DE AUDIO***

Cualquier frecuencia de una onda de sonido que normalmente puede ser onda, la banda máxima abarca aproximadamente de 20 Hz a 20 KHz.

### ***FRECUENCIA DE CORTE***

La frecuencia más allá de la cual un sistema de banda limitada atenúa en más de una cantidad específica, generalmente 3 dB.

### ***FRECUENCIA IMAGEN***

Frecuencia de entrada indeseada igual a la frecuencia de estación más el doble de la frecuencia intermedia. Frecuencia intermedia =  $(FC + 2FFI)$ .

### ***FRECUENCIA INTERMEDIA (FI)***

Frecuencia a la que se reduce la de una onda portadora modulada para su procesamiento.

## ***G***

### ***GANANCIA***

Medida del incremento de intensidad de la señal al pasar a través de un sistema, puede expresarse como la relación entre la potencia de salida y la de entrada del sistema, o más frecuentemente como dicha relación de decibelios.

### ***GANANCIA DE LA SEÑAL***

Parámetro de nivel máximo obtenido al realizar la polarización del bloque amplificador de bajo ruido, también conocido como LNB, ya sea de forma manual, mecánica, o automática, dependiendo del modelo de decodificador con el que se cuente.

### ***GEOESTACIONARIO***

Estacionario con respecto a la tierra, los satélites con órbita geoestacionarias completan una revolución en el mismo tiempo que lo hace la tierra, por lo tanto, cada satélite se mueve de modo que siempre permanece encima del mismo punto de la superficie de la tierra.

**GUÍA DE ONDA**

Tubo metálico de sección transversal rectangular o circular por cuyo interior pueden ser transmitidas microondas.

**G/T (GAIN TO NOISE TEMPERATURE RATIO)**

Relación entre la ganancia y la temperatura de ruido. Véase figura de mérito.

**H****HAZ**

Región del espacio que ocupa una corriente unidireccional de radiación electromagnética o grupo de ondas emitidas hacia un punto determinado de la tierra.. Haz estrecho, tipo lapicero, de electrones que se mueven a una alta velocidad en una dirección, por lo general termina en la pantalla de un tubo de rayos catódicos y produce un punto luminoso.

**HAZ DE COBERTURA**

Conjunto de señales que caracterizan la propagación de energía, especialmente la electromagnética, comprendidos en un ángulo sólido determinado por un parámetro angular llamado abertura.

**HERTZ**

La unidad estándar internacional de frecuencia, que equivale a un ciclo por segundo (en honor a Herrich Hertz, físico alemán).

**HDTV**

Televisión de alta definición, los sistemas más recientes que están siendo desarrollados con mayor número de líneas que los sistemas de 525 (NTSC), 625 (PAL), y 819 (SECAM).

**HUELLA**

La zona terrestre iluminada por el haz de radio de un satélite.

**I****ÍNDICE DE MODULACIÓN DE AMPLITUD**

Relación entre la amplitud de la señal moduladora y la amplitud de la portadora.

**ÍNDICE DE MODULACIÓN DE FRECUENCIA**

La relación entre la desviación de frecuencia (df) y la frecuencia de la señal moduladora (FM), asumiendo que esta última es sinusoidal.  $m = df / FM$

**INTELSAT**

La organización internacional de satélites de telecomunicaciones, que controla el sistema de comunicación internacional.

**INTERFERENCIA**

Es un efecto que se produce cuando dos o más ondas se solapan o entrecruzan produciendo el mismo efecto que el ruido, la interferencia producida artificialmente es debido al funcionamiento incorrecto de dispositivos eléctricos, con la consiguiente generación de señales interferentes que puedan ser radiadas en el espacio como ondas electromagnéticas o transmitidas por líneas de distribución o transporte de energía eléctrica.

Señales parásitas que crean una perturbación electromagnética dentro de un sistema, en la recepción, a menudo son causadas por ruido externo en el sistema.

