

**UDS**

**LIBRO**

COMUNICACIONES

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

TERCER CUATRIMESTRE

MAYO - AGOSTO

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### Antecedentes históricos

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor Manuel Albores Salazar con la idea de traer educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tardes.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en julio de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró en la docencia en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de cobranza en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

### **Misión**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Visión**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra plataforma virtual tener una cobertura global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

### **Valores**

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## Escudo



El escudo del Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

## Eslogan

“Mi Universidad”

## ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

## Comunicaciones

---

### Objetivo de la materia:

Conocerá los principios básicos del funcionamiento de los sistemas de comunicación, como líneas de transmisión, antenas, transmisores y receptores con el propósito de promover el interés por el estudio en este campo de la ingeniería.

## UNIDAD I

### LINEAS DE TRANSMISION

- I.1.- Características de una línea de transmisión uniforme.
  - I.1.1.- Modelo matemático de una línea uniforme.
  - I.1.2.- Concepto de línea uniforme.
  - I.1.3.- Postulados.
- I.2.- Expresión para la tensión en una línea uniforme en función de la distancia.
- I.3.- Expresión para la corriente en una línea uniforme en función de la distancia.
  - I.3.1.- Comportamiento de las ondas de tensión y de corriente propagadas en líneas de transmisión.
  - I.3.2.- Coeficiente de atenuación en las líneas de transmisión uniforme.
  - I.3.3.- Factor de fase.
  - I.3.4.- Longitud de onda.
- I.4.- Velocidad de fase.
- I.5.- Impedancia característica de una línea de transmisión.
- I.6.- La impedancia característica en función de los parámetros distribuidos de la línea.
  - I.6.1.- Para baja frecuencia.
  - I.6.2.- Para media frecuencia.
  - I.6.3.- Para alta frecuencia.
- I.7.- Señales reflejadas en una línea de transmisión uniforme.
- I.8.- Impedancia en la línea de transmisión.

## UNIDAD II

### LINEA

- 2.1.- Patrón de onda estacionaria de tensión para líneas terminadas en:
  - 2.1.1.- Circuito abierto.
  - 2.1.2.- Corto circuito.
  - 2.1.3.- Líneas desacopladas.
  - 2.1.4.- Líneas acopladas.
- 2.2.- Acoplamiento de línea de transmisión uniforme.

2.3.- Acoplamiento de líneas de transmisión con las cargas, utilizando:

2.3.1.- Espolón en serie terminado en corto circuito.

2.3.2.- Espolón en serie terminado en circuito abierto.

2.3.3.- Espolón en paralelo terminado en corto circuito.

2.3.4.- Espolón en paralelo terminado en circuito abierto.

## **UNIDAD III**

### **TÓPICOS DE COMUNICACIONES**

3.1.- Antenas

3.2.- Funcionamiento de una antena dipolo.

3.3.- Simple.

3.4.- Con elementos director y reflector.

3.5.- Patrón de radiación de una antena con polarización.

3.5.1.- Vertical.

3.5.2.- Horizontal.

3.6.- Ganancia de una antena.

3.7.- Sistemas de radio.

3.7.1.- Radio de AM.

3.7.2.- Modulación.

3.7.3.- Demodulación.

3.8.- Antenas más comúnmente usadas.

3.9.- Microondas y radar.

3.10.- Generadores de microondas.

3.10.1.- Guías de onda.

3.10.2.- Frecuencias de operaciones.

3.10.3.- Sistema de radar.

## **UNIDAD IV**

### **TELEVISIÓN EN BLANCO Y NEGRO Y A COLOR**

4.1.- Funcionamiento de receptor.

4.2.- Señal de video.

4.3.- Señal de audio.

4.4.- Pulso de sincronía.

4.5.- Funcionamiento del receptor.

4.5.1.- Audio.

4.6.- Como se produce la imagen en la pantalla.

4.6.1.- Satélite.

4.7.- Características generales.

4.8.- Satélite.

4.9.- De un satélite puesto en orbita.

4.10.- Rango de funcionamiento.

4.11.- Telecable.

4.12.- Funcionamiento.

4.13.- Formas de acoplamiento.

4.14.- Rango de frecuencia en operación.

## UNIDAD I

### LINEAS DE TRANSMISION

#### I.1.- Características de una línea de transmisión uniforme.

Una guía de ondas es un dispositivo que se usa para transportar energía electromagnética y/o información de un sitio a otro. Generalmente se usa el término línea de transmisión a la guía de ondas usada en el extremo de menor frecuencia del espectro. A estas frecuencias es posible utilizar un análisis cuasiestático. Para frecuencias más elevadas la aproximación cuasiestática deja de ser válida y se requiere un análisis en términos decampos, que es de mayor complejidad.

Podemos pensar a una línea de transmisión básica como un par de electrodos que se extienden paralelos por una longitud grande (en relación con la longitud de onda) en una dada dirección. El par de electrodos se hallan cargados con distribuciones de carga (variables a lo largo de la línea) iguales y opuestas, formando un capacitor distribuido. Al mismo tiempo circulan corrientes opuestas (variables a lo largo de la línea) de igual magnitud, creando campo magnético que puede expresarse a través de una inductancia distribuida. La potencia fluye a lo largo de la línea. Los ejemplos más importantes de líneas de transmisión son el par bifilar, el coaxil y la microcinta.

Para usar un modelo cuasiestático se representa a la línea como una cascada de cuadripolos. Cada cuadripolo representa un tramo de línea de pequeña longitud frente a la mínima longitud de onda de la señal. Por lo tanto cada tramo se puede modelizar como un circuito usando la aproximación

cuasiestática, como veremos en la siguiente sección. Este modelo se conoce como modelo de constantes distribuidas. Esta descripción corresponde a una línea bifilar. En muchas aplicaciones es necesario considerar líneas multifilares, como por ejemplo en circuitos impresos e integrados. Para el análisis circuital es necesario usar coeficientes decapacidad/inducción e inductancias parciales.

La energía electromagnética puede ingresar a una línea de transmisión en forma de excitación concentrada o distribuida. Las fuentes concentradas se aplican en un punto determinado de la línea y la señal se propaga por la línea desde allí. Se simula este tipo de excitación mediante fuentes de tensión y/o corriente conectadas en el sitio de ingreso de la excitación (por ejemplo, la conexión de la línea a otro circuito).

En el caso de una fuente distribuida la excitación se distribuye a lo largo de la línea. Se simula esta situación mediante una onda, habitualmente plana, que ilumina a la línea en toda o parte de su extensión.

Una dada excitación puede generar distintas respuestas de la línea. En la figura se esquematiza una fuente concentrada en un punto de una línea cargada en ambos extremos.

Esta fuente produce corrientes a lo largo de la línea que pueden representarse como la superposición de corrientes en modo común (modo de antena) y corrientes en modo diferencial (modo de línea de transmisión).

La circulación de corrientes variables en el tiempo produce emisión de radiación electromagnética,

como hemos visto en el Capítulo introductorio. En el modo de antena las corrientes circulan en el mismo sentido en ambos conductores, lo que refuerza los campos individuales radiados, mientras que en el modo de línea las corrientes tienen sentidos opuestos y la radiación neta es baja. Por este motivo es importante analizar el comportamiento de radiación de líneas para estimar la posible interferencia por radiación. Este fenómeno no se observa en los circuitos de parámetros concentrados ya que la eficiencia de radiación de tramos cortos de corriente (comparados con la longitud de onda de los campos) es muy baja.

### I.1.1.- Modelo matemático de una línea uniforme.

En una línea de transmisión hay dimensiones, las transversales, que cumplen la condición cuasiestática ( $D \ll \lambda$ ), pero la otra dimensión (longitudinal) habitualmente no la cumple. Sin embargo, podemos ver a la línea como una sucesión o cascada de cuadripolos de longitud infinitesimal y para cada uno de ellos usar un modelo circuital, cuyos parámetros descriptivos son las tensiones y corrientes a la entrada y salida, ya que las dimensiones del cuadripolo satisfacen la condición cuasiestática.

Elegimos la dirección del eje cartesiano  $z$  a lo largo de la línea. Cada tramo de longitud  $dz$  a lo largo de la dirección  $z$  puede asociarse a un cuadripolo, como se esquematiza en la figura.

Asumimos en esta sección que la línea no presenta pérdidas de energía (línea ideal). En tal caso los conductores de la línea serán perfectos ( $\sigma \rightarrow \infty$ ) y el dieléctrico entre ellos tampoco tendrá pérdidas.

Las cargas y corrientes en los conductores crearán campos eléctricos y magnéticos cuya energía almacenada puede modelizarse por componentes reactivos puros: capacidad e inductancia. La capacidad está asociada al campo eléctrico creado por las cargas en los conductores de la línea y la inductancia al campo magnético generado por las corrientes que circulan por ella. Nos queda así el cuadripolo de la figura, donde  $Ldz$  es la inductancia del tramo y  $Cdz$  su capacidad.

Podemos aplicar ahora las leyes de Kirchhoff a este modelo cuasiestático. La primera ley, aplicada al nodo A lleva a:

$$i(z + dz) - i(z) + Cdz \left. \frac{\partial v}{\partial t} \right|_z = 0$$

donde el último término representa la corriente que sale de A por el capacitor. Pero, a primer orden:

$$i(z + dz) - i(z) \approx \left. \frac{\partial i}{\partial z} \right|_z dz \quad \Rightarrow \quad \left. \frac{\partial i}{\partial z} \right|_z \approx -C \left. \frac{\partial v}{\partial t} \right|_z$$

Análogamente, si aplicamos la segunda ley de Kirchhoff recorriendo la malla formada por el cuadripolo en sentido antihorario, tenemos:

$$v(z + dz) + Ldz \left. \frac{\partial i}{\partial t} \right|_z - v(z) \approx 0$$

de donde se obtiene, nuevamente a primer orden:

$$\left. \frac{\partial v}{\partial z} \right|_z \approx -L \left. \frac{\partial i}{\partial t} \right|_z$$

En resumen:

$$\left. \frac{\partial i}{\partial z} \right|_z = -C \left. \frac{\partial v}{\partial t} \right|_z \quad \left. \frac{\partial v}{\partial z} \right|_z \approx -L \left. \frac{\partial i}{\partial t} \right|_z$$

Estas dos ecuaciones diferenciales ligadas para la tensión y la corriente a la entrada del cuádrupolo son las llamadas ecuaciones del telegrafista para la línea ideal.

Con el fin de analizar el significado de estas ecuaciones nos conviene desacoplar las ecuaciones diferenciales, para lo cual derivamos la primera respecto del tiempo y la segunda respecto de  $z$ :

$$\frac{\partial^2 i}{\partial z \partial t} = -C \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = -L \frac{\partial^2 i}{\partial t \partial z}$$

Donde se ha sobreentendido que las cantidades se calculan en  $z$ . Pero las derivadas cruzadas son iguales, de manera que nos queda:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - LC \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0$$

Esta ecuación diferencial para la tensión  $v(z,t)$  se denomina ecuación de ondas o ecuación de D'Alembert. Es una ecuación diferencial lineal homogénea a derivadas parciales, cuya solución es cualquier función del tipo:

$$v(z,t) = f(z \mp ct) \quad \text{con} \quad c = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Esta función representa una onda que se propaga a lo largo del eje  $z$  con velocidad  $c$ , de comportamiento similar a las ondas en una cuerda vibrante.

Si se toma el signo (-) de la doble determinación, la onda se propaga en el sentido de  $+z$  (onda progresiva), mientras que si se toma el signo (+) la propagación es según  $-z$  (onda regresiva). Se obtiene una ecuación idéntica para la corriente  $i(z,t)$  a lo largo de la línea.

### 1.1.2.- Concepto de línea uniforme.

Las líneas de comunicación "CIRCUITOS" por las que viaja la información, estas líneas se arriendan a una portadora común como Bell Telephone System en Estados Unidos o Telmex en México, así una portadora común es una empresa reconocida por la FCC (Comisión de Comunicaciones Federales) proporcionando servicio a usuario individual o grupo organizacional. La clasificación de los circuitos en los servicios de transportación pública son:

- **Banda Angosta:** con velocidades desde 150 bps para operaciones de teletipo a baja velocidad.
- **Grado de voz:** con velocidad desde 9600 bps, altamente usado para comunicación de datos permitiendo punto a punto o multipunto a menor velocidad
- **Canales de banda:** Derivados de la combinación de grupos de banda de voz. Admiten velocidades desde 19.2 hasta 230.4 Kbps.
- **Servicios digitales:** (DDS Dataphone Digital Services) Introducidos por Bell en el '74 y disponibles en muchos lugares garantizando una baja tasa de error y alta velocidad de transporte. Otro aspecto que se toma en las líneas de comunicación se relaciona con la cantidad de cables (HDX: 2 ; FDX: 4) así como la interacción de los mensajes u operación, donde HDX se refiere a dos vías alternas (TWA Two Way Alternate) y FDX a dos vías simultáneas, (TWS Two Way Simultaneous).

La conectividad de área extensa (WAN) ha experimentado un avance significativo, la mayor parte de las conexiones eran de naturaleza asincrónica o punto a punto. Las conexiones de línea punto a punto se utilizaron para controladores de agrupamiento, grandes computadoras, minicomputadoras y emulación de terminal, aunque estas conexiones todavía existen están siendo reemplazadas por conectividad par a par con diversos enlaces de telecomunicación. Se dispone de un amplio espectro de opciones de telecomunicación para formular una WAN incluyendo asincrónica, síncrona, conmutada 56, ISDN, punto a punto digital dedicada (9600-T3), X.25, Retransmisión de trama, Servicio de conmutación de datos multimegabit (SMDS Switched Multimegabit Data Service) y Modo de transferencia asincrónica (ATM).