### ***INTERPOLACIÓN***

La información adicional con la tonalidad que debe tener una transmisión a color y tiene que estar contenida en un ancho de banda de 6 MHz que ocupa la transmisión de RF.

### ***IRD (Integrated Receiver Digital)***

Dispositivo electrónico capaz de proporcionar servicio de comunicación satelital; es receptor y decodificador de señales digitales que tienen un determinado formato. El IRD (Receptor Digital Integrado) es el circuito que identifica la señal de entrada en forma digital y la convierte a su forma analógica. Para efectos de la Red Edusat se entiende el IRD como el decodificador.

### ***ITU***

Unión internacional de telecomunicaciones, responsable de asignar frecuencias a los satélites que trabajan con ciertas regiones del mundo y a las que conciernen las normas internacionales, de radio, telegrafía y telefonía.

## ***J***

### ***JPEG (Joint Photographic Experts Group)***

Sistema de compresión diseñado para imágenes en blanco y negro y a color, tomadas del mundo real, este no funciona satisfactoriamente con caricaturas o dibujos a partir de líneas. Se clasifica como un sistema con pérdidas, ya que el algoritmo que usa toma en cuenta las limitaciones del sistema de visión, que no ve los detalles pequeños de color tan bien como los de blanco y negro.

## ***K***

### ***KELVIN***

Grado de temperatura, equivalente al centígrados o Celsius, sin embargo la escala kelvin empieza en el cero absoluto de modo que 0°.

## ***L***

### ***LEADING EDGE***

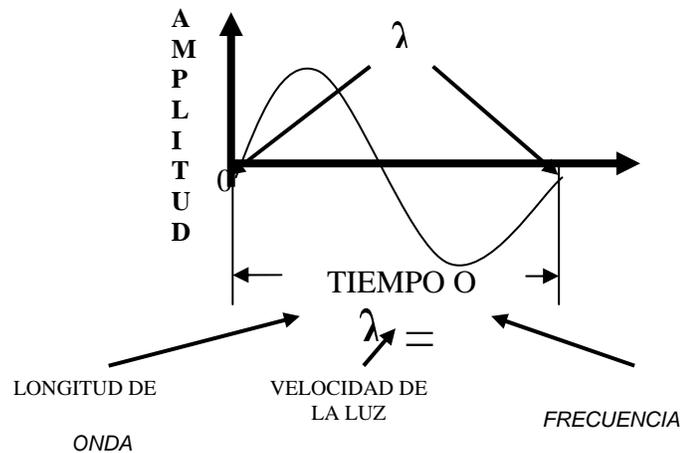
Margen de salida, en este intervalo se realiza el frenado del haz antes de ser suprimido.

### ***LÍNEAS DE TRANSMISIÓN***

Son conductores de alambre con desplazamiento constante para evitar la radiación, los requisitos importantes son: pérdidas mínimas, ninguna reflexión de señal dentro de la línea, ninguna radiación dispersa o captación de señal por la misma línea.

### ***LONGITUD DE ONDA***

Distancia que existe entre dos puntos de igual fase pertenecientes a dos ciclos consecutivos; se puede medir de cresta a cresta o de valle a valle en ondas sucesivas.



**LUMINANCIA**

Intensidad luminosa o cantidad de luz blanca desde una zona pequeña de una pantalla de televisión en relación con una onda de televisión, es la parte que contiene la información sobre brillo.

**M**

**MICROONDAS**

Frecuencias altas (300 MHz a 300 GHz) con longitudes de onda menores a 1 metro, opera en las bandas UHF, SHF, EHF.

**MODULACIÓN**

Se define como el proceso de colocar la información contenida en una señal electrónica de baja frecuencia en una señal de alta frecuencia, a la señal de baja frecuencia se le denomina señal moduladora y la de alta frecuencia se le denomina portadora.

**MODULACIÓN DE AMPLITUD**

Método para insertar una señal de una onda portadora variando la amplitud de esta última.

**MODULACIÓN DE FRECUENCIA**

Método para insertar una señal en una onda portadora variando la frecuencia de la onda.

**MODULACIÓN DE FASE (PM)**

Método de modulación en la cual la amplitud de la portadora permanece constante, mientras que su fase varía con la amplitud de la señal moduladora.

**MODULACIÓN CRUZADA**

Es un tipo de intermodulación debido a la modulación portadora de una señal por una onda de señal indeseada.

**MULTIPLEXIÓN**

Técnica que emplea un canal para obtener dos o más canales de transmisión, éstos se pueden conseguir por una división de la banda de frecuencias que se transmiten por el canal, las frecuencias pasan a una banda más estrecha y constituyen un canal de transmisión (multiplexión por división de frecuencia), o bien se emplea un canal para constituirlo por distribuciones intermitentes (multiplexión por división del tiempo). Además de la técnica existe un dispositivo que se llama multiplexor. Este equipo toma un determinado número de canales de comunicación y combina las señales en un canal común, de tal forma que las señales pueden extraerse de nuevo por un demultiplexor; éste permite transmitir o recibir simultáneamente señales de dos o más usuarios, compartiendo el mismo canal de transmisión.

## **N**

### ***NTSC (National Television Standards Committee)***

Sistema de televisión a colores, desarrollado bajo el auspicio del NTSC (Comité Nacional de Normas para la Televisión) de EUA, que toma en cuenta la compatibilidad entre la recepción monocromática y la recepción a colores. está basado en el sistema de 525 líneas por 60 campos utilizado para la difusión de señales de televisión en EUA y algunos países americanos como México. Los demás sistemas de televisión a color se han originado en gran medida como modificaciones de este sistema.

## **O**

### ***OHMS***

Unidad de medición de la resistencia eléctrica, equivalente a la resistencia en la cual el potencial de un voltio mantiene corriente de un amperio. Su símbolo es  $\Omega$ .

### ***ONDA DE RADIOFRECUENCIA***

Frecuencia a la cual la radiación de energía electromagnética es útil para las comunicaciones, el rango comprendido es superior a las frecuencias acústicas, pero inferior a la de la luz y el calor.

### ***ORBITA***

La trayectoria descrita por un satélite en torno a un cuerpo mayor, por lo general la tierra.

### ***ORBITA DE TRANSFERENCIA***

Órbita en la que se sitúa primeramente un satélite antes de llevarlo a su órbita final.

## **P**

### ***PATRÓN DE RADIACIÓN***

Diagrama polar o grafica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares.

### ***PERDIDAS***

Medida del grado en que disminuye la amplitud de una señal al pasar por un sistema.

### ***PERDIDAS POR INSERCIÓN***

Es la relación de la potencia de salida de un filtro con la potencia de entrada para las frecuencias que caen dentro del filtro pasa-bandas.

**PERIODO**

Tiempo requerido para que un ciclo completo de una serie de eventos repetidos regularmente se complete.

**PERDIDAS POR ABSORCIÓN**

Pérdida de calidad en la transmisión de una señal, ocasionada por impurezas o imperfecciones en la parte central o núcleo del cable. Es la disipación de energía que sufre un circuito o línea de transmisión por efecto de acoplamiento con otros circuitos o conductores próximos.

**PERIGEO**

El punto más próximo de la tierra de la órbita, por ejemplo la luna, un planeta o un satélite artificial una órbita geostacionaria es circular por lo tanto no tiene perigeo.

**PRECIPITACIÓN PLUVIAL**

Humedad procedente de la atmósfera, que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la Tierra. Las comunicaciones se ven afectadas por los fenómenos atmosféricos como la lluvia, en el caso de las comunicaciones vía satélite en la banda Ku.

**PIRE (POTENCIA ISOTRÓPICA RADIADA EFECTIVAMENTE)**

Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia en relación con una antena isotrópica (ideal, radiando en todas direcciones) en una dirección dada.

**POLARIZAR (POLARIZACIÓN)**

Acción y efecto de hacer que la forma en que se propaga una onda electromagnética varíe en cuanto a la dirección de los vectores eléctrico y magnético. El campo eléctrico determina la forma en que se propaga una onda electromagnética, ya sea vertical u horizontal.