La aplicación de estas soluciones se puede dividir en tres categorías:

- **Conmutación Asíncrona:** tiene la tasa de error más elevada con rendimiento inferior, pero es la de más movilidad permite, he agrupado a X.25 como una solución asíncrona porque es probablemente el uso más común que se le da hoy en día, a diferencia de las soluciones de conexión directa, X.25 esta considerado uno de los métodos más fiables del mundo, el punto débil va desde el equipo del usuario hasta el enlace local.
- **Las redes digitales punto a punto:** permiten tasas de transferencia elevada común número mínimo de errores y están disponibles casi en todas las localidades, casi todas las compañías telefónicas ofrecen este servicio, en las conexiones punto a punto todos los datos atraviesan la misma ruta entre los dos lugares enlazados. Estos circuitos suelen ser las líneas T1 fraccionario T2 y T3
- **La tecnología digital de conmutación de paquetes:** se introduce al público en los 90'S y se encuentra disponible en muchas partes, estos servicios ofrecen conectividad a alta velocidad que demandan las redes actuales. La ISDN Retransmisión de trama, SMDS y ATM son las respuestas para cumplir con los requisitos de multimedia que se hacen populares en las redes. Se dispone de conmutación digital de paquetes para conseguir altas velocidades a expensas de la corrección de errores y utilizando la tecnología más reciente para el transporte físico.

La conectividad en un área local (LAN) se basa a través de cables dividiéndose en dos formas de transmisión por :

## CONDUCCIÓN

- **CABLE TELEFÓNICO UTP/STP:** El cable telefónico esta formado por 2 alambres que se encuentran aislados y torcidos. El par torcido esta protegido por una capa exterior aislada llamada Jacket.

## VENTAJAS

- Tecnología conocida
  - Fácil y rápido de instalar
  - Compatible con ETHERNET, TRN( Mbps) y STARLAN
  - Ancho de banda de 10 Mbps
  - Distancia hasta de 110 mts.
  - Muy económico (buena relación de precio /rendimiento)
  - Regular tolerancia a interferencias debidas a factores ambientales
- **CABLE COAXIAL:** El cable coaxial está compuesto de un alambre (un conductor) cubierto por una placa que actúa como tierra. El conductor y la tierra están separados por un aislante, con todo el cable protegido por un Jacket aislante en la parte exterior.

El cable coaxial puede ser de varios tipos y anchos. El cable coaxial más grueso transporta una señal a distancias más largas que el cable delgado. El cable grueso es más caro y menos flexible.

## VENTAJAS

- Transmite voz, video y datos
- Se instala fácilmente
- Es compatible con ETHERNET y ARCNET
- Ancho de banda de 10 Mbps
- Distancias hasta de 600 mts sin necesidad de repetidores
- Buena tolerancia de interferencias debidas a factores ambientales.

## CONVECCION

- **FTBRA OPTICA:** es utilizada para grandes distancias y altas capacidades de aplicaciones de comunicación y especialmente cuando el ruido y la interferencia eléctrica son importantes.

Un cable de fibra óptica consiste en una fibra muy delgada hecha de 2 tipos de vidrio, una para la parte interior y otra para la exterior. Los 2 vidrios tienen diferentes índices de

refracción. Esta combinación previene que la luz penetre por una parte de la fibra hasta la parte exterior. La fibra está protegida por una placa para darle mayor integridad estructural.

## VENTAJAS

- Aplicaciones de alta velocidad
- No genera señales eléctricas o magnéticas
- Inmune a interferencias y relámpagos
- Puede propagar una señal, sin necesidad de un amplificador, a distancias muy largas.
- Ancho de banda de 200 Mbps
- Compatibilidad con ETHERNET, TRN (16 Mbps) y FDDI
- Excelente tolerancia a factores ambientales
- Ofrece al mayor capacidad de adaptación a nuevas normas de rendimiento

## CARACTERISTICAS

- Transmisión Digital (50 )

Cobertura <10 Km

- Transmisión analógica (75 )

Cobertura <50 Km

- Alto costo

### 1.1.3.- Postulados.

Es el equipo encargado de adaptar la señal digital de un equipo informático a una línea telefónica, para ello convierte la señal digital en señal analógica mediante algún tipo de modulación, enviando esta señal a través de la línea al receptor, donde otro módem realizará la función contraria.

El módem puede ser interno o externo. Las funciones principales de un módem son:

- Convertir una señal digital a analógica
- Convertir la señal analógica recibida en digital

- Detectar errores de transmisión
- Corregir defectos de la línea mediante circuitos compensadores

De forma global un módem está constituido por dos tipos de circuitos.

- **Circuitos de transmisión:** Son los encargados de recibir la señal digital del equipo informático, producir la señal portadora por medio de un oscilador y modular sobre ella la señal digital enviándola a la línea tras pasarla por circuitos que adaptan la señal a la línea telefónica correspondiente.

- **Circuito de recepción:** Son los encargados de recibir la señal analógica que llega a través de la línea y tras una fase de adaptación se modula obteniendo la señal digital recibida, reenviándola al equipo informático correspondiente.

## 1.2.- Expresión para la tensión en una línea uniforme en función de la distancia.

Es una condición entre 2 dispositivos, entre las más utilizadas son las siguientes:

- **RS-232C** de acuerdo a la nomenclatura norteamericana también conocida como CCITT V.24 de acuerdo a la nomenclatura internacional. Esta interfaz consiste en la disposición de 25 circuitos de intercambio con una función cada uno, se implementan en un enchufe de 25 clavijas, de corte trapezoidal (DB25) para evitar un mal acoplamiento, asegurada mediante un par de tornillos uno en cada lado. Permiten la velocidad de 20 Kbps en una distancia aproximada de 15 mts.

- **RS-449** es una norma que reemplaza el RS-232C para redes analógicas con aplicaciones a largas distancias y altas velocidades, se caracteriza por tener una función de circuitos de intercambio, una velocidad de 2 Mbps y una distancia de hasta 1200 mts. No es una norma completa en sí misma. Se complementa con el RS-422 y RS-423A.

- **RS-422** especifica las características eléctricas para circuitos balanceados.

- **RS-423A** especifica las características eléctricas para circuitos desbalanceados. El RS- 449 dispone de un conector de 37 clavijas, la cual puede ser vista como una ventaja importante ante el RS-232C pero también lo hace más costoso.

### **I.2.1.- Comportamiento de las redes de tensión y de corriente propagadas en líneas de transmisión.**

Esta interface a diferencia de las otras comunica en forma paralela el envío de 8 bits constituida por 36 conexiones diferentes.

#### **REDES**

Llamaremos red local o LAN a la conexión de 2 o más computadoras en distancias cortas. En una red local cada computadora que está conectada recibe el nombre de nodo existiendo prácticamente 2 tipos: uno llamado servidor y otro satélite.

El equipo de una red local tiene como objetivo la compartición de sus recursos como los discos duros, impresoras, equipos de comunicación, archivos y algunos otros periféricos.

**SERVIDOR** Es la computadora principal dentro de una LAN, en ella reside el NOS y tiene a su cargo el servicio de impresión, de comunicación y de archivos. El **servidor** se divide en 2 tipos:

1. **Servidor dedicado.** Es aquel equipo de cómputo que exclusivamente se utiliza para atender a otros nodos y no es usado como máquina de trabajo.
2. **Servidor no dedicado.** Al igual que el anterior es utilizado para atender a los nodos y compartir sus recursos, pero a diferencia de el puede ser usado como una estación de trabajo.

**SATELITE:** Se le llama Satélite a cualquier computadora conectada a la red y que no tenga la función del servidor, la cual permite el acceso al servidor, también se divide en 2 tipos:

**Terminal.** Está formada por un teclado y un monitor los cuales sirven como interfaz de conexión, con los cuales se capturan datos y se despliega la información, careciendo de capacidad para procesar datos y almacenarlos, se utiliza solamente si el servidor está encendido, también es llamada terminal tonta o pantalla de captura.

**Workstation.** Se le denomina de esta forma al conjunto de teclado, monitor y CPU. A diferencia de la terminal tiene la capacidad de almacenar y procesar información por sí misma y es conectada al servidor cuando requiere información adicional, pudiendo trabajar con la información que ahí reside en caso de que el servidor no esté en función. Las redes se definen por:

- Tipo de fileserver
- Protocolo de comunicación
- Topología
- Sistema Operativo (NOS)

**TIPO DE FILESERVER.** El fileserver está integrado por una computadora central, es el encargado de los recursos a compartir. Descarga tareas de la computadora central. En ella reside el NOS.

• **PROTOCOLO DE COMUNICACION.** Forma de cómo se envía la información. Diversos estándares establecidos

• **TOPOLOGIA DE RED.** Forma física como se conectan las computadoras. Existe un gran número de topologías reducidas a unos cuantos.

• **SISTEMA OPERATIVO.** Es el software base de operación. Generalmente es un Shell de otro S.O. Interrumpe llamadas de I/O para compartir.

## **CARACTERISTICAS TIPICAS DE LAS LAN**

- Altas velocidades de transmisión de datos (0.1 - 1.5 Gbps)
- Cortas distancias de 0.1 a 25 Kms.
- Bajas razones de error (10<sup>8</sup> a 10<sup>n</sup>)

Las redes pueden tener aplicaciones como por ejemplo:

### **1. Procesamiento de datos.**

- Proceso transaccional
- Transferencia de archivos
- BATCH/RJE

### **2. Automatización de oficinas.**

- Procesadores de palabras/documentos
- Correo electrónico
- Telefax

### **3. Automatización de fábricas.**

- CAD/CAM
- Control de inventarios
- Control de procesos

El concepto de servidor implica una máquina y una función. Las tres funciones más importantes son:

- **Servidor de impresión**
- **Servidor de comunicación**
- **Servidor de archivos**

Estas funciones pueden estar distribuidas entre varias máquinas o bien un solo servidor proveerlas a todas.

**SERVERIDOR DE IMPRESION.** La función principal de este servidor es:

- Proveer almacenamiento
- Compartición de archivos
- Compartición de aplicaciones

**SERVIDOR DE COMUNICACIONES.** Este se encarga de proporcionar enlaces entre diferentes ambientes de comunicación, por ejemplo:

- Conexión a una macrocomputadora o minicomputadora
- Emulación de terminales
- Conexión a redes telefónicas
- Conexión a redes publicas de transmisión de datos (TELEPAC)
- Utilización de enlace vía satélite
- Utilización de enlace de radio
- Enlace de microondas
- TELEFAX y TELEX

**SERVIDOR DE IMPRESION.** Provee servicios para la impresión de documentos con las siguientes cualidades:

- Selección de impresora (Láser, ploter, matriz, tinta, etc.)
- Manejo de cola de impresión (intercambio de posiciones, eliminación, reanudación) En los tres tipos de servidores (o sus funciones) existen herramientas para la administración de sus recursos como lo son:
- Contabilidad de recursos
- Manejo de atributos.

### **1.2.2.- Coeficiente de atenuación en las líneas de transmisión uniforme.**

Una **línea de transmisión** es una estructura material de geometría uniforme utilizada para transportar eficientemente la [energía de radiofrecuencia](#) desde un punto a otro; como puede ser de un equipo de transmisión a otro, de un transmisor a la antena, entre otras aplicaciones. Un parámetro que la define comúnmente es su [impedancia característica](#), siendo los valores más comunes 50 y 75 ohmios cuando nos referimos a un tipo particular de líneas de transmisión conocidos, en este caso, como cables coaxiales. Un ejemplo típico de 75 ohmios es el cable [RG-6](#) el cual es usado para la acometida del servicio de televisión por cable residencial.

En adelante utilizaremos la denominación de **línea de transmisión** exclusivamente para aquellos medios de transmisión con soporte físico, susceptibles de guiar ondas

electromagnéticas en modo [TEM](#) (modo transversal electromagnético). Un modo TEM se caracteriza por el hecho de que tanto el campo eléctrico, como el campo magnético que forman la onda son perpendiculares a la dirección en que se propaga la energía; sin existir, por tanto componente de los campos en la dirección axial (dirección en que se propaga la energía).

Para que existan propagación energética en modo TEM, es necesario que existan al menos dos conductores eléctricos y un medio dieléctrico entre ambos (que puede incluso ser aire o vacío). Ejemplos de líneas de transmisión son el [cable bifilar](#), el [cable coaxial](#), y líneas planares tales como la [stripline](#), la [microstrip](#)...

Cuando el modo de propagación es TEM, se pueden definir, sin ambigüedad, tensiones y corrientes, y el análisis electromagnético de la estructura (estudio de campos) no se hace imprescindible, siendo posible una representación circuital con parámetros distribuidos, tal y como aquí se trata con posterioridad.

Así podemos decir que el modelo circuital equivalente de un tramo de línea de transmisión ideal de longitud infinitesimal  $dz$  está compuesto por una bobina serie que representa la autoinducción  $L$  de la línea de transmisión por unidad de longitud (medida en H/m), y un condensador en paralelo para modelar la capacidad por unidad de longitud  $C$  de dimensiones F/m.

Cuando la línea de transmisión introduce pérdidas, deja de tener un carácter ideal y es necesario ampliar el equivalente circuital anterior añadiendo dos nuevos elementos: una resistencia serie  $R$ , que caracteriza las pérdidas óhmicas por unidad de longitud generadas por la conductividad finita de los conductores, y que se mide en  $\Omega/m$ , y una conductancia en paralelo  $G$ , con dimensiones de S/m (o  $\Omega^{-1}m^{-1}$ ), para representar las pérdidas que se producen en el material dieléctrico por una conductividad equivalente no nula, lo que da lugar al [circuito equivalente](#) de la siguiente figura:

Las ecuaciones que rigen  $V(z)$  e  $I(z)$  con dependencia armónica con el tiempo en una línea de transmisión son las siguientes:

$$V(z) = V_0^+ e^{-\gamma z} + V_0^- e^{+\gamma z}$$

$$I(z) = I_0^+ e^{-\gamma z} + I_0^- e^{+\gamma z}$$

### **1.2.3.- Factor de fase.**

### **1.2.4.- Longitud de onda.**

La frecuencia es, precisamente, lo que define a los ultrasonidos y los distingue de los sonidos. La frecuencia está muy directamente relacionada con la absorción y la atenuación del haz, de forma que, a mayor frecuencia, el ultrasonido se absorbe más rápidamente. Utilizaremos frecuencias de 0,5 a 1 MHz para tratar estructuras profundas y reservaremos las frecuencias más altas, de 2 hasta 3 MHz, para tratar piel y tejido subcutáneo.