**POLARIZACIÓN DE ENLACES ASCENDENTES Y DESCENDENTES**

Polaridad es la propiedad que presentan los elementos activos de un circuito al entrar en operación y pasar por ellos una corriente eléctrica con un voltaje positivo (polaridad positiva) o bien negativo (polaridad negativa).

Polarización es el 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. También es la propiedad de una onda electromagnética que describe la dirección del vector campo eléctrico. Es la acción y efecto de hacer que el movimiento ondulatorio que esta en un solo plano perpendicular a la dirección de la onda electromagnética del rayo luminoso; varíe de los vectores (eléctrico y magnético) de una radiación electromagnética a una dirección particular.

**PORTADORA**

Onda de radio de una sola frecuencia que lleva impresa en ella una banda de frecuencias moduladoras (la banda base).

**POTENCIA ELÉCTRICA**

En un circuito eléctrico, es aquella que suministra una potencia para desarrollar un trabajo y va relacionado con el voltaje, la corriente y la resistencia. La energía es la capacidad para hacer un trabajo, y se mide en las mismas unidades que el trabajo, kilogramos-metro.

La energía puede estar almacenada en un cuerpo y se entrega cuando el objeto desarrolla un trabajo. La potencia eléctrica se designa comúnmente con las unidades watt o kilowatt de la carga de un circuito.

**PUNTO FOCAL**

Punto donde se concentra la mayor captación de ondas electromagnéticas reflejadas por un plato reflector y justo en este punto se coloca el LNB.

**PVC**

Material plástico que no es 100% originario del petróleo, contiene 57% de cloro (derivado del clorato de sodio-sal de cocina) y 43% de petróleo. Por sus características físicas y químicas se utiliza como material aislante y es resistente a la corrosión, por lo que tiene múltiples aplicaciones.

**R****RADIOENLACE**

Es cualquier interconexión en terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas radioeléctricas.

**RADIOENLACE FIJO**

Sistema de comunicación entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de transmisión de información con características de disponibilidad y calidad determinada.

**RADIOENLACE MÓVIL**

Un radioenlace móvil es cuando una de sus terminales no tienen una posición fija.

**RADIOFRECUENCIA**

La frecuencia que es relativamente alta para radiarse de manera eficiente, por una antena y propagarse por el espacio libre.

**RELACIÓN SEÑAL / RUIDO**

Método de indicación de la intensidad de una señal comparada con el ruido que la acompaña, expresada por lo general en decibelios.

**REPETIDOR**

Es un amplificador u otro dispositivo que recibe señales débiles y suministra señales más fuertes, con o sin reforma de la onda, puede ser repetidor de una o dos vías.

Dispositivo electrónico para retransmisión automática o la amplificación de una señal.

**REPETIDOR REGENERATIVO**

Es un repetidor que regenera los impulsos para devolver la forma original de una señal de impulso utilizada en circuitos teletipo y código. Cada elemento de código es reemplazado por un nuevo elemento de código con temporización, forma de onda y magnitudes determinadas.

**RUIDO**

Es la perturbación eléctrica o sonido indeseado que surge de la naturaleza y tiende a interferir la recepción normal o el proceso de una señal deseada.

Toda señal eléctrica o de audio no deseada que acompaña a la señal transmitida, sin que sea relevante para ella.

**RUIDO TÉRMICO**

Ruido térmico generado por la agitación de los electrones debido al calor.

**S****SECAM**

Séquentiel À Mémoire, sistema de televisión de 819 líneas / 50 hertz utilizado en Francia, Luxemburgo y Mónaco.

**SEÑAL**

Conjunto de ondas propagadas a lo largo de un canal de transmisión y que sirven para actuar sobre un dispositivo receptor, por sentido general ha de entenderse el campo de las telecomunicaciones.