La longitud de onda en un haz de ultrasonido es la distancia existente entre dos planos inmediatos de partículas del medio que estén en el mismo estado de movimiento. Es igual, como en cualquier otro tipo de onda, a la velocidad de propagación de la onda dividida por la frecuencia. Debemos tener en cuenta que vamos a mantener constante la frecuencia, pero la velocidad va a depender del medio que esté atravesando en ese momento, por lo que, al ser la velocidad muy variable en tejidos orgánicos, la longitud de onda también lo será.

### **1.3.- Velocidad de fase.**

La velocidad a la que los ultrasonidos se transmiten por un medio determinado depende de la densidad y de la elasticidad de dicho medio. Esta velocidad es fundamental, pues no sólo es uno de los factores que intervienen en la producción del eco, sino que además es la base para calcular la impedancia acústica, que a su vez es clave para la absorción. La velocidad de propagación de un haz de ultrasonido a través de diversas sustancias es muy variable (tabla I). Las diferencias son poco acusadas entre tejidos blandos, hígado, riñón, cerebro o plasma, cercanos todos ellos a los 1.540 m/s. En el caso del aire (343 m/s), pulmón (650 m/s) y hueso (3.500 m/s), la muy distinta velocidad de transmisión del ultrasonido significa intensos ecos. Más adelante veremos que éstos producen dificultades cuando la zona que estamos tratando nos obligue a incluirlos dentro del haz.

## I.4.- Impedancia característica de una línea de transmisión.

La impedancia acústica es una característica del medio que atraviesa el ultrasonido. Relaciona la velocidad que la partícula adquiere en el momento de su vibración y la presión a la que está sometida. La impedancia da idea de la facilidad que un determinado medio ofrece al paso de ultrasonidos a su través.

Se conoce habitualmente con la letra  $Z$  y es igual al producto de la densidad del medio por la velocidad de transmisión del ultrasonido en ese medio ( $Z = \rho V$ ). La reflexión se produce al intentar pasar el ultrasonido de un medio a otro con distinto  $Z$ .

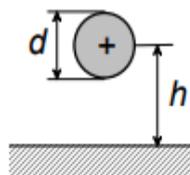
Si los medios tienen impedancias muy distintas, el ultrasonido se reflejará casi en su totalidad y no podrá alcanzar los órganos situados más profundamente.

## I.5.- La impedancia característica en función de los parámetros distribuidos de la línea.

En todas las fórmulas:  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ , donde  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ , es la permitividad del espacio libre y  $\epsilon_r$  es la permitividad relativa o constante dieléctrica.

*Un solo hilo conductor cerca de tierra*

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \log\left(\frac{4h}{d}\right) \text{ para } d \ll h$$

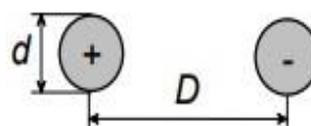


*Línea bifilar abierta en el aire*

<sup>2</sup> Reference Data for Radio Engineers. 5th. Edition. Hoard W. Sams & Co., Inc. Indianapolis, 1973.

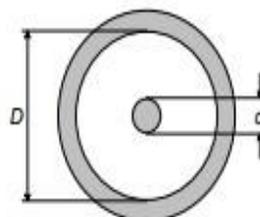
$$Z_0 = 120 \cosh^{-1} \left( \frac{D}{d} \right)$$

$$\approx 276 \log \left( \frac{2D}{d} \right)$$



*Línea coaxial.*

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \log \left( \frac{D}{d} \right)$$

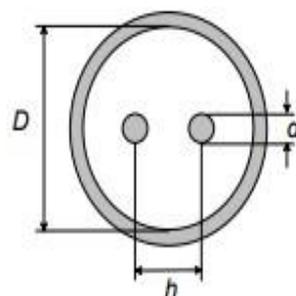


*Línea balanceada con blindaje.*

Para  $D \gg d$ ;  $h \gg d$

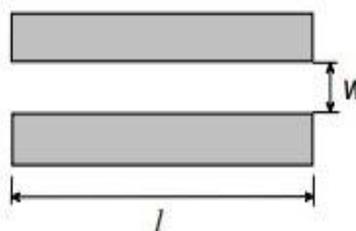
$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \log \left[ 2v \frac{1 - \sigma^2}{1 + \sigma^2} \right]$$

$$v = h/d \quad \sigma = h/D$$



*Línea de cintas paralelas*

$$Z_0 \approx \frac{377w}{l} \quad \text{Para } w/l < 0.1$$



### 1.5.1.- Para baja frecuencia.

Las líneas de comunicación "CIRCUITOS" por las que viaja la información, estas líneas se arriendan a una portadora común como Bell Telephone System en Estados Unidos o Telmex en México, así una portadora común es una empresa reconocida por la FCC (Comisión de Comunicaciones Federales) proporcionando servicio a usuario individual o grupo organizacional.

La clasificación de los circuitos en los servicios de transportación publica son:

- **Banda Angosta:** con velocidades desde 150 bps para operaciones de teletipo a bajavelocidad
- **Grado de voz:** con velocidad desde 9600 bps, altamente usado para comunicación dedatos permitiendo punto a punto o multipunto a menor velocidad
- **Canales de banda:** Derivados de la combinación de grupos de banda de voz. Admiten velocidades desde 19.2 hasta 230.4 Kbps
- **Servicios digitales:** (DDS Dataphone Digital Services) Introducidos por Bell en el '74 y disponibles en muchos lugares garantizando una baja tasa de error y alta velocidad detransporte Otro aspecto que se toma en las líneas de comunicación se relaciona con lacantidad de cables HDX: 2 ; FDX: 4) así como la interacción de los mensajes u operación, donde HDX se refiere a dos vías alternas (TWA Two Way Alternate ) y FDX a dos vías simultáneas, (TWS Two Way Simultaneous).

La conectividad de área extensa (WAN) ha experimentado un avance significativo, la mayor parte de las conexiones eran de naturaleza asíncrona o punto a punto. Las conexión de línea punto a punto se utilizaron para controladores de agrupamiento, grandes computadoras, minicomputadoras y emulación de terminal, aunque estas conexiones todavía existen están siendo reemplazadas por conectividad par, a par con diversos enlaces de telecomunicación. Se dispone de un amplio espectro de opciones de telecomunicación para formular una WAN incluyendo asíncrona, síncrona, conmutada 56, ISDN, punto apunto digital dedicada (9600-T3), X.25, Retransmisión de Trama, Serviciode conmutación de datos multimegabit (SMDS Switched Multimegabit Data Service) y Modo de transferencia asíncrona (ATM).

### **1.5.2.- Para media frecuencia.**

**(INVESTIGACION PARA EL ALUMNO)**

### **1.5.3.- Para alta frecuencia.**

**(INVESTIGACION PARA EL ALUMNO)**

## I.6.- Señales refleja en una línea de transmisión uniforme.

Las líneas de transmisión son estructuras de guiado de energía cuyas dimensiones, salvo una, son pequeñas frente a la longitud de onda de los campos electromagnéticos. Es posible considerar a la línea como una sucesión de cuadripolos de tamaño infinitesimal en cascada. Para cada cuadripolo entonces se puede aplicar la aproximación cuasi-estática. Esta descripción circuital se conoce como de parámetros distribuidos.

En el caso de las líneas ideales no existen pérdidas de energía y el cuadripolo exhibe solamente elementos reactivos. Resultan ecuaciones de onda para tensión y corriente a lo largo de la línea, que queda definida por dos parámetros: la velocidad de propagación de las ondas y la impedancia característica, que da la relación entre las ondas de tensión y de corriente de una onda progresiva. Las dos ecuaciones diferenciales ligadas para la tensión y la corriente a la entrada del cuadripolo son las llamadas ecuaciones del telegrafista para la línea ideal.

En el caso de las líneas reales se incorporan las pérdidas en los conductores y en el dieléctrico. Esto lleva, en el caso de ondas armónicas, a una constante de propagación compleja – que indica la propagación con atenuación – y a una impedancia característica compleja. En la práctica son de interés las líneas de bajas pérdidas.

Se presenta una descripción de líneas de uso común en la técnica, entre ellas las líneas de cinta o de par trenzado. Una línea cargada generalmente presenta reflexión de potencia, y en el caso ideal, ondas estacionarias. En general, modificando la impedancias de carga y la longitud de la línea es posible obtener cualquier impedancia de entrada, lo que permite usar a las líneas como elementos de circuito.

Para líneas de transmisión de energía o información, la reflexión de potencia es habitualmente perjudicial, y está acompañada de sobretensiones y sobrecorrientes en la línea que pueden dañarla. El parámetro que define usualmente la importancia de la reflexión es la relación de

onda estacionaria (ROE). Se presenta un coeficiente de reflexión generalizado que da la relación de la tensión de la onda regresiva y la tensión de la onda incidente en cualquier punto de la línea.

### 2.2.1 Características de la línea de transmisión.

Las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia de los cables y la constante dieléctrica del aislante, y sus propiedades físicas, como el diámetro del cable y los espacios del conductor.

Estas propiedades, a su vez, determinan las constantes eléctricas primarias:

- resistencia de CD en serie (  $R$  ).
- inductancia en serie (  $L$  ).
- capacitancia de derivación (  $C$  ).
- y conductancia de derivación (  $G$  ).

La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea, mientras que entre los dos conductores ocurren la capacitancia y la conductancia. Las constantes primarias Figura 2.2.1-1, se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea, por lo tanto, se les llama comúnmente parámetros distribuidos. Los parámetros distribuidos se agrupan por una longitud unitaria dada, para formar un modelo eléctrico artificial de la línea.

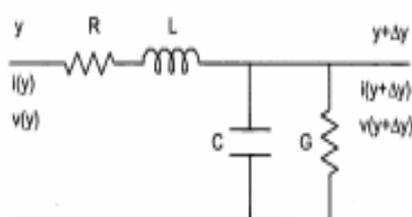


Figura 2.2.1-1.  $R$ ,  $L$ ,  $C$  y  $G$ : resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia por unidad de longitud.

Si la longitud de onda de la señal es menor a la longitud del cable, el voltaje y la corriente varían continuamente; la corriente a través de los elementos es función de la posición y no se pueden representar por componentes discretos.

Las características de una línea de transmisión se llaman constantes secundarias y se determinan con las cuatro constantes primarias. Las constantes secundarias son impedancia característica y constante de propagación.

## 2.2.2 Longitud eléctrica de una línea de transmisión.

La longitud de una línea de transmisión relativa a la longitud de onda que se propaga hacia abajo es una consideración importante, cuando se analiza el comportamiento de una línea de transmisión. A frecuencias bajas (longitudes de onda grandes), el voltaje a lo largo de la línea permanece relativamente constante. Sin embargo, para frecuencias altas, varias longitudes de onda de la señal pueden estar presentes en la línea al mismo tiempo.

Por lo tanto, el voltaje a lo largo de la línea puede variar de manera apreciable. En consecuencia, la longitud de una línea de transmisión frecuentemente se da en longitudes de onda, en lugar de dimensiones lineales. Los fenómenos de las líneas de transmisión se aplican a las líneas largas. Generalmente, una línea de transmisión se define como larga si su longitud excede una dieciseisava parte de una longitud de onda; de no ser así, se considera corta. Una longitud determinada, de línea de transmisión, puede aparecer corta en una frecuencia y larga en otra frecuencia.

## 2.2.3 Impedancia característica de una línea.

La existencia de una sucesión de inductancias y capacitancias en una línea de transmisión hace que ésta tenga una impedancia característica; la cual se denomina  $Z_0$  y su valor aproximado es:

—

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.2.3-1)$$

siendo respectivamente  $L$  la inductancia y  $C$  la capacitancia por unidad de longitud. Esta impedancia equivale a una resistencia pura, o sea que absorberá toda la potencia suministrada por el generador. Si suponemos una línea ideal que no tiene pérdidas ni por la resistencia de sus hilos ni por fugas entre ellos, ¿cómo se consume esa potencia? Sencillamente trasladándose hacia el extremo opuesto de la línea, que como está en el infinito no llega nunca. Por lo tanto, el generador "ve" a la línea como si ésta fuera una resistencia Figura 2.2.3-1.

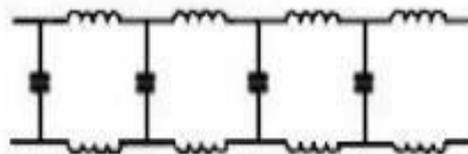


Figura 2.2.3-1. Circuito equivalente de una línea de transmisión.

La impedancia característica determina, según la Ley de Ohm, la relación que debe existir entre la tensión y la intensidad en la línea. La cual se define como la impedancia que se ve desde una línea infinitamente larga o la impedancia que se ve desde el largo finito de una línea que se determina en una carga totalmente resistiva igual a la impedancia característica de la línea.

El concepto de la impedancia característica, representa un valor uniforme a lo largo de toda la línea, o bien, el valor de la impedancia en cualquier punto en el caso de no existir señal reflejada, condición que se cumple cuando la línea tiene una longitud infinita o bien en el caso de que la impedancia de carga sea exactamente  $Z_0$ . Puesto que la impedancia característica es la misma a lo largo de toda la línea, sus unidades son de ohms.

La impedancia característica de una línea depende de la inductancia de los conductores y de la capacidad entre ellos. Cuanto mayor sea el diámetro de un conductor, menor inductancia por unidad de longitud presenta y cuanto mayor es la distancia entre los dos, menor capacitancia

poseen. Por lo tanto dos conductores de diámetro grande y pequeña separación, tienen impedancia característica baja ya que  $L$  es pequeña y  $C$  es grande, por lo tanto,  $L/C$  será pequeña. Viceversa dos conductores de pequeño diámetro y gran separación tendrán impedancia alta ya que  $L$  será grande y  $C$  pequeña con lo que  $L/C$  será grande.

En general la impedancia característica es compleja lo que señala que hay un desfase temporal entre la onda de tensión y la onda de corriente, lo cual implica disipación de energía (resistencia y conductancia) y dispersión de la señal.

## 2.2.4 Pérdidas en la línea de transmisión.

Para propósitos de análisis, las líneas de transmisión frecuentemente se consideran totalmente sin pérdidas. Sin embargo, en realidad, hay varias formas en que la potencia se pierde en la línea de transmisión y estas son:

- pérdidas del conductor.
- pérdida por radiación.
- pérdida por el calentamiento del dieléctrico.
- pérdida por acoplamiento y descarga luminosa (corona).

Pero las más frecuentes son dos: pérdidas por calentamiento del conductor y pérdidas en el dieléctrico.

### 2.2.4.1 Pérdidas del conductor.

Debido a que la corriente fluye, a través de una línea de transmisión, y la línea de transmisión tiene una resistencia finita, hay una pérdida de potencia inherente e inevitable. Esto a

veces se llama pérdida del conductor o pérdida por calentamiento del conductor y es, simplemente, una pérdida por calentamiento.

Debido a que la resistencia se distribuye a lo largo de la línea de transmisión, la pérdida por calentamiento del conductor es directamente proporcional al cuadrado de longitud de la línea. Además, porque la disipación de potencia es directamente proporcional al cuadrado de la corriente, la pérdida del conductor es inversamente proporcional a la impedancia característica.

Para reducir las pérdidas del conductor, simplemente debe acortarse la línea de transmisión, o utilizar un cable de diámetro más grande (deberá mantenerse en mente que cambiar el diámetro del cable, también cambia la impedancia característica y en consecuencia, la corriente).

## 1.7.- Impedancia en la línea de transmisión.

Se denomina **impedancia característica** de una línea de transmisión a la relación existente entre la diferencia de potencial aplicada y la corriente absorbida por la línea en el caso hipotético de que esta tenga una longitud infinita, o cuando aun siendo finita no existen reflexiones.

En el caso de líneas reales, se cumple que su impedancia permanece inalterable cuando son cargadas con elementos, generadores o receptores, cuya impedancia es igual a la impedancia característica. La impedancia característica es independiente de la longitud de la línea. Para una línea sin pérdidas, esta será asimismo independiente de la frecuencia de la tensión aplicada, por lo que esta aparecerá como una carga resistiva y no se producirán reflexiones por desadaptación de impedancias, cuando se conecte a ella un generador con impedancia igual a su impedancia característica.

De la misma forma, en el otro extremo de la línea esta aparecerá como un generador con impedancia interna resistiva y la transferencia de energía será máxima cuando se le conecte un receptor de su misma impedancia característica.

No se oculta, por tanto, la importancia de que todos los elementos que componen un sistema de transmisión presenten en las partes conectadas a la línea impedancias idénticas a la impedancia característica de esta, para que no existan ondas reflejadas y el rendimiento del conjunto sea máximo.

La impedancia característica de una línea de transmisión depende de los denominados parámetros primarios de ella misma que son: resistencia, capacitancia, inductancia y conductancia (inversa de la resistencia de aislamiento entre los conductores que forman la línea).

La fórmula que relaciona los anteriores parámetros y que determina la impedancia característica de la línea es:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j \cdot L\omega}{G + j \cdot C\omega}}$$

donde:

$Z_0$ , es la impedancia característica en **ohmios**,

$R$ , es la resistencia de la línea en ohmios por unidad de longitud,

$C$ , es la capacitancia de la línea en **faradios** por unidad de longitud,

$L$ , es la inductancia de la línea en **henrios** por unidad de longitud,

$G$ , es la conductancia del dieléctrico en **siemens** por unidad de longitud,

$\omega$ , es la frecuencia angular =  $2\pi f$ , siendo  $f$  la frecuencia en **hercios**,

$j$ , es un factor imaginario

## UNIDAD 11

### LINEA

#### 2.1.- Patrón de onda estacionaria de tensión para líneas terminadas en:

##### 2.1.1.- Circuito abierto.

Las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia de los cables y la constante dieléctrica del aislante, y sus propiedades físicas, como el diámetro del cable y los espacios del conductor.

Estas propiedades, a su vez, determinan las constantes eléctricas primarias:

- resistencia de CD en serie (  $R$  ).
- inductancia en serie (  $L$  ).
- capacitancia de derivación (  $C$  ).
- y conductancia de derivación (  $G$  ).

La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea, mientras que entre los dos conductores ocurren la capacitancia y la conductancia. Las constantes primarias Figura 2.2.1-1, se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea, por lo tanto, se les llama comúnmente parámetros distribuidos. Los parámetros distribuidos se agrupan por una longitud unitaria dada, para formar un modelo eléctrico artificial de la línea.

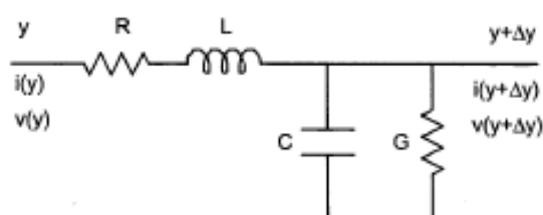


Figura 2.2.1-1.  $R$ ,  $L$ ,  $C$  y  $G$ : resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia por unidad de longitud.

---

Si la longitud de onda de la señal es menor a la longitud del cable, el voltaje y la corriente varían continuamente; la corriente a través de los elementos es función de la posición y no se pueden representar por componentes discretos.

Las características de una línea de transmisión se llaman constantes secundarias y se determinan con las cuatro constantes primarias. Las constantes secundarias son impedancia característica y constante de propagación.

### 2.1.2.- Corto circuito.

### 2.2.2 Longitud eléctrica de una línea de transmisión.

La longitud de una línea de transmisión relativa a la longitud de onda que se propaga hacia abajo es una consideración importante, cuando se analiza el comportamiento de una línea de transmisión. A frecuencias bajas (longitudes de onda grandes), el voltaje a lo largo de la línea permanece relativamente constante. Sin embargo, para frecuencias altas, varias longitudes de onda de la señal pueden estar presentes en la línea al mismo tiempo.

Por lo tanto, el voltaje a lo largo de la línea puede variar de manera apreciable. En consecuencia, la longitud de una línea de transmisión frecuentemente se da en longitudes de onda, en lugar de dimensiones lineales. Los fenómenos de las líneas de transmisión se aplican a las líneas largas. Generalmente, una línea de transmisión se define como larga si su longitud excede una dieciseisava parte de una longitud de onda; de no ser así, se considera corta. Una longitud determinada, de línea de transmisión, puede aparecer corta en una frecuencia y larga en otra frecuencia.

### 2.1.3.- Líneas desacopladas.

La existencia de una sucesión de inductancias y capacitancias en una línea de transmisión hace que ésta tenga una impedancia característica; la cual se denomina  $Z_0$  y su valor aproximado es:

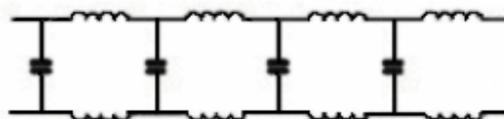


Figura 2.2.3-1. Circuito equivalente de una línea de transmisión.

La impedancia característica determina, según la Ley de Ohm, la relación que debe existir entre la tensión y la intensidad en la línea. La cual se define como la impedancia que se ve desde una línea infinitamente larga o la impedancia que se ve desde el largo finito de una línea que se determina en una carga totalmente resistiva igual a la impedancia característica de la línea.

El concepto de la impedancia característica, representa un valor uniforme a lo largo de toda la línea, o bien, el valor de la impedancia en cualquier punto en el caso de no existir señal reflejada, condición que se cumple cuando la línea tiene una longitud infinita o bien en el caso de que la impedancia de carga sea exactamente  $Z_0$ . Puesto que la impedancia característica es la misma a lo largo de toda la línea, sus unidades son de ohms.

La impedancia característica de una línea depende de la inductancia de los conductores y de la capacidad entre ellos. Cuanto mayor sea el diámetro de un conductor, menor inductancia por unidad de longitud presenta y cuanto mayor es la distancia entre los dos, menor capacitancia

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.2.3-1)$$

siendo respectivamente  $L$  la inductancia y  $C$  la capacitancia por unidad de longitud. Esta impedancia equivale a una resistencia pura, o sea que absorberá toda la potencia suministrada por el generador. Si suponemos una línea ideal que no tiene pérdidas ni por la resistencia de sus hilos ni por fugas entre ellos, ¿cómo se consume esa potencia? Sencillamente trasladándose hacia el extremo opuesto de la línea, que como está en el infinito no llega nunca. Por lo tanto, el generador "ve" a la línea como si ésta fuera una resistencia Figura 2.2.3-1.

poseen. Por lo tanto dos conductores de diámetro grande y pequeña separación, tienen impedancia característica baja ya que  $L$  es pequeña y  $C$  es grande, por lo tanto,  $L/C$  será pequeña. Viceversa dos conductores de pequeño diámetro y gran separación tendrán impedancia alta ya que  $L$  será grande y  $C$  pequeña con lo que  $L/C$  será grande.

En general la impedancia característica es compleja lo que señala que hay un desfase temporal entre la onda de tensión y la onda de corriente, lo cual implica disipación de energía (resistencia y conductancia) y dispersión de la señal.

### 2.1.4.- Líneas acopladas.

Para propósitos de análisis, las líneas de transmisión frecuentemente se consideran totalmente sin pérdidas. Sin embargo, en realidad, hay varias formas en que la potencia se pierde en la línea de transmisión y estas son:

- pérdidas del conductor.
- pérdida por radiación.
- pérdida por el calentamiento del dieléctrico.
- pérdida por acoplamiento y descarga luminosa (corona).

Pero las más frecuentes son dos: pérdidas por calentamiento del conductor y pérdidas en el dieléctrico.

### 2.2.- Acoplamiento de línea de transmisión uniforme.

Existen varios métodos para medir que tan bien acoplado se encuentra un componente de un sistema de cableado a una impedancia nominal específica. Por ejemplo, los mismos datos medidos pueden reportarse en diferentes formas:

- **Impedancia Ajustada** (dominio de frecuencia): se usa generalmente en líneas de transmisión “uniformes”, tales como cables, proporciona la respuesta a la frecuencia de la impedancia del cable sin tomar en cuenta las desviaciones causadas por sus irregularidades estructurales. (Especificado originalmente por TIA/EIA-568-A).

- **Impedancia de Entrada** (dominio de frecuencia): se usa generalmente en líneas de transmisión “uniformes”, proporciona la respuesta a la frecuencia de la impedancia del cable e incluye las desviaciones causadas por sus irregularidades estructurales. (Especificado por ISO/IEC-11801).

- **Pérdida por Retorno** (dominio de frecuencia): se usa generalmente en líneas de transmisión “no uniformes” como enlaces, canales de cableado, e inclusive conectores, proporciona la respuesta a la frecuencia de la señal reflejada causada por discontinuidades de impedancia entre los componentes del sistema de cableado (cables, cordones y conectores) así como las desviaciones con respecto a la impedancia nominal de uno o más segmentos del cable.

**Coefficiente de Reflexión** (dominio de tiempo): Se usa generalmente en enlaces y canales de cableado para cuantificar las discontinuidades a lo largo de la línea de transmisión. Los resultados se muestran como una función del tiempo o la longitud basada en la velocidad nominal de propagación. Puede ser usada para localizar puntos de falla en las líneas de transmisión o para identificar fuentes específicas de reflejo de señal.

Gracias a técnicas de medición vectorial (v. gr. magnitud y fase en dominio de frecuencia o magnitud y distancia en dominio de tiempo), es posible hacer conversiones computacionales entre dominio de tiempo y dominio de frecuencia por medio de la Transformada de Fourier.

### **2.3.- Acoplamiento de líneas de transmisión con las cargas, utilizando:**

**(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

**2.3.1.- Espolón en serie terminado en corto circuito.  
(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

**2.3.2.- Espolón en serie terminado en circuito abierto.  
(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

**2.3.3.- Espolón en paralelo terminado en corto circuito.  
(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

**2.3.4.- Espolón en paralelo terminado en circuito abierto.  
(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

## UNIDAD III

# TÓPICOS DE COMUNICACIONES

### 3.1.- Antenas

Las ecuaciones de Maxwell relacionan los campos eléctricos y magnéticos con las cargas y corrientes que los crean. La solución a las ecuaciones da lugar a formas de onda:

- Guiadas (líneas de transmisión, guías de ondas)
- Libres en el espacio (antenas)

El IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) define una antena como "aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas" [1]. Dicho de otro modo, la antena es la transición entre un medio guiado y el espacio libre.

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia ( $f$ ) y longitud de onda ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

donde  $c$  es la velocidad de propagación de la luz en el medio ( $\sim 3 \cdot 10^8$  m/s en el espacio libre).

El conjunto de todas las frecuencias (espectro de frecuencias) se divide en bandas, cada una de las cuales presenta características peculiares que dan origen a tipologías de antenas muy diversas.

Banda	$f$	$\lambda$	Denominación
ELF	< 3 kHz	> 100 km	Extremely Low Frequency
VLF	3 - 30 kHz	100 - 10 km	Very Low Frequency
LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Low Frequency
MF	0,3 - 3 MHz	1000 - 100 m	Medium Frequency
HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m	High Frequency
VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Very High Frequency
UHF	0,3 - 3 GHz	100 - 10 cm	Ultra High Frequency
SHF	3 - 30 GHz	10 - 1 cm	Super High Frequency
EHF	30 - 300 GHz	1 - 0,1 cm	Extremely High Frequency

### 3.2.- Funcionamiento de una antena dipolo.

Todas las antenas de dipolo tienen un patrón de radiación generalizado. Primero el patrón de elevación muestra que una antena de dipolo es mejor utilizada para transmitir y recibir desde el lado amplio de la antena.

Es sensible a cualquier movimiento fuera de la posición perfectamente vertical. Se puede mover alrededor de 45 grados de la verticalidad antes que el desempeño de la antena se degrade más de la mitad. Otras antenas de dipolo pueden tener diferentes cantidades de variación vertical antes que sea notable la degradación. Un ejemplo de patrón de elevación puede verse en la figura 1a. A partir del patrón de azimuth se ve que las antenas operan igualmente bien en 360 grados alrededor de la antena. Físicamente las antenas dipolo son cilíndricas por naturaleza, y pueden ser ahusadas o con formas específicas en el exterior para cumplir con especificaciones de medidas. Estas antenas son usualmente alimentadas a través de una entrada en la parte inferior, pero también pueden tener el conector en el centro de la misma.