**SEÑAL ABIERTA**

Conjunto de ondas que se propagan por un canal de transmisión, las cuales conducen señales de video y audio, que puede captar cualquier aparato receptor, sin necesidad de aparato decodificador, un ejemplo de este tipo de señal es la televisión convencional comercial.

**SEÑAL ASCENDENTE**

Señal que se propaga desde una antena transmisora terrestre hacia el satélite.

**SEÑAL DESCENDENTE**

Señal que se propaga desde el satélite hacia una antena receptora en la Tierra.

**SEÑAL DE RF**

Frecuencias donde es posible la radiación electromagnética.

**SCPC (Single Channel Per Carrier)**

Enlace monocanal por corriente portadora, término referido a los enlaces de voz analógicos, en los cuales es modulada una sola señal por portadora. Este canal puede ser objeto de diversas formas de tratamiento. Los sistemas SCPC típicos utilizan modulación de frecuencia.

**SINCRONIZACIÓN**

La adaptación o sincronización precisa de dos señales.

***SOBREMÓDULACIÓN***

Fenómeno que ocurre en un sistema cuando el valor pico de la señal moduladora es mayor que el valor pico necesario para una modulación de 100%.

***SUBPORTADORA***

Es una portadora que es aplicada como frecuencia moduladora para modular otra portadora con una frecuencia más elevada.

***T******TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)***

Técnica de modulación con que se lanzan las señales al satélite. La complementación de esta técnica con la de acceso múltiple de asignación por demanda permite el establecimiento de la comunicación satelital completa del usuario al satélite y su compatibilidad la establece el hecho de que las dos técnicas son múltiples.

***TEMPERATURA DE RUIDO***

Temperatura provocada por el ruido térmico. Cuando esta afecta a un rango de frecuencias dado, el poder del mismo es proporcional a la temperatura absoluta y al rango de frecuencias en cuestión. La temperatura de ruido está referida a la salida de la antena receptora de la estación terrena que corresponda a la potencia de ruido de radiofrecuencias que produce el ruido total observado en la salida del enlace por satélite, con exclusión del ruido debido a las interferencias provocadas por los enlaces adyacentes que utilizan otros satélites y por los sistemas terrestres. Es la temperatura en grados Kelvin a la que tendrá que elevarse a la fuente de ruido para producir la misma salida de ruido que el propio sistema.

***TELEMETRÍA***

Toma de lectura desde un instrumento de medición a distancia, por lo general a través de un enlace de radio.

***TRAMA***

Patrón de líneas de exploración en una pantalla de televisión.

***TREALING EDGE***

Margen de entrada, al terminar la supresión del haz, dentro de la sincronía horizontal, se inicia el aceleramiento des este, hasta iniciar el Breezeway, que es el inicio del back porch.

***V******VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN***

La velocidad de transmisión de las ondas electromagnéticas, tanto en el aire como en el vacío es de 300, 000 kilómetros por segundo y se denomina como la velocidad de la luz.

***VIDEO***

Termino latín significa "yo veo" utilizado en radiodifusión de imágenes de televisión, una forma de onda de video está en la banda de frecuencias que representan la salida de una cámara de televisión.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

- ➔ Programa de formación integral para el conocimiento, instalación, uso y mantenimiento de la red Edusat  
SEP-DGTVE  
México 2003
- ➔ Cálculo de enlace Satelital  
Alva Vargas, Olivia Alejandra  
SEP-DGTVE-CETE  
México 2006
- ➔ Digital Video Procesing  
A. Mural Tekalp  
Prentice Hall PTR, 1995
- ➔ Microonda digital, curso de ingeniería de Transmisión  
Aguilar Márquez, Roberto  
JICA, 1990
- ➔ The complete wireless communication profesional: guide for engineers and managers  
Webb, William  
Artech House Inc. 1999
- ➔ Introduction to digital communication  
Zeimer, Rodger E.  
Prentice Hall, 2001
- ➔ Fundamentos de la técnica de video, audio y vtr digital  
CETE-JICA-SEP UTE  
México 1994
- ➔ Comunicaciones digitales  
Tomasi, W.  
Prentice-Hall, Hispanoamericana  
México
- ➔ Satélites de comunicación (Inicio de una nueva era)  
Ploman, Edward  
Gustavo Gill S.A.  
México 1985
- ➔ Satélites de comunicación  
Neri Vela, Rodolfo  
México
- ➔ Los satélites de comunicación  
García Ruiz de Angulo, Juan J.  
Marcombo  
España
- ➔ Satellite communication systems  
Maral, G.  
Wiler John and Sons  
Great Britain
- ➔ Curso de señal digital  
DGTVE-CETE

- ➔ Curso de Cyb de televisión  
DGTVE-CETE  
Curso de Enlace satelital, CETE-DGTVE
- ➔ Curso Sobre Televisión Digital  
Pareja, Emilio  
IRTVE
- ➔ Testing Digital Video  
Hewlett Packard
- ➔ Manual GIGASAT  
FVE-140 Encoder/Modulador Unit  
England 2006
- ➔ Manual GIGASAT  
FA-180 1.8m Antenna System Manual  
England 2006
- ➔ Manual de producción de Televisión  
Peñaflor Valdez Neftalí. Rivero López Néstor  
SEP-UTE-JICA-CETE  
México
- ➔ La cámara de televisión  
Cervera, Héctor, Infante, Miguel  
SEP-DGEA
- ➔ La televisión, teoría y práctica  
González T. José  
Alhambra
- ➔ Operación de cámaras de televisión  
Oi, Masao. Santamaría, Arturo  
SEP-UTE-JICA-CETE
- ➔ Producir en video  
Beauvais, Daniel  
Video tiersmonde, inc.
- ➔ Digital Television Broadcasting Forum  
UER, Praga
- ➔ Apuntes breve introducción a la televisión digital, DGTVE
- ➔ Apuntes estándares en colorimetría, DGTVE
- ➔ Apuntes compresión digital, DGTVE
- ➔ Apuntes características del NTSC, DGTVE
- ➔ Apuntes Fundamentos y mediciones, DGTVE-TEKTRONIX
- ➔ Apuntes sistema MPEG, DGTVE
- ➔ Apuntes sistema MPEG, II DGTVE
- ➔ Apuntes sistema DVB, DGTVE
- ➔ Apuntes de comunicaciones digitales
- ➔ Apuntes de radio, microondas y satélites
- ➔ Apuntes de filtrado y modulación
- ➔ Apuntes de teoría electromagnética
- ➔ Prácticas de comunicaciones digitales  
ENEP Aragón, México