Las antenas multi-elemento tipo dipolo cuentan con algunas de las características generales del dipolo simple. Cuentan con un patrón de elevación y azimuth similar al de la antena dipolo simple. La diferencia más clara entre ambas es la direccionalidad de la antena en el plano de elevación, y el incremento en ganancia debido a la utilización de múltiples elementos. Con el uso de múltiples elementos en la construcción de la antena, esta puede ser configurada para diferentes ganancias, lo cual permite diseños con características físicas similares. Tal como se puede ver en el patrón de elevación de la fig.2, múltiples antenas de dipolo son muy direccionales en el plano vertical. Debido a que la antena de dipolo radia igualmente bien en todas las direcciones del plano horizontal, es capaz de operar igualmente bien en configuración horizontal.

### **3.3.- Simple.**

Existen, pues, dos tipos de antenas: las que emiten y las que captan la señal. La función de una antena emisora consiste en convertir señales eléctricas variables en ondas electromagnéticas y emitirlas, es decir, radiarlas. La antena receptora hace lo contrario: convierte las ondas electromagnéticas que recibe en señales eléctricas variables. Cuando hablamos de señales electromagnéticas nos referimos a las ondas de radio y televisión.

Las señales de radio y televisión son ondas electromagnéticas. Por lo tanto, se propagan a la velocidad de la luz.

La transmisión de estas ondas desde la antena emisora hasta la antena receptora se puede hacer por dos caminos:

- a) Directamente desde la antena emisora hasta la antena receptora.
- b) De la antena emisora hacia la ionosfera, que refleja esas ondas a la Tierra donde las recibe la antena receptora.

### **3.4.- Con elementos director y reflector.**

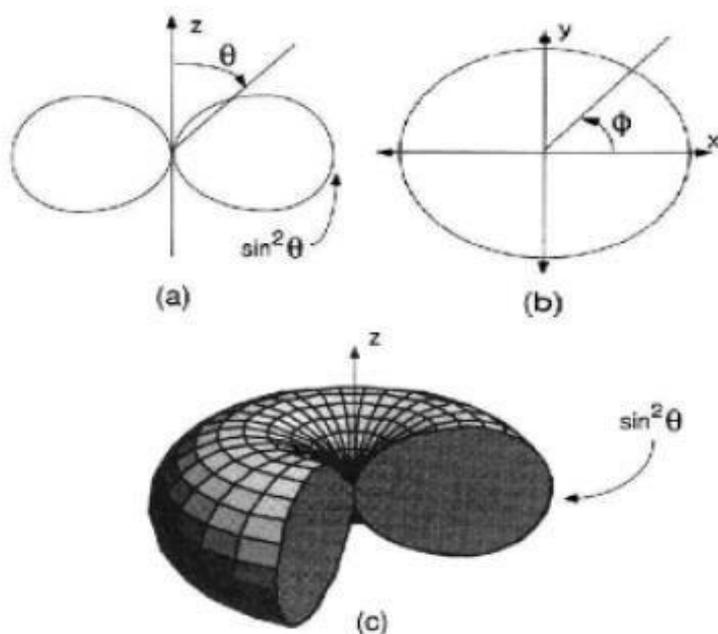
El origen de las ondas electromagnéticas se basa en el hecho de que toda carga eléctrica en movimiento emite energía en forma de onda electromagnética, siendo la frecuencia de esta onda la misma que la del movimiento de la carga.

Un campo electromagnético se caracteriza por su frecuencia o longitud de onda y su intensidad (potencia), así como por la polarización (variación con el tiempo de la dirección de la intensidad de campo en un punto determinado del espacio) y la modulación empleada. Tanto la Intensidad de campo eléctrico (E) como la Intensidad de campo magnético (H) son magnitudes vectoriales, función de la posición y del instante, que se relacionan con las fuerzas electrostáticas y electromagnéticas y se miden en voltios/metro y amperios/metro (o su equivalente en teslas). Para su medición se emplea un sensor (sonda) apropiado, capaz de detectar ambos campos y reflejar el valor de su intensidad en la escala del aparato de medición, que se puede relacionar con la densidad de potencia en el punto, mediante una fórmula matemática. No toda la potencia que se entrega a una antena se irradia, pues parte de ella se convierte en calor y se disipa.

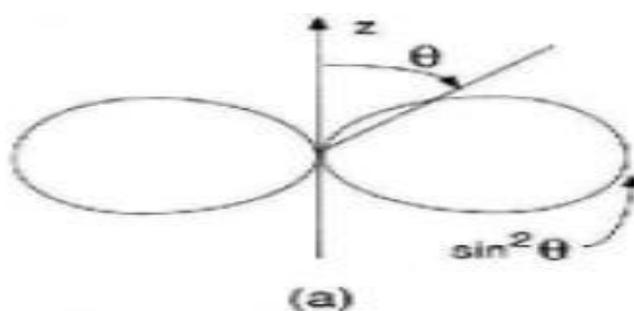
A la hora de estudiar las antenas, sus diferentes tipos y el modo en el que consiguen la propagación o recepción de las ondas electromagnéticas, es conveniente presentar el concepto de “campo cercano” y de “campo lejano”.

### 3.5.- Patrón de radiación de una antena con polarización.

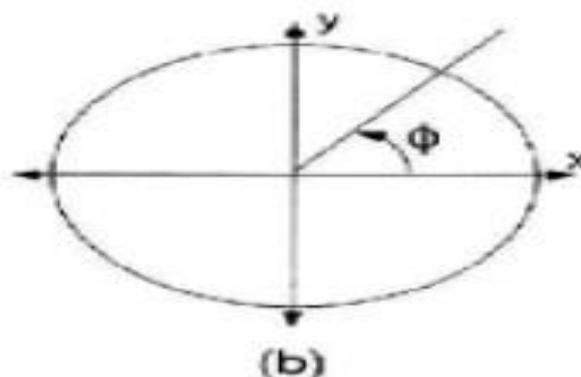
El patrón de radiación de una antena se puede representar como una grafica tridimensional de la energía radiada vista desde fuera de esta. Los patrones de radiación usualmente se representan de dos formas, el patrón de elevación y el patrón de azimuth. El patrón de elevación es una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimuth es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba. Al combinar ambas gráficas se tiene una representación tridimensional de como es realmente radiada la energía desde la antena.



#### 3.5.1.- Vertical.



### 3.5.2.- Horizontal.



### 3.6.- Ganancia de una antena.

La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en dBi's, y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria.

### 3.7.- Sistemas de radio.

#### EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE RADIO

Todas las emisoras poseen la base de un equipamiento técnico común, entre los que distinguíamos dos grupos:

- El de baja frecuencia, básicamente todos los equipos que tienen la función de generar, captar y manejar la señal de audio, que ha de ser transmitida. Son los que crean la señal moduladora, es decir, la información. Los micrófonos, magnetófonos o reproductores digitales, son de este tipo de equipos.
- El de alta frecuencia que son los transmisores de la señal, es decir, los que modulan y transmiten la señal de baja frecuencia en ondas electromagnéticas que viajan libremente por el espacio. Una vez que la señal de audio sale del mezclador de la sala de control de la emisora, comienzan a actuar los equipos de alta frecuencia. Al tratarse de potencias elevadas, es aconsejable separar físicamente la alta frecuencia de los equipos de baja

frecuencia, al objeto de que no produzcan interferencias y realimentaciones que distorsionarían la señal entregada por el mezclador.

En ocasiones esto viene ya dado por la separación física de la emisora y la antena transmisora, dada por diferentes motivos, como son evitar el enclavamiento de la antena en el casco urbano, lo que podría producir interferencias en otras instalaciones próximas o alejar la misma a cotas elevadas para conseguir un mayor alcance o cobertura. En estos casos debe preverse algún medio de unión de la señal entre los estudios (baja frecuencia) y el transmisor (alta frecuencia), básicamente pueden utilizarse tres tipos de enlaces:

- Por enlace telefónico, que es el menos aconsejable debido a su pobre respuesta en frecuencia que limitaría la calidad sonora, ya que no sobrepasa los 4 kHz y en retransmisiones de alta fidelidad en FM necesitamos que sobrepasen los 15kHz.
- Por enlace de cable coaxial o de fibra óptica, el cual puede ser de fácil solución, pero también fácil de sabotear o de sufrir averías por cortes.
- La solución idónea, por tanto, es el uso de radioenlace o unión inalámbrica entre dos puntos. Se recurre al uso de antenas muy directivas que son más seguras contra las interferencias, además de radiarse en frecuencias que sean captadas únicamente por el equipo de la emisora y con una potencia que asegure la calidad deseada. Estos equipos modulan la señal en frecuencia lo que garantiza una elevada calidad en la transmisión. En el otro extremo, el receptor extrae la señal de audio, que es la misma que existía a la salida del mezclador.

### **3.7.1.- Radio de AM.**

Modulación en Amplitud (AM), que consiste en la variación instantánea de la amplitud de la onda portadora con una profundidad proporcional a la señal moduladora. Siempre que se recurre a una modulación se produce la aparición de dos bandas laterales, una superior y otra inferior, que contienen idéntica información, es decir, la propia de la onda moduladora. Para los efectos de la recepción basta con descodificar sólo una de las bandas laterales para recomponer la señal emitida, por lo que se opta por la transmisión de una sola de las bandas laterales, reduciendo a la mitad el ancho de banda empleado, dejando así espacio a un mayor número de emisoras en un mismo margen de frecuencias.

Es lo que se llama transmisión de Banda Lateral Única (BLU). La aplicación de este sistema es extendida en la radiodifusión comercial, que sigue empleando el tradicional sistema de portadora y dos bandas laterales, al que están adaptados la gran mayoría de receptores del mercado.

Los sistemas de radiodifusión en AM se limitan a unos canales de 9kHz por emisora, lo que los imposibilita para su aplicación en alta fidelidad; limitación impuesta con el objeto de permitir mayor número de emisoras.

Una de las desventajas que tiene este tipo de modulación es su propensión a ser interferidos en la recepción por fenómenos atmosféricos o de electricidad estáticas, entre otras.

### **3.7.2.- Modulación.**

Modulación en Frecuencia (FM), que consiste en la variación de la frecuencia central de la onda portadora en más o menos según la intensidad o amplitud de la señal moduladora. Esta variación es la profundidad de modulación. Y además la velocidad con la que se efectúan esta variación es directamente proporcional a la frecuencia moduladora.

Al producirse estas dos operaciones, la portadora modulada en frecuencia, aunque con una amplitud constante, posee dos informaciones de la señal moduladora: su amplitud y su frecuencia.

De tal forma que las bandas laterales que se forman son múltiplos enteros de la frecuencia moduladora y están situados a cada lado. El número de ellas depende del índice de modulación entre la desviación de la frecuencia central de la portadora y la frecuencia de modulación. Así aparecen infinitas bandas laterales, por lo que si tomamos un número relativamente pequeño de ellas, puede recuperarse suficiente información como para poder recomponer la señal. Así da una gran calidad en las transmisiones, pues permite la recomposición de la señal moduladora con muchísimos más puntos de referencia.

Las emisoras comerciales de FM ocupan un espectro de frecuencias considerable puesto que a cada emisión se le asigna una frecuencia portadora y un espectro, en el dial, para evitar las interferencias de unas con otras. El espectro es aún mayor en las emisiones estereofónicas donde se envía la suma de los dos canales, la diferencia entre ambos y, entre estos dos subespectros, una portadora piloto para que los receptores monofónicos puedan recibirlo en monotonía. Además no se ven afectadas por los fenómenos atmosféricos, pero por el contrario su alcance es menor, que el AM. Una vez modulada, la portadora se amplifica hasta un cierto nivel por un excitador que entrega la señal al amplificador final, quien suministra la potencia de radiofrecuencia que irá a la antena. Según los alcances deseados, se necesitarán distintas potencias amplificadas. La antena transmisora está sintonizada con la frecuencia de trabajo elegida, que se calcula previamente según la longitud de onda, para obtener el mejor rendimiento. Así, mientras la emisora suministre energía de alta frecuencia a la antena, los electrones que circulan por ésta se desplazarán de forma periódica de un extremo al otro de la antena, tantas veces por segundo como valor tenga la frecuencia de corriente alterna aplicada a la misma. Como consecuencia de este movimiento de electrones, se producirá la creación de un campo electromagnético, que formará la onda móvil que se desplazará por el espacio.

### **3.7.3.- Demodulación.**

Los diferentes sistemas estudiados para la transmisión de información tienen por objeto facilitar el avance de la señal llevándolas a rangos de RF, pero una vez llegada la señal al receptor se hacen esfuerzos para llevar la información a su rango original de frecuencias para poder ser entendida. Si se trata de una información sonora debe ser llevada al rango de audio y tratamientos similares deben recibir las diferentes clases de información. Este proceso arriba mencionado se efectúa en el equipo receptor y recibe el nombre de demodulación o detección

### 3.8.- Antenas más comúnmente usadas.

Las antenas comerciales se clasifican generalmente en dos grupos, antenas omnidireccionales y antenas direccionales. Las antenas omnidireccionales (o simplemente omni) transmiten con la misma potencia en todas las direcciones del plano horizontal, a expensas de una radiación reducida en el plano vertical. Las antenas direccionales o directivas enfocan la mayor parte de la radiación en una dirección específica, llamada la dirección de máxima ganancia a la par que reducen la cantidad de irradiación en otras direcciones

Otra cualidad importante de las ondas es la polarización. La polarización corresponde a la dirección del vector del campo eléctrico. Si imaginamos una antena dipolo alineada verticalmente (un alambre recto), los electrones sólo se podrán mover verticalmente, pues no hay espacio para que se muevan horizontalmente hacia los lados, por consiguiente el campo eléctrico será siempre vertical, hacia arriba o hacia abajo. La energía que se desprende del alambre y viaja como una onda tiene una polarización estrictamente lineal, y en este caso, vertical. Si, en cambio, apoyamos la misma antena sobre una mesa de madera horizontalmente, la radiación desprendida tendrá polarización lineal horizontal. La mayoría de las antenas WiFi con las que trabajamos son de polarización lineal, pero también existen antenas con polarización circular. La desadaptación de polarización (Polarization mismatch) puede causar 20dB o más de atenuación. Sin embargo, la desadaptación de polarización puede ser aprovechada para transmitir dos señales diferentes simultáneamente y a la misma frecuencia, doblando así el rendimiento del enlace. Para esto se usan antenas especiales que tienen alimentadores (iluminadores) duales. El rendimiento real es algo inferior al doble debido a la inevitable interferencia entre las dos polarizaciones (cross polarization leakage)

### 3.9.- Microondas y radar.

La palabra 'rádar' es un acrónimo que resume la frase en inglés "radio detection and ranging". Es el nombre de un sistema capaz de detectar aviones, barcos, lluvia, etc. y conocer y representar la distancia exacta a la que se encuentran. Emite fuertes ondas de radio y tras ser éstas reflejadas en los objetos, un receptor recoge los ecos que éstas

provocan. El estudio de las señales reflejadas permite conocer dónde está y, en muchos casos, cuál es el objeto. Las señales de radio son fáciles de capturar y amplificar, a pesar de que la señal recibida sea débil.