**INTERNET**

- ➔ [www.dgtve.com.mx](http://www.dgtve.com.mx)
- ➔ [www.satmex.com](http://www.satmex.com)
- ➔ [www.tektronix.com/video\\_audio](http://www.tektronix.com/video_audio)
- ➔ [www.gigasat.com](http://www.gigasat.com)
- ➔ [www.tele25.com/antenas\\_parabolicas.htm](http://www.tele25.com/antenas_parabolicas.htm)
- ➔ [www.spaceandtech.com](http://www.spaceandtech.com)
- ➔ <http://et.nmsu.edu/~etti/spring97/communications/nsn/linkbudget.html>
- ➔ [es.wikipedia.org/wiki/DVB](http://es.wikipedia.org/wiki/DVB)
- ➔ [www.metzlerbros.org/dvb](http://www.metzlerbros.org/dvb)
- ➔ [www.dvb.org](http://www.dvb.org)
- ➔ [www.mpegif.org](http://www.mpegif.org)
- ➔ [www.satelliteinfos.com/satelites](http://www.satelliteinfos.com/satelites)
- ➔ [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- ➔ [mx.encarta.msn.com](http://mx.encarta.msn.com)
- ➔ [www.asercom.com.mx](http://www.asercom.com.mx)
- ➔ [www.sonicolor.es](http://www.sonicolor.es)
- ➔ [www.eveliux.com/fundatel/decibel.html](http://www.eveliux.com/fundatel/decibel.html)
- ➔ [www.geocities.com/coaxiales/velocidaddepropagacion.htm](http://www.geocities.com/coaxiales/velocidaddepropagacion.htm)
- ➔ [http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara\\_de\\_Televisi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_de_Televisi%C3%B3n)
- ➔ [recursos.cnice.mec.es/media/televisión](http://recursos.cnice.mec.es/media/televisión)
- ➔ <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/c03/c031/circulosa3/publicaciones/publicacionesexternas/satelites.htm>
- ➔ [www.serfin.com/castella/parabolica.htm](http://www.serfin.com/castella/parabolica.htm)
- ➔ [www.teltelematica.freesevers.com/VSAT.htm](http://www.teltelematica.freesevers.com/VSAT.htm)
- ➔ <http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/apuntes/comu3/capitulo5home.htm>
- ➔ [www.ciberhabitad.gob.mx/medios/satelites/artificiales/anatomia.htm](http://www.ciberhabitad.gob.mx/medios/satelites/artificiales/anatomia.htm)
- ➔ [www.ciberhabitad.gob.mx/medios/satelites/artificiales/tipos.htm](http://www.ciberhabitad.gob.mx/medios/satelites/artificiales/tipos.htm)
- ➔ [www.ciberhabitad.gob.mx/medios/satelites/artificiales/aplicaciones.htm](http://www.ciberhabitad.gob.mx/medios/satelites/artificiales/aplicaciones.htm)
- ➔ <http://eveliux.com/fundatel/mguiaonda.html>

---

## ACRÓNIMOS

ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation, Modulación por Pulso Adaptativo Diferencial
AM	Amplitud Modulation
ASK	Amplitud Shift Keying
BER	Bit Error Rate
BPSK	Binary Phase-Shift Keying
BSS	Broadcacasting Satellite Service
CCD	Charge Couple Device, dispositivo de acoplamiento de carga
CDMA	Code Division Multiple Access
C/N	Carrier Per Noise Relation
DAMA	Demand Assigment Multiple Access
DBS	Direct Broadcast Satellite, Satélites de Emisión Directa
DMA	Demand Multiple Access
DQPSK	Diferential Quadrature PSK
DS	Direct Sequence
DSI	Digital Speech Interpolation
DTH	Direct To Home Television Distribution
DVB	Digital Video Broadcasting
FDM	Frecuency Division Multiplexing
FDMA	Frecuency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FI	Frecuencia Intermedia
FM	Frecuency Modulation
FSK	Frecuency Shift Keying Modulation
FSL	Free Space Losses
FSS	Fixed Service Satellite, Servicio fijo por satélite
GEO	Geostacionary Orbit
GPS	Global Positioning System
HF	High Frecuency
HPA	High Power Amplifier
HDTV	Home Direct TV
IR	Infrarrojo
INMARSAT	Internatonal Maritime Satellite Organization
INTELSAT	International Telecommunication Satellite Organization
ISDN	Integrated Services Digital Network
KHz	Kilo Hertz
LEO	Low Earth Orbit
LF	Low Frecuency
LNA	Low Noise Amplifier
LRE	Low Rate Encoding
LSI	Large Scale Integret
MCPC	Multiple Channel Per Carrier
MEO	Medium Earth Orbit
MF	Medium Frecuency

MHz	Mega Hertz
NTSC	National Television Standards Committee
PAM	Pulse Amplitud Modulation
PCM	Pulse Code Modulation
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
PM	Phase Modulation
PSK	Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitud Modulation
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying
RF	Radiofrecuencia
SCPC	Single Channel Per Carrier
SHF	Super High Frecuency
SSPA	Solid State Power Amplifier
TDMA	Time Division Multiple Access
TVRO	Television Receive Only
TWT	Traveling Wave Tube
UHF	Ultra High Frecuency
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
VF	Voice Frecuency
VHF	Very High Frecuency
VSAT	Very Small Aperture Terminal