Un objeto sólido existente en el aire o en el vacío o algo que, por alguna otra razón, provoca en el medio un cambio de densidad atómica de forma manifiesta, refleja las ondas de radar, especialmente cuando es un objeto metálico, como puede ser el caso de aviones o barcos.

A la hora de reflejar las ondas de radar influye mucho la longitud de las ondas de radio y la forma de los objetos. Si la longitud de la onda de radio es mucho más pequeña que el tamaño del objeto, la onda se verá reflejada de la misma forma que la luz en un espejo. Los antiguos radares utilizaban ondas de longitud larga, por lo que recibían señales muy poco definidas. Hoy en día, en cambio, se utilizan ondas de longitud corta y son capaces de captar objetos del tamaño de un bollo.

### **3.10.- Generadores de microondas.**

Antes de la aparición del Klystron de potencia en los años cincuenta, estos tubos y combinaciones de ellos producían las potencias de RF más elevadas que se podían obtener por encima de 1 GHz. Estos dispositivos iniciales presentaban una mayor dificultad en la fabricación y en los circuitos necesarios. Estas dificultades aumentan rápidamente con la frecuencia, y la ganancia disminuye con la frecuencia. Fue el MAGNETRON, como generador de microondas de alta potencia, el dispositivo que dio pie al desarrollo a gran escala de las microondas, al abrir paso a la utilización de sistemas de radar durante la II Guerra Mundial; sin embargo, fueron los KLYSTRONS, los que dieron una mayor versatilidad de utilización de las microondas, sobre todo en el campo de las comunicaciones, permitiendo además una mayor comprensión de los fenómenos que tiene en lugar los tubos de microondas.

### **3.10.1.- Guías de onda.**

Debido a efectos difractivos, los haces de luz van incrementando su sección transversal a medida que viajan en el espacio libre. Estos efectos pueden corregirse mediante lentes, y de hecho, los primeros sistemas de comunicaciones a través del espacio libre se basaron en el uso de estos dispositivos para lograr transmitir el haz a distancias muy grandes. La alternativa a esto es el empleo de conductos dieléctricos que confinan la luz y permiten que viaje por grandes distancias con pérdidas mínimas. La óptica de ondas guiadas se encarga de describir los fenómenos relacionados con estos conductos dieléctricos conocidos como guías de onda. Las aplicaciones de este tipo de elementos van desde el desarrollo de sistemas que permitan llevar la luz a lugares de difícil acceso, hasta el desarrollo de dispositivos ópticos miniaturizados y opto electrónicos que requieran confinar un haz de luz para realizar su función. Las guías de onda se basan en el confinamiento de la luz, efecto que se logra mediante el uso de dos medios con índice de refracción diferente. El medio con índice de refracción menor (núcleo) se embebe en el medio con índice de refracción mayor (revestimiento o cubierta); la luz queda confinada en el medio el núcleo debido a reflexión total interna. La geometría de las guías de onda puede ser plana (slab, strip) o cilíndrica, siendo esta última la más utilizada (fibras ópticas).

### **3.10.2.- Frecuencias de operaciones.**

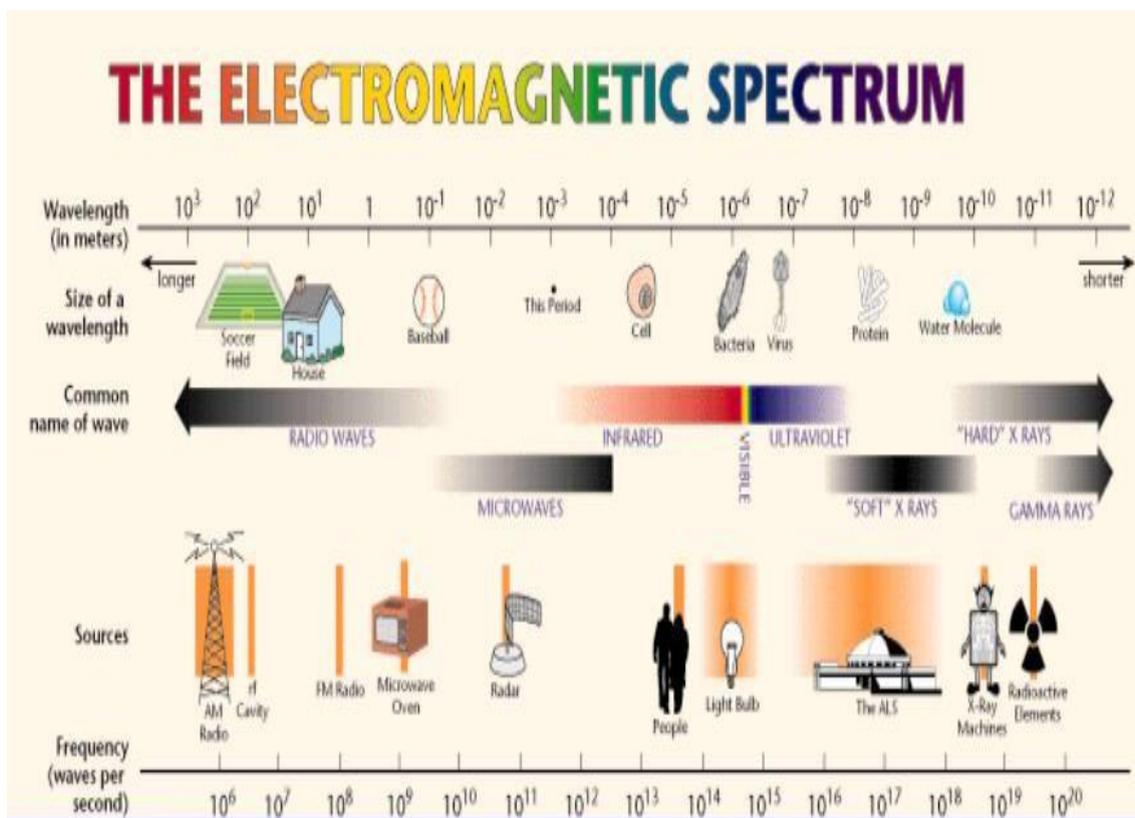
**(UNVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

### 3.10.3.- Sistema de radar.

Sistema que consiste de un transmisor y un receptor de radio sincronizados, que emite ondas electromagnéticas y procesa las ondas reflejadas para utilizarlas en la detección y localización de objetos tales como aeronaves o barcos, o en la detección de las características de superficies tales como la terrestre, lunar o planetaria.

Su principio de funcionamiento es análogo al de detección de ecos acústicos que se aplican en el SONAR. Mediante el Radar es posible:

- Detección de objetos fijos o en movimiento.
- Determinación de la distancia al objeto (alcance o rango), así como su altitud y orientación respecto al transmisor.
- Determinación de la velocidad y dirección de movimiento del objeto.



## UNIDAD IV

# TELEVISIÓN EN BLANCO Y NEGRO Y A COLOR

### 4.1.- Funcionamiento de receptor.

Aunque el término *televisión* se usa extensamente, el sentido que se le da suele ser ambiguo. Para evitar confusiones, conviene definirlo en el contexto en que aplicará en este texto y lo haremos en la forma tradicional, adecuando la definición a las condiciones actuales. Así, por *televisión* entenderemos aquí la generación, procesado, almacenamiento y transmisión de imágenes, generalmente en movimiento, así como del sonido asociado a ellas y de otros datos o información adicional que puede ser independiente de la imagen y sonido, como puede ser un cuadro de teletexto, información alfanumérica o gráfica relativa a la programación, etc.

Conviene distinguir entre el concepto de *televisión* y el de *video*. Este último se refiere únicamente a la imagen, ya sea fija o en movimiento, sin incluir el sonido u otros servicios. La incorporación de computadoras en el entorno de la televisión y el desarrollo de Internet en los últimos años, abre un inmenso abanico de posibilidades futuras en que la televisión tradicional, pasa a formar sólo una parte de todo el conjunto de posibles servicios accesibles al consumidor y que se designan un tanto ambiguamente como *multimedia*.

En sus orígenes, el objetivo principal de la televisión fue la difusión de programas de entretenimiento, deportes y noticias por medios radioeléctricos y, posteriormente, a través de cable y satélite. Los estándares en uso para los sistemas analógicos de televisión, se produjeron en su mayoría hace más de cincuenta años, dando lugar a un desarrollo técnico continuo hasta nuestros días. Estos sistemas analógicos alcanzaron una gran madurez a lo largo de más de cinco décadas y fueron encontrando aplicación en una inmensa variedad de campos.

Lo que inicialmente tuvo como propósito principal el entretenimiento, se ha convertido en una herramienta indispensable en numerosas actividades científicas, médicas, industriales y domésticas.

Puede afirmarse que, desde el punto de vista de la ingeniería, la televisión constituye uno de los campos más completos y atractivos de desarrollo y aplicación de la ciencia y la técnica, no sólo en los aspectos de electrónica y comunicaciones, quizá los más evidentes y con los que más se asocia a la televisión, sino en otros terrenos tan diversos que van, desde la mecánica a la fisiología. Por ejemplo, una cámara de televisión es un dispositivo en el que se aplica microelectrónica, óptica, procesamiento de señal, tanto analógica como digital, principios psicofisiológicos, sistemas de control y mecánica, sólo por citar algunas de las áreas de conocimiento que intervienen en su concepción y diseño. Los conocimientos de ingeniería eléctrica, iluminación, acústica, mecánica e ingeniería civil son indispensables en el diseño de un estudio y de las instalaciones asociadas. El empleo de radioenlaces y las comunicaciones por satélite son una necesidad cotidiana. En la transmisión, además de los conocimientos de teoría de información, modulación, codificación de canal, etc., es necesario aplicar conocimientos de electricidad, electrónica de potencia, control, etc. En la construcción de una torre para soporte de antenas, intervienen no sólo la mecánica y resistencia de materiales, sino factores climáticos y meteorológicos. El sonido y la videograbación constituyen áreas muy amplias que requieren una gran especialización. En fin, la televisión integra una inmensa cantidad de conocimientos y actividades técnicas que difícilmente se encuentran en otros campos.

En el terreno de producción de programas el panorama no es menos amplio, atractivo, ni complejo. La concepción, producción y realización de un programa requiere, según el tema, del concurso de numerosas personas con especialidades o talentos muy variados: escritores, escenógrafos, compositores, locutores, artistas, sastres, maquilladores, carpinteros, armeros, domadores, etc. Así, si se desea darle un mínimo atractivo visual, estético y de continuidad a un programa, aparentemente tan simple como la exposición de una clase, es necesario un guión previo, escenografía, decorado, maquillaje, musicalización, iluminación, etc. Este es, en cualquier caso, un campo en el que no es posible profundizar aquí. Lo importante es dejar claro el concepto de que, con excepción de aplicaciones específicas como en vigilancia, observación de procesos, operaciones quirúrgicas, percepción remota por satélites o vehículos espaciales y otras similares, la televisión, en su concepto más popular, no puede realizarse con la simple colocación de una cámara frente a una persona o un escenario.

Requiere de una planificación previa, tanto técnica como de realización.

En el desarrollo de los sistemas de televisión, sin duda ha sido un factor importante lo que puede llamarse el *modelo o concepción de sistema*, totalmente diferente entre Estados Unidos y el resto del mundo, en particular Europa. El modelo estadounidense ha influenciado, aunque no completamente, el concepto de los sistemas de televisión en el continente americano y en algunos países asiáticos en que la influencia política y económica de los Estados Unidos ha sido importante, con la excepción de Japón. El modelo estadounidense se basa en el hecho de que la radiodifusión es una *actividad* que, aunque pública, se adjudica a empresas privadas cuyos objetivos son puramente comerciales. La única excepción en los Estados Unidos, la constituye el sistema de radiodifusión pública, PBS (Public Broadcasting System). Por ello, lo que se pretende de tales sistemas es su rentabilidad financiera, de modo que cada espectador es un consumidor potencial de la publicidad transmitida, bien sea ésta directa o subliminal.

Aunque en la actualidad el modelo europeo tiende a acercarse al americano, en algunos países prevalece aún el principio de que la radiodifusión es un *servicio público* cuya finalidad, además de entretener e informar, es la de cumplir otras funciones sociales como el apoyo a la educación, la reafirmación de valores nacionales y la armonía en la convivencia social, aspectos cuya rentabilidad no puede medirse en términos monetarios. Según este modelo, el Estado asume la obligación de llevar a todos sus habitantes las señales de radio y televisión sin otra restricción que la de que el espectador adquiera el receptor adecuado y, en algunos casos, pague un impuesto, generalmente modesto, para contribuir al mantenimiento del servicio, como ocurre en el Reino Unido. A consecuencia de esta diferencia de concepto en los modelos de televisión, el desarrollo en Europa ha seguido líneas diferentes a las de los Estados Unidos. En la actualidad el modelo que prevalece en casi todo el mundo es el comercial.

## 4.2.- Señal de video.

Resultaría extenso y, seguramente incompleto, hacer una reseña histórica de la televisión, cuyos orígenes se remontan a las últimas décadas del siglo XIX. Los intentos para transmitir imágenes a distancia por medios eléctricos se remontan a 1876,2 el mismo que año de la invención del teléfono. En esa época se conocía ya que la resistividad del selenio variaba según la luz incidente sobre él, de modo que tan pronto como Alexander Graham Bell demostró que era posible transmitir señales complejas por medios eléctricos, un buen número de inventores comenzaron a trabajar sobre la posibilidad de “ver mediante la electricidad”. Algunos de los esquemas propuestos se basaban en el empleo de un mosaico de detectores de selenio, en tanto otros invocaban la exploración o barrido de imágenes con uno o más puntos de selenio. La reproducción podía realizarse, en teoría, con sistemas tan ambiguos y variables como el movimiento de un lápiz, o la acción electroquímica sobre un papel tratado adecuadamente. La técnica fundamental sobre la que se desarrollaron los sistemas prácticos desde sus inicios, se basó en la *exploración* o *barrido* de la imagen a transmitir que, para tal efecto, se considera formada por un conjunto de líneas horizontales.

La imagen se explora línea a línea horizontalmente y, las líneas sucesivas, de arriba a abajo, de manera semejante a la lectura de una página, como se trata con algo más de amplitud en el capítulo 4. La idea del barrido es anterior a la televisión y se remonta al *pantelégrafo* de Caselli alrededor de 1860 y de algunos otros que consiguieron la transmisión telegráfica de textos escritos con tinta especial, explorándolos de manera semejante al facsímil. En este caso se trata de imágenes *bitonales*, es decir sólo con tonos blancos o negros, a diferencia de la televisión monocromática en que lo que se transmite es una *escala de grises*, es decir de tonos continuos entre el negro y el blanco. En televisión es necesario disponer de un sensor optoeléctrico capaz de registrar los niveles variables de gris y no sólo los dos niveles de blanco o negro.

El primer invento que tuvo consecuencias prácticas fue el “telescopio eléctrico”, patentado por el inventor alemán Paul Gottlieb Nipkow en 1884 y que se basaba en un disco conocido después como “disco de Nipkow”, que se muestra esquemáticamente en la figura 1.1, con 24 agujeros equiespaciados sobre una espiral cercana a la periferia del

disco, que constituía lo que podría considerarse la cámara de televisión. La imagen a transmitir se enfocaba sobre una pequeña región en la periferia del disco, que giraba a 600 revoluciones por minuto.

Según giraba el disco, la luz proyectada a través de los agujeros, exploraba secuencialmente una imagen translúcida, a lo largo de una línea y una lente, detrás de la imagen, recolectaba las muestras de luz, correspondientes a cada punto de la imagen y las enfocaba sobre una única célula de selenio, en la que se producía una corriente eléctrica proporcional a la intensidad luminosa de cada elemento de la imagen. En el extremo receptor, Nipkow propuso utilizar un modulador magneto-óptico basado en el efecto Faraday, para hacer variar la intensidad luminosa de los elementos de la imagen reproducida en concordancia con los de la transmitida. Para formar la imagen era necesario un segundo disco, idéntico al primero y girando en sincronismo con él.

### 4.3.- Señal de audio.

La descripción del primer sistema de televisión totalmente electrónico se debe a Alan Archibald Campbell-Swinton, publicado en la revista "Nature" el 18 de junio de 1908. De manera semejante a Nipkow, Campbell-Swinton no llegó a una implementación práctica, pero describió sus ideas con gran detalle. Su sistema estaba basado en el *tubo de rayos catódicos* inventado en 1897 por Karl Ferdinand Braun en Estrasburgo. Campbell-Swinton propuso utilizar los tubos de rayos catódicos tanto en el transmisor como en el receptor, reconociendo que el problema principal era "visualizar un transmisor eficiente que, bajo la influencia de luz y sombra, pudiera variar suficientemente la corriente eléctrica transmitida de modo que pudiera producir las variaciones necesarias en la intensidad del haz electrónico en el tubo de rayos catódicos del receptor".

Boris Rosing, en el Instituto Tecnológico de S. Petersburgo en 1907, estuvo más cerca de la realidad. Desarrolló un sistema que realizaba la exploración de la imagen mediante un disco de Nipkow en el transmisor y un tubo de rayos catódicos de Braun en el receptor. La Revolución Bolchevique acabó con su trabajo, pero motivó a uno de sus discípulos, el físico Vladimir Kosma Zworykin, emigrado a los Estados Unidos en 1919, a continuar el trabajo y, primero en la empresa Westinghouse y luego en la RCA (Radio Corporation of

America), fue una de las personas que, probablemente, más hayan contribuido al desarrollo de la televisión, gracias en parte al patrocinio que le brindó David Sarnoff, entonces en la RCA.

En 1923, Zworykin solicitó la patente de sus ideas que, posteriormente, constituirían la base de los sistemas modernos de televisión. En 1924 demostró un receptor de televisión con un tubo de rayos catódicos de 7 pulgadas, con deflexión electrostática y electromagnética del haz electrónico. En el mismo año, demostró también un dispositivo electrónico que constituyó una revolución en el campo de la televisión: el *iconoscopio* (figura 1.5), con el que era posible la exploración electrónica de la imagen para su transmisión. En 1925, solicitó la patente de un sistema de televisión en color totalmente electrónico.

#### **4.4.- Pulso de sincronía.**

Los sistemas iniciales de televisión, en particular los electromecánicos, no obedecieron ningún estándar determinado, si bien todos se basaron en el mismo principio de barrido o exploración de la imagen línea a línea, de izquierda a derecha y de arriba a abajo, de forma similar a como se lee un texto. Las primeras imágenes estaban formadas por cuadros de 30 líneas (véase figura 1.3), de modo que su calidad era muy baja. Ya del cine se había aprendido que para reproducir imágenes en movimiento es necesaria una secuencia continua de cuadros, proyectada con rapidez suficiente como para que no produzca parpadeo y de al espectador una sensación de continuidad. En los inicios del cine se proyectaban 16 cuadros por segundo, lo que producía un parpadeo desagradable, posteriormente se aumentó a 24 cuadros y, aunque el parpadeo resultaba notorio, era algo más aceptable. Hay que notar que en un proyector de cine la película no se mueve de forma continua, sino a saltos, de modo que cada cuadro se para unos instantes frente a la lámpara del proyector y se proyecta la imagen completa sobre la pantalla, de ahí que las películas tengan perforaciones en las orillas en las que penetra una rueda dentada que proporciona ese movimiento discreto o a saltos.

En televisión no se puede transmitir la imagen completa de un cuadro, sino que es necesario transmitir secuencialmente uno a uno cada elemento de imagen que compone el cuadro. Esto es una complicación importante respecto al cine. Volviendo al parpadeo de la imagen, en el cine esto se resolvió proyectando cada cuadro dos veces sin aumentar la velocidad de la película. Para ello se introdujo un obturador en forma de dos brazos de una cruz de Malta que gira frente a la lámpara obstruyendo la luz y dejándola pasar dos veces hacia la pantalla mientras la película está parada. Esto da la sensación de que se proyectan el doble de cuadros y se reduce el parpadeo.

El número de líneas tiene que ver con la resolución de la imagen. Si el número de líneas es pequeño, el ojo no ve la imagen continua sino en franjas. Esto se aprecia en las imágenes de la figura 1.11, producidas con los primeros sistemas electromecánicos de televisión. Los primeros sistemas desarrollados por Baird tenían una resolución de 30 líneas que aún para imágenes muy pequeñas apenas puede resultar aceptable. El barrido a 48 líneas es algo mejor pero todavía la imagen es muy deficiente. El barrido a 150 líneas da lugar a una imagen razonablemente aceptable si es de dimensiones relativamente reducidas.

#### **4.5.- Funcionamiento del receptor.**

Hasta mediados de la década de 1950 los sistemas de televisión fueron monocromáticos, si bien en los años posteriores al término de la segunda guerra mundial y, principalmente en los Estados Unidos, se trabajó sobre la posibilidad de transmitir imágenes en color. Para era esencial que los sistemas de color fueran totalmente compatibles con los sistemas monocromáticos, es decir, los receptores monocromáticos debían poder reproducir, en blanco y negro, las señales transmitidas en color y, de la misma forma, los receptores de color, debían poder reproducir las señales monocromáticas. Se desarrollaron varios sistemas, cuyo detalle no analizaremos aquí y finalmente, el 17 de diciembre de 1953 se aprobó por la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos el sistema designado como NTSC<sup>9</sup> y se autorizó su funcionamiento comercial el 23 de enero de 1954. Fue adoptado luego por Canadá, Japón, México y posteriormente por la mayor parte de los países americanos con excepción de Argentina, Brasil y las colonias francesas y holandesas en América.

Estos temas se tratan con mayor amplitud en el capítulo 4. Entre 1953 y 1967 se desarrollaron en Europa dos sistemas de televisión en color que, aunque basados en los mismos principios del sistema NTSC, presentaban algunas variantes. En la década de 1950-60 aún no se disponía de medios para grabar la señal de televisión ni tampoco de cámaras portátiles de televisión, cosa que hoy nos parece de lo más normal. Las cámaras de televisión, en su mayoría eran monocromáticas, utilizaban orticones de imagen y tecnología de válvulas electrónicas, por lo que eran de dimensiones considerables y, dependiendo del modelo fácilmente podían pesar de 40 a 60 kg, como se aprecia en la figura 1.12. Las cámaras de televisión requieren de tres tubos o sensores de imagen. Las primeras utilizaban tres orthicones y llegaban a pesar cerca de 100 kg. Como se aprecia en la figura 1.13.

#### 4.5.1.- Audio.

La señal de televisión está constituida, en general y en su forma más simple, por la señal de vídeo y la del audio asociado. Estas señales son eléctricamente independientes y se generan de forma diferente, si bien deben guardar una relación precisa entre sí. Cuando en la televisión se reproduce una escena del mundo real, para la generación de la señal de vídeo se emplea una *cámara*, que mediante un transductor opto-eléctrico, convierte la luz de la escena en una señal eléctrica. Si la escena ha sido previamente filmada en película, ésta se proyecta también sobre una cámara (telecine) de características similares. La señal eléctrica resultante puede manejarse en el dominio analógico o en el digital y sufrir diversos procesos antes de su transmisión en tiempo real, o bien puede ser almacenada en medios magnéticos (cinta o disco) u ópticos (videodisco), para su procesamiento y transmisión posteriores. Otra forma de generar señales de vídeo es por medios puramente electrónicos, en cuyo caso se tienen imágenes *artificiales* o *sintéticas*, de las que el ejemplo más común son los videojuegos y los dibujos animados. Así, las fuentes de señal de vídeo pueden ser cámaras, magnetoscopios, discos magnéticos u ópticos, computadoras, etc.

La señal de audio o sonido se genera de forma independiente a la de vídeo y dicha generación puede ser simultánea, como en el caso de una escena real o una película, o bien el audio puede insertarse posteriormente mediante un proceso de *edición* o

*postproducción*, como ocurre con frecuencia cuando se agrega música o efectos sonoros a materiales visuales previamente grabados.

Es importante enfatizar que, tanto la señal de vídeo como la de audio en su forma original, son *analógicas* y, en los sistemas digitales requieren ser convertidas a señales digitales. En los capítulos 4 y 5 se tratan con mayor detalle las características de ambos tipos de señal. El conocimiento de la señal analógica de vídeo, independientemente de que los sistemas analógicos se empleen cada vez menos, es fundamental para comprender adecuadamente los procesos a que se somete la señal de vídeo en el dominio digital. En la realización de un programa de televisión o en un sistema de circuito cerrado, se utiliza generalmente más de una cámara y de una fuente sonora, por lo que es necesario mezclar las señales y, con frecuencia, agregar efectos especiales tanto visuales como audibles, para lo que se utilizan mezcladores<sup>12</sup>. Además es necesario sincronizar y distribuir las señales en el entorno del estudio<sup>13</sup> o centro de producción, así como efectuar las correcciones necesarias para mantener la calidad adecuada de las señales y visualizarlas en múltiples lugares mediante monitores, tanto de vídeo como de *forma de onda* y de audio. Las señales de los diferentes estudios deben también encaminarse adecuadamente, bien sea para su grabación o transmisión. En la figura 1.19 se muestra esquemáticamente, y muy simplificada, la porción del sistema correspondiente a la generación de la señal de vídeo.

#### **4.6.- Como se produce la imagen en la pantalla.**

La generación, transmisión y manipulación de imágenes y sonido ha pasado a ser una actividad cotidiana en las sociedades de los países desarrollados, de modo que la televisión tradicional es actualmente una parte, si bien importante, de un contexto mucho más amplio de las aplicaciones de la imagen y el sonido, de modo que no es fácil apegarse a lo que podrían designarse como clasificaciones tradicionales. Aun así, y desde el punto de vista de su aplicación, mantendremos la idea tradicional de que los sistemas de televisión pueden ser de difusión al público en general, ya sea en forma abierta o restringida, o bien puede tratarse de sistemas llamados de *circuito cerrado*, como los empleados para vigilancia, aplicaciones educativas, médicas, etc., o bien para uso personal,

doméstico o comercial. Según el tipo de señales que manejan, puede tratarse de sistemas analógicos o digitales y, según la calidad de la imagen transmitida se puede hablar de sistemas de definición limitada, estándar o alta. Estas clasificaciones no son las únicas y, como consecuencia de la evolución actual, surgen nuevos criterios. Sin embargo, las clasificaciones anteriores resultan suficientes para agrupar la mayor parte de los casos y permiten establecer un punto de partida para su estudio. Otros casos como la videoconferencia, la transmisión de imágenes y sonido por Internet o teléfonos móviles, la convergencia entre la televisión y las computadoras y otras numerosas aplicaciones que van surgiendo rápidamente, pueden tratarse como casos que requieren tratamiento particular y quedan fuera del contexto de esta obra. Aunque a corto o medio plazo, es decir unos cuantos años, los sistemas digitales de televisión prevalecerán y no es fácil predecir la supervivencia y aplicaciones de los sistemas analógicos en el futuro. Aún así, independientemente del tipo de sistema, nos referiremos aquí como sistemas de televisión a aquellos que obedecen estándares bien definidos por organismos internacionales de comunicaciones u otras instituciones normativas de alcance internacional y no a sistemas que siguen estándares *de facto*, producidas por fabricantes específicos. En este contexto, hay varias características que son comunes desde el punto de vista de clasificación de los sistemas de televisión.

*Tipo de transmisión.* En términos generales, puede hablarse de sistemas radioeléctricos o de cable, incluyendo en esta categoría a los de fibra óptica. Los sistemas radioeléctricos son aquellos en que el transporte de información se realiza mediante ondas electromagnéticas propagadas en el espacio y, a su vez, pueden clasificarse en sistemas terrestres, vía satélite o vía microondas terrestres, tanto punto a punto como de distribución a zonas amplias.

*Sistemas de barrido.* Según se mencionó en la sección 1.2, todos los sistemas de televisión se basan en la exploración o barrido de una imagen que se considera formada por un conjunto de líneas horizontales y éstas, a su vez, por una sucesión de elementos de imagen. La imagen, o *cuadro*, se explora línea a línea horizontalmente y de arriba a abajo. El número de líneas horizontales, así como el número de elementos en cada línea determinan la *resolución de la imagen*. Para mantener el ancho de banda en niveles aceptables se recurrió a un procedimiento ingenioso que consiste en dividir cada cuadro en dos *campos*, uno formado por las líneas pares y otro por las impares. En un primer barrido se exploran solamente las líneas impares y a continuación las pares. La cercanía

entre líneas y las características perceptuales de la visión humana producen un efecto similar al de la proyección de dos cuadros sucesivos, reduciéndose el parpadeo a niveles prácticamente imperceptibles. La frecuencia de cuadro se estableció, en unos casos en 30 por segundo (60 campos) y en otros en 25 (50 campos).

**Los principales sistemas de barrido que se han utilizado han sido los siguientes:**

405 líneas por cuadro, 25 cuadros por segundo. Estuvo en uso en Inglaterra desde 1936 hasta alrededor de 1980.

525 líneas por cuadro, 30 cuadros por segundo. El estándar para este sistema fue definido en los Estados Unidos y está en uso desde 1941. Es utilizado en todos los países de América con algunas excepciones y en Japón.

625 líneas por cuadro, 25 cuadros por segundo. Es el sistema utilizado en Europa y la mayor parte de los países de Asia, África y Oceanía.

819 líneas por cuadro, 50 cuadros por segundo. Fue utilizado en Francia, pero los inconvenientes que ofrece desde el punto de vista de ancho de banda (10 MHz), sin ofrecer ventajas apreciables en lo que respecta a calidad subjetiva de la imagen, hicieron que dejara de utilizarse.

En la actualidad los únicos sistemas de barrido utilizados, tanto en sistemas monocromáticos como de color, son los de 525/30 y el de 625/25 y, es muy importante hacer notar que el sistema de barrido es independiente del sistema de color y no deben confundirse.

En el caso de sistemas analógicos el barrido es, invariablemente, *entrelazado*, es decir, cada cuadro se divide en dos campos, uno formado por las líneas pares y otro por las impares. En los sistemas digitales es posible hablar de barrido entrelazado o de barrido *progresivo*, en que el cuadro no se divide en campos y se exploran secuencialmente todas las líneas. También es muy importante tener en cuenta que los sistemas o estándares de barrido de 525 líneas/30 cuadros y de 625 líneas/25 cuadros son para *televisión* y no son necesariamente los mismos que se utilizan para la reproducción de imágenes en

*computadoras*. Para los monitores de computadoras no hay un estándar de barrido definido y cada fabricante utiliza su propio estándar *de facto*, por lo que en este campo se encuentran diferentes frecuencias de línea y cuadro que en general, no son compatibles con las de televisión.

*Sistemas de color*. En la actualidad, prácticamente todos los sistemas de televisión tanto analógicos como digitales son de color. Hasta no hace muchos años podía hablarse de sistemas *monocromáticos* que sólo se transmite la información de brillo (luminancia), que da lugar a una imagen en escala de grises, lo que ha hecho común el uso del término *blanco y negro*. Sin embargo, una imagen en blanco y negro como por ejemplo el texto de esta página, es una imagen de sólo dos tonos, es decir, *bitonal*. Actualmente la tecnología ha hecho posible la realización de cámaras de color prácticamente microscópicas. Para reproducir una imagen de color se requiere, además de la información de brillo o luminancia de la escena, la información correspondiente a tres colores que se designan como primarios, mediante cuyas combinaciones es posible formar cualquier otro color.

#### **4.6.1.- Satélite.**

Máquinas que orbitan En esta exposición estudiaremos los satélites hechos por el hombre que orbitan la Tierra y el Sol, con instrumentos altamente especializados y que realizan cada día miles de tareas. Cada uno de estos satélites tiene muchas partes, pero hay dos partes comunes a todos los satélites conocidas como carga útil y el transportador

Un satélite es cualquier objeto que orbita o gira alrededor de otro objeto. Por ejemplo, la Luna es un satélite de Tierra, y la Tierra es un satélite del Sol.

La carga útil (*payload*) es todo el instrumental que el satélite necesita para hacer su trabajo. Esto puede incluir antenas, cámaras, radar y electrónica. La carga útil es diferente para cada satélite. Por ejemplo, la carga útil para un satélite climático incluye cámaras para capturar imágenes de formaciones de nubes, mientras que para un satélite de comunicaciones incluye grandes antenas para transmitir a la Tierra señales de TV o de telefonía.

El transportador (*bus*) es la parte del satélite que transporta al espacio la carga útil y todo su equipo. Mantiene todas las partes del satélite unidas y provee de energía eléctrica,

computador y propulsión al artefacto espacial. También contiene el instrumental que permite al satélite comunicarse con la Tierra.

#### **4.7.- Características generales.**

Desde sus albores, la humanidad siempre ha mirado el cielo con una mezcla de admiración y temor. El firmamento que los rodeaba era la morada de dioses y espíritus superiores, los cuales imaginaban a inmensa altura y les recordaban lo pequeña y lo mísera que era su existencia en comparación con la de aquéllos. Hoy en día, el cielo está habitado, no por los productos del alma humana como en la antigüedad, sino físicamente por máquinas que, impasibles y desde la enorme ventaja que les reporta la altitud en la que se mueven, intentan con su funcionamiento mejorar nuestra calidad de vida. Los satélites artificiales inician su singladura en 1957 con el lanzamiento del Sputnik I.

En la actualidad la variedad de satélites artificiales que rodean el planeta Tierra es sorprendente. Los satélites han revolucionado el mundo de las comunicaciones al proporcionar enlaces telefónicos por todo el mundo y retransmisiones en directo.

El control de las actividades espaciales ha constituido siempre una apuesta estratégica. Sin embargo, aproximadamente 45 años después de los primeros pasos de la conquista espacial, esta apuesta ha modificado su naturaleza: una rivalidad de carácter cada vez más económico, sobre todo entre Estados Unidos y Europa ha sustituido a la confrontación ideológica Este-Oeste. Pese a la disparidad de los medios, los países europeos disponen de bazas importantes para explotar plenamente el potencial que ofrecen las aplicaciones en el ámbito del espacio.

#### **4.8.- Satélite.**

Las actividades espaciales, surgidas en una época propicia para la realización de grandes proyectos tecnológicos, han de adaptarse hoy a una sociedad orientada hacia el progreso de los conocimientos y el papel primordial de la información, caracterizada por una demanda creciente de servicios personalizados, pero asimismo por la concienciación sobre la necesidad de actuar colectivamente para preservar nuestro entorno natural. En

este contexto, tres sectores de actividad parecen conformar en la actualidad el auténtico motor del desarrollo del sector espacial.

En primer lugar, y puesto que los satélites son vehículos de transferencia de información, el desarrollo del ámbito espacial está estrechamente ligado al desarrollo de la sociedad de la información. Ahora bien, la televisión y las radiodifusiones digitales, la telefonía móvil, los multimedia, Internet, los teleservicios, la navegación y la observación de la Tierra representan mercados enormes, llamados a un crecimiento considerable, para los que los satélites ofrecen ventajas considerables, aunque no constituyan la única respuesta. Se estima, por ejemplo, que el tráfico mundial vinculado a Internet vía satélite, que ha estado triplicándose cada año hasta nuestros días, se multiplicará por diez a finales de la década. Y, a su vez, se calcula que, hacia 2010, el mercado de productos y servicios relacionados con las actividades de navegación por satélite ascenderá a varias decenas de miles de millones de euros.

#### **4.9.- De un satélite puesto en órbita.**

En 1984 la NASA comenzó el desarrollo de la segunda estación espacial de grandes dimensiones, con el propósito de sustituir a la estación soviética MIR cuando ésta fuese retirada de su órbita en el año 1991 (ya que su lanzamiento se produjo en 1986 y estaba proyectada para una vida útil de 5 años). Este proyecto, conocido inicialmente como Estación "Freedom", estaba ideado para ser llevado a cabo en 10 años, y poder así colocar la estación en órbita en el año 1994. Aunque en un principio la estación pretendía ser una obra completamente estadounidense, los elevados presupuestos requeridos por la misma provocaron la colaboración de la NASA con otras agencias espaciales para la realización del proyecto.

Así, Canadá, Europa y Japón comenzaron a colaborar con EEUU para la realización de la estación espacial cuyo nombre cambió a Estación Internacional "Alpha". Pero incluso con la participación de las tres nuevas agencias espaciales, el proyecto resultaba demasiado costoso para ser llevado a cabo, y el periodo de desarrollo se incrementó mucho más de lo que en un principio estaba planeado.

Tras la separación de la URSS en 1989, el proyecto cambió nuevamente. La participación de Rusia en el desarrollo de la Estación Espacial se mostraría determinante para la realización de la misma. No solo la colaboración económica de la agencia espacial rusa posibilitaría al resto de los Estados participantes adecuar el presupuesto para poder continuar el proyecto, sino que la experiencia de este país en estaciones espaciales y su gran número de vehículos lanzadores pesados harían que la Estación Espacial se transformase en un hecho en vez de quedarse en un mero proyecto sobre el papel. Con la participación de Rusia la estación cambió de nuevo de nombre, denominándose sencillamente ISS (International Space Station). Pero éste no fue el único cambio acordado. La inclinación orbital para la que inicialmente estaba pensada,  $28.6^\circ$ , no era adecuada para la posición geográfica de las bases de lanzamiento rusas en Kazajstán, por lo que finalmente se fijó en  $51.6^\circ$ .

#### **4.10.- Rango de funcionamiento.**

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.

##### **Subsistema de potencia**

Éste genera y distribuye potencia eléctrica de corriente directa para soportar las operaciones del satélite durante todas las fases de la misión. La potencia primaria es proporcionada por radiación solar a través de las celdas solares de alta densidad hasta el fin de su vida; la potencia secundaria es proporcionada durante el lanzamiento y los eclipses por un sistema de baterías de níquel-hidrógeno.

##### **Subsistema de propulsión**

Se trata de un sistema integral bipropelante que permite la inserción en órbita, el control de orientación y las funciones de mantenimiento en su órbita geosíncrona.

## **Subsistema de telemetría y comando**

Éste proporciona la recepción y demodulación de comandos en la banda C para su alineación en el cubo imaginario de operación, y de comandos durante todas las fases de la misión.

Este permite ampliar y diversificar los servicios de comunicación satelital que actualmente existen, así como optimizar el uso del segmento espacial al permitir nuevas técnicas de explotación; también permite manejar las regiones de cobertura para la comunicación en diferentes bandas, como la banda C, Ku y L.

## **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.

## **4.11.- Telecable.**

La televisión por cable o CATV (*Community Antenna Television*), comúnmente denominada VideoCable o simplemente Cable, es un sistema de televisión por suscripción que se ofrece a través de señales de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores por medio de redes de fibra óptica o cable coaxial.

Además de CATV, dicho cable también puede proporcionar servicios de telefonía y acceso a Internet, es decir, triple play. Aprovecha las redes de televisión por cable de fibra óptica o cable coaxial para convertirlas en una línea digital o analógica.

Los cables de televisión usualmente se distribuyen a lo largo y ancho de las ciudades, compartiendo el tendido con los cables de electricidad y teléfonos; en oposición al método a través del aire que se utiliza en la radiodifusión televisiva tradicional, a través de ondas de radio, en la que se requiere una antena de televisión.

La televisión por cable surge por la necesidad de llevar señales de televisión y radio, de índole diversa, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que estos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas.

#### **4.12.- Funcionamiento.**

**(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

#### **4.13.- Formas de acoplamiento.**

**(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

#### **4.14.- Rango de frecuencia en operación.**

**(INVESTIGACION POR PARTE DEL ALUMNO)**

## REFERENCIAS:

- JUAN C. FERNÁNDEZ - DEPARTAMENTO DE FÍSICA – FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES – [WWW.FI.UBA.AR](http://WWW.FI.UBA.AR)
- FÉLIX MOLERO, EMILIO (2006). SISTEMAS DE RADIO Y TELEVISIÓN. MADRID: MCGRAWHILL.  
[HTTPS://WWW.HIRU.EUS/ES/FISICA/RADARES-Y-MICROONDAS](https://WWW.HIRU.EUS/ES/FISICA/RADARES-Y-MICROONDAS)  
[HTTPS://PERSONALES.UNICAN.ES/PEREZVR/PDF/INTRODUCCION%20AL%20RADAR.PDF](https://PERSONALES.UNICAN.ES/PEREZVR/PDF/INTRODUCCION%20AL%20RADAR.PDF)
- JUAN C. FERNÁNDEZ - DEPARTAMENTO DE FÍSICA – FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES – [WWW.FI.UBA.AR](http://WWW.FI.UBA.AR)
- ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES  
JOSÉ MANUEL HUIDOBRO  
*REVISTA DIGITAL DE ACTA2013*  
PUBLICACIÓN PATROCINADA
- ANTOLOGIA DE TELEPROCESOS Y REDES DE COMPUTADORA  
ADRIAN ALBERTO TREVIÑO BECERRA  
T E S I S EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIA DE LA ADMINISTRACION  
CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS