

---

# 1 REDES DE TELECOMUNICACION

## 1.1 CLASES DE REDES

Las actuales redes de comunicaciones se pueden dividir según su funcionalidad, independiente de la tecnología con la que se encuentran implementadas. Lo que nos lleva a la siguiente estructura genérica de una red de Telecomunicaciones.

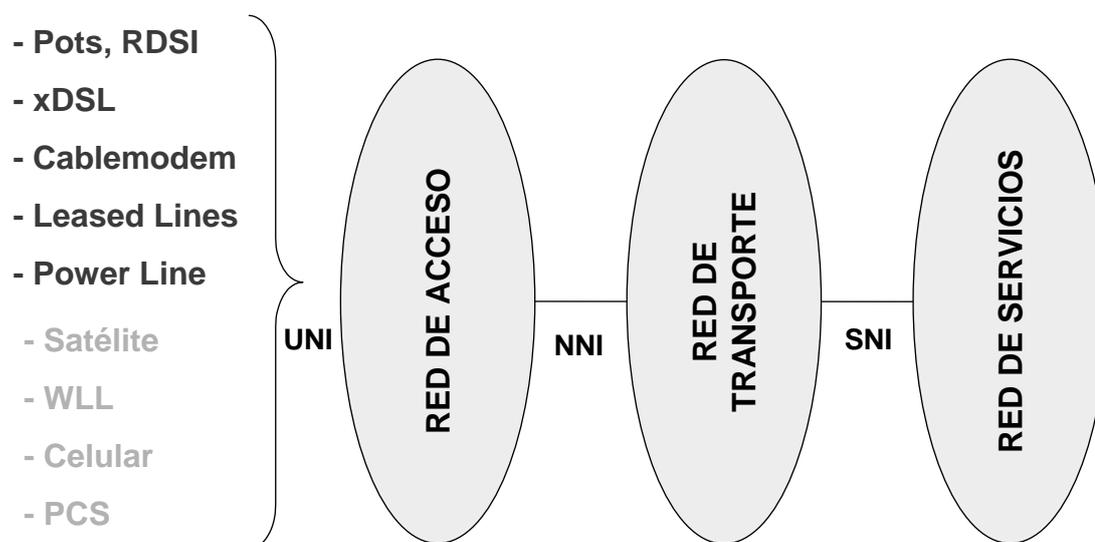


Figura 1 – Redes de Comunicación

- \* **La Red de Acceso** permite que los usuarios de diferentes servicios de telecomunicaciones puedan llegar a establecer enlaces de comunicación con los nodos de la red de servicio. Esta red de acceso está compuesta por las diferentes tecnologías y medios físicos hacia los usuarios, pudiendo ser cableados o sin cables. Se conectan a los nodos de acceso mediante las interfaces UNI (user-network interface).
- \* **La Red de Transporte** está compuesta por equipos que permiten la transmisión de la información de forma transparente entre las interfaces NNI (network-network interface).
- \* **La Red de Servicios** está compuesta principalmente por servidores y gateways hacia otras redes siendo los servicios más importantes los de acceso a Internet, de voz, de bases de datos y streaming de música y video. Reconectan a la red de transporte a través de la interface SIN (service-network interface)

---

+ **Los Accesos pueden ser:**

\* **Cables de pares.**

- Modems telefónicos y RDSI.
- xDSL

\* **Infraestructura óptica de red:**

- AON, PON
- "fiber to the..." remote (FTTR), curb (FTTC), house / building (FTTH / FTTB)

\* **HFC (híbrido fibra-coaxial).**

- Redes de distribución de TV coaxiales pueden ser transformadas en redes de servicios distributivos e interactivos.
- Se implementa un canal extra de regreso para servicios interactivos.
- La interfaz entre el coaxial y la fibra es mediante un nodo de fibra.
- Una terminación estándar en el abonado tiene interfaces para TV-cable, POTS, RDSI, etc.

\* **Red Inalámbrica de acceso.**

- Implantación rápida.
- Regreso rápido de la inversión.
- Un sistema de radio punto-a-punto puede conectar sitios remotos a un nodo central, con sistemas remotos de fibra ó DECT en el último kilómetro.

+ **Características:**

- El recurso disponible es limitado y hay una cantidad limitada de ancho de banda, ese ancho de banda puede ser atribuido a varios usuarios según su demanda

**DAMA:** *demand assignment multiple access*

**FAMA:** *fixed assignment multiple access*

- El ancho de banda requerido por los varios usuarios es distinto, puede ser atribuido bajo demanda o de forma fija

**DBA:** *dynamic bandwidth allocation*

**FBA:** *fixed bandwidth allocation*

- El múltiple acceso puede ser soportado de tres maneras:

**FDMA:** acceso múltiple por división en frecuencia.

**TDMA:** acceso múltiple por división en tiempo.

**CDMA:** acceso múltiple por división en código.

---

## 1.2 METODOS DE ACCESO

### + FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)

Donde la banda de transmisión es dividida en un determinado número de canales, los cuales son atribuidos a los usuarios a través de un proceso de asignación por demanda, o sea, en una RBS el usuario puede utilizar cualquiera de los canales que estén desocupados en el instante considerado. Esta técnica es la única aplicable a los sistemas analógicos.

Cada señal de información a ser enviada modula una portadora distinta. Todas las portadoras moduladas son agrupadas y transmitidas. En la recepción, las señales de cada usuario son separadas por filtros pasabanda adecuados (Ver figura 2). La interferencia entre canales adyacentes es determinada por el desempeño de los filtros utilizados y por la separación entre las portadoras. Como los filtros no son ideales, la señal de un determinado canal no estará totalmente confinada dentro de su banda, existiendo siempre un cierto grado de interferencia mutua.

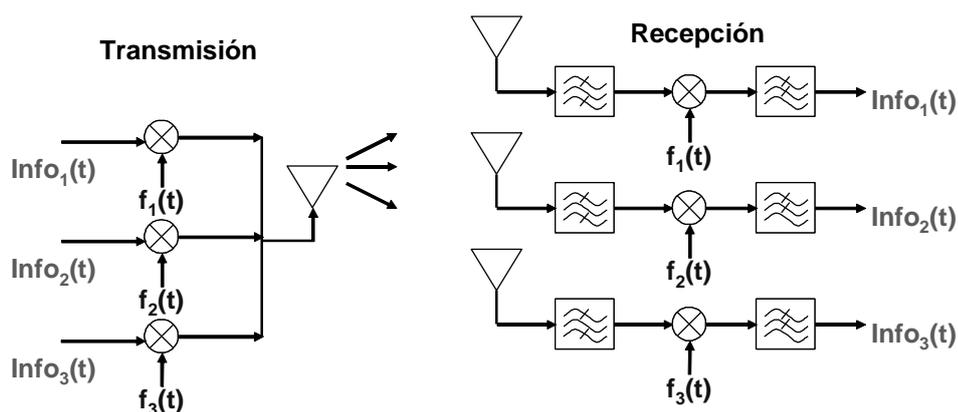


Figura 2 - Técnica FDMA

El sistema celular patrón AMPS, utiliza el FDMA. En este sistema el espectro disponible está dividido en canales de 30 kHz de ancho.

La selección de modos de propagación consiste en la elección adecuada de frecuencias de operación y antenas. El reuso de frecuencia en sistemas celulares es un ejemplo de utilización de esta técnica. El filtrado espacial se beneficia del uso de antenas directivas para maximizar la intensidad de la señal en la dirección deseada y minimizar la respuesta en la dirección de las señales interferentes, lo que es realizado por los sistemas celulares sectorizados.

### + Funcionamiento:

- \* Cada usuario transmite y recibe en un canal de RF banda estrecha.
- \* Ese canal es de uso exclusivo de cada usuario todo el tiempo.

---

\* La frecuencia de cada canal sólo puede ser reutilizada en un sitio distante, para evitar interferencias.

\* El arreglo celular permite una explotación al máximo de este sistema.

- Para el acceso por demanda, el usuario que desea transmitir solicita una frecuencia en un canal de acceso compartido y ocupa un canal útil después de su asignación por el controlador.
- Al estar inactivo, monitoriza un canal de búsqueda todo el tiempo para saber si tiene llamadas entrantes.

\* La modulación puede ser analógica (FM) ó digital.

### + TDMA (*Time Division Multiple Access*)

En este caso, cada usuario dispone de toda la banda de frecuencia durante un determinado período de tiempo denominado ventana (slot). Basta transmitir las muestras de la señal en un número finito de instantes para que sea reconstruido en el receptor (Véase figura 3. Muestras de otras señales pueden ser intercaladas en la transmisión y también recuperadas en la recepción a través de un detector síncrono adecuado. La interferencia entre canales adyacentes es limitada por este sincronismo, que permite la captación de la energía de una señal determinada, recibida en el tiempo correcto.

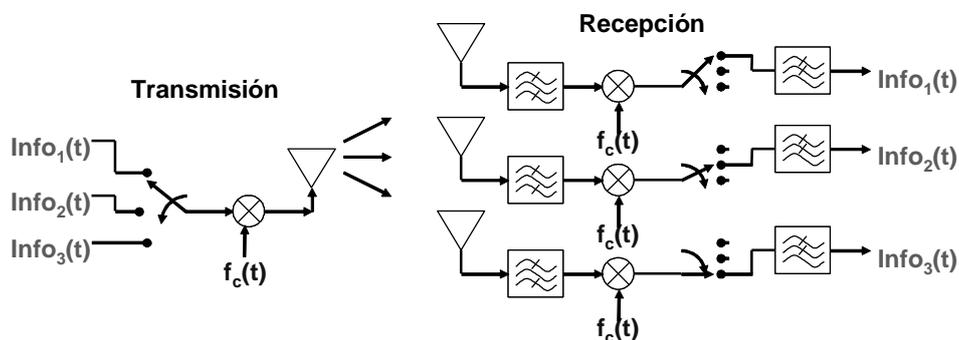


Figura 3 - Técnica TDMA

### + Funcionamiento:

\* Varios usuarios comparten una sola frecuencia.

\* El tiempo disponible para transmisión es dividido en ranuras.

- La base emite una señal TDM normal, con ráfagas en las respectivas ranuras.

\* Las estaciones remotas se sincronizan con esas ranuras.

- Las estaciones remotas emiten ráfagas durante las respectivas ranuras.
- Durante la etapa inicial de acceso al recurso, la estación base mide el tiempo de propagación desde la estación remota que emite para ello una ráfaga corta en el centro de su ranura.
- La estación base transmite el parámetro de avance de tiempo a la remota para que sus ráfagas no lleguen a la base solapadas con las ráfagas de otras remotas.

- La transmisión es digital y por ráfagas.
  - La modulación utilizada depende de la velocidad binaria requerida (para cierta eficiencia espectral) y de los parámetros del sistema.
  - Puede ser QPSK, 8-QAM, 8-PSK, 8-TCM, 16-QAM, 16-TCM, etc.
  - El acceso por demanda es similar al caso anterior.
  - Normalmente, los sistemas FDMA y TDMA son combinados.
  - La banda disponible es dividida en canales RF.
  - Cada canal RF soporta varios usuarios en ranuras de tiempo separadas.
- Ejemplos: GSM (canales de 200 kHz soportando 8 slots);  
TDMA IS-54 ó IS-136 (canales de 45 kHz soportando 3 slots)
- Velocidades binarias altas pueden ser soportadas con la ocupación de varios slots.

### + CDMA (Code Division Multiple Access)

Es una técnica donde a cada usuario se atribuye una secuencia de código distinta y todos utilizan la misma banda de frecuencias (Véase Figura 4). El código en cuestión provoca una dispersión del espectro de frecuencia relativa a la banda originalmente ocupada por el usuario. De aquí, esta técnica es también conocida por **DS-SSMA (Direct Sequence - Spread Spectrum Multiple Access)**. La técnica del Spread Spectrum consiste en combinar la señal de información con un código cuya tasa es muy superior. El resultado es una dispersión de la información en una banda mucho mayor del espectro. La ventaja del método es que la cantidad de energía por banda es muy pequeña, garantizando una mayor inmunidad a interferencias.

Además de esto, esta diferencia en la concentración de energía permite una fácil diferenciación y separación entre las señales dispersadas (codificadas) y no dispersadas, a pesar que utilicen una misma portadora en el tiempo.

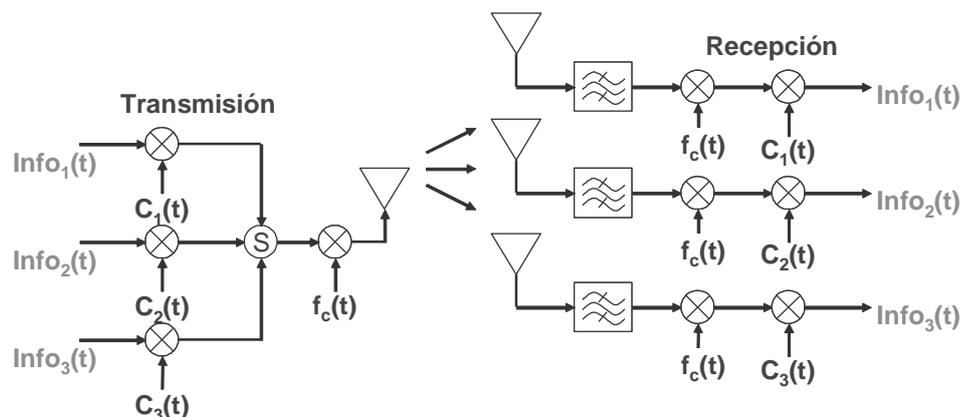


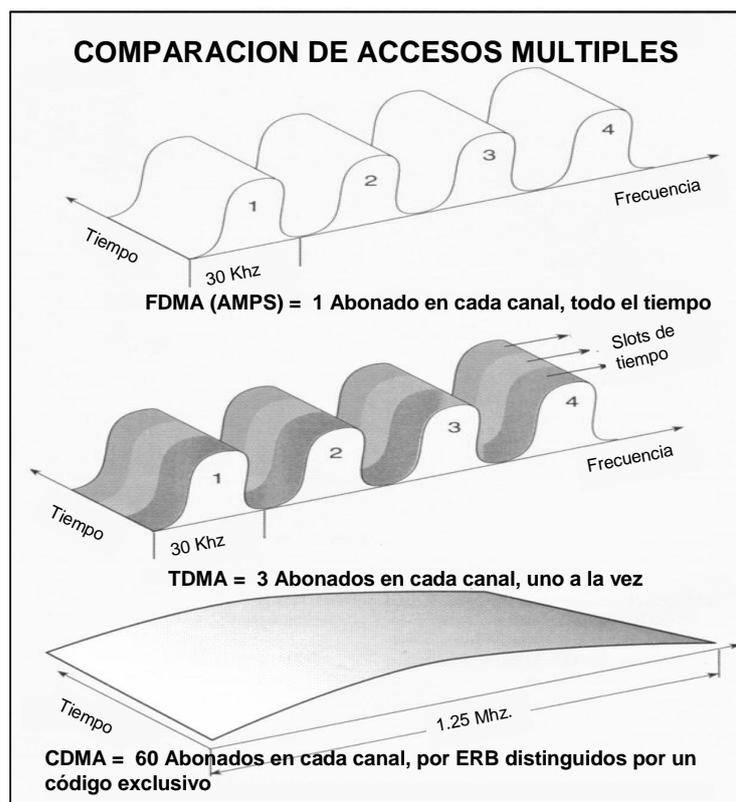
Figura 4 - Técnica CDMA

**+ Funcionamiento:**

- \* Es un sistema de espectro extendido.
- \* Todos los usuarios transmiten al mismo tiempo y en la misma frecuencia.
- \* Antes de modular la portadora, los datos son multiplicados por una secuencia pseudoaleatoria asignada de forma exclusiva a cada usuario.
  - De esta manera, el espectro es extendido (como si modulara una portadora de ruido blanco).
  - Para recuperar los datos, el receptor genera la misma secuencia, en fase y divide los datos por ella, obteniendo una predominancia estadística de los datos originales no obstante la potencia interferente estadística de las demás comunicaciones.
- \* CDMA tiene una ganancia por actividad restringiendo la emisión de cada remota o sólo cuando hay tráfico real.

**+ Sistemas Híbridos**

Los sistemas de comunicación pueden utilizar dos o más técnicas de acceso múltiple simultáneamente. La figura 5 muestra gráficamente las diferentes técnicas de acceso múltiple.



**Figura 5 - Comparación de las Técnicas**

- 
- + **FDMA y TDMA** - En estos sistemas las bandas de frecuencia disponibles son divididas en bandas más estrechas de 30 kHz de ancho (FDMA). Cada banda de 30 kHz soporta tres o seis canales con acceso TDMA, siendo por lo tanto, ambos sistemas de transmisión compatibles.

En ambos sistemas, el recurso está disponible a un usuario, una vez asignado a él, aún cuando él no transmite nada. Una forma de compartir ese recurso dinámicamente está siendo elaborada.

- Se trata del acceso inalámbrico por ATM.
- Uno de los proyectos europeos, por ejemplo, está estudiando accesos en distancias de hasta 100m, a velocidades de hasta 34 Mbit/s, en la banda de 19 GHz.
- En este tipo de acceso, el ancho de banda de cada usuario es negociado dinámicamente todo el tiempo.

- + **FDMA y CDMA** - En este sistema la banda disponible de 25 MHz es dividida en bandas más estrechas de 1,23 MHz de ancho. Cada banda de 1,23 MHz soporta hasta 64 canales con acceso CDMA.

Por lo tanto, la inserción de una portadora CDMA corresponde aproximadamente a un décimo de la banda celular (12,5 MHz) o 41 canales del sistema analógico (AMPS). En el sistema analógico con un factor de reuso de 7, la exclusión de estos 41 canales implica una pérdida de 6 canales por celda. En la banda donde la portadora CDMA fue insertada no pueden ser utilizados canales AMPS en la misma banda de frecuencias. Entretanto, en las demás celdas, esta banda (ocupada por la portadora CDMA) puede ser utilizada para canales AMPS, siempre que sean respetados algunos límites. Evidentemente, una operadora puede decidir por no reutilizar las frecuencias del sistema CDMA para canales AMPS en otras celdas. Esto puede ser realizado a través de la división del espectro, reservando una banda para el sistema digital y una banda para el sistema analógico.

Una banda de guarda es definida con la mínima separación entre canales AMPS y CDMA en una región que trabaja con los dos sistemas. Esta separación es necesaria para suprimir la interferencia entre ellos. La banda de guarda típicamente utilizada es de 270 kHz, que resulta en una separación de 900 kHz entre las frecuencias centrales de las portadoras CDMA y de las portadoras AMPS.

- + **FDMA, TDMA y CDMA** - Sistema PCS (Personal Communication System) basado en el IS 661, desarrollado por Omnipoint. En este sistema la banda de frecuencia disponible de 140 MHz (1,85 GHz a 1,99 GHz) es dividida en bandas más estrechas de 5 MHz. Una misma portadora es empleada para transmisión y recepción, utilizando para eso la técnica de acceso TDMA. Cada lado de la comunicación, Tx o Rx, soporta diversos canales con acceso CDMA.

---

### 1.3 OPERACIONES DUPLEX

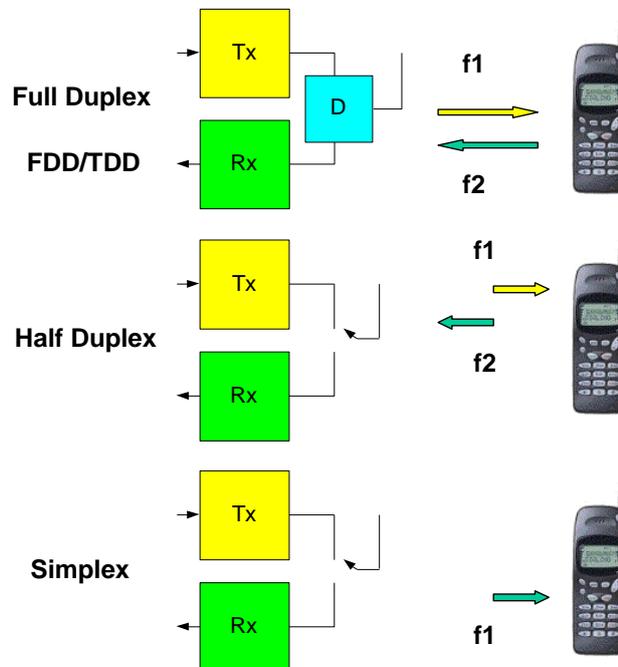
Excepto en situaciones especiales, la información vía radio se mueve en modo dúplex, que significa que para cada transmisión en una dirección, se espera una respuesta y entonces se responde en la otra dirección. Hay dos formas principales de establecer canales de comunicaciones dúplex.

#### + Dúplex por División de Frecuencia (FDD)

Debido a que es difícil y muy caro construir un sistema de radio que pueda transmitir y recibir señales al mismo tiempo y por la misma frecuencia, es común definir un canal de usuario con dos frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor. Todo lo que se necesita es añadir filtros en los caminos del transmisor y del receptor que mantengan la energía del transmisor fuera de la entrada del receptor. Se podría usar una antena común como un sistema de filtrado simple. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar el canal (par de frecuencias) en el modo full-duplex; es decir, el usuario puede hablar y escuchar al mismo tiempo.

#### + Dúplex por División de Tiempo (TDD)

Muchos sistemas de radio móviles, no requieren la operación full-dúplex. En estos sistemas se puede transmitir y recibir en la misma frecuencia pero no simultáneamente. Esta clase de dúplex se llama half-dúplex y es necesario que un usuario de una indicación de que ha terminado de hablar y está preparado para recibir respuesta de otro usuario.



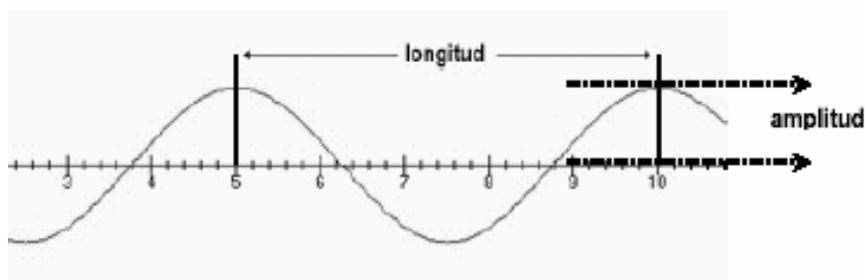
---

## 2 PROPAGACION ELECTROMAGNETICA

### 2.1 ONDA

La onda consiste en **una perturbación que se propaga** con una determinada dependencia espacio-temporal, que avanza o que se propaga **en un medio material o incluso en el vacío**.

En una onda se pueden distinguir:



\* **Amplitud:**

Es el valor máximo de la función de onda y corresponde al máximo valor que alcanza la perturbación en un punto.

\* **Período (T):**

Es el tiempo mínimo transcurrido para que en un punto se repita un mismo valor de la perturbación.

\* **Frecuencia (F):**

Es el número de veces que en la unidad de tiempo se repite el mismo valor de la perturbación en un punto. Equivale a la inversa del periodo y su unidad es el ciclo por segundo o Hertzio (Hz).

\* **Longitud de onda:**

Es la distancia mínima entre dos puntos con el mismo valor de la perturbación (se toman como referencia los picos) su unidad de medida es el metro.

$$\lambda = c / f$$

+ **Onda Portadora**

Como su nombre lo indica la **onda portadora** lleva (o porta) la señal de información. Por lo general se utilizan ondas senoidales de radiofrecuencia las que son capaces de viajar grandes distancias. Para proveerlas de información, las portadoras deben ser moduladas.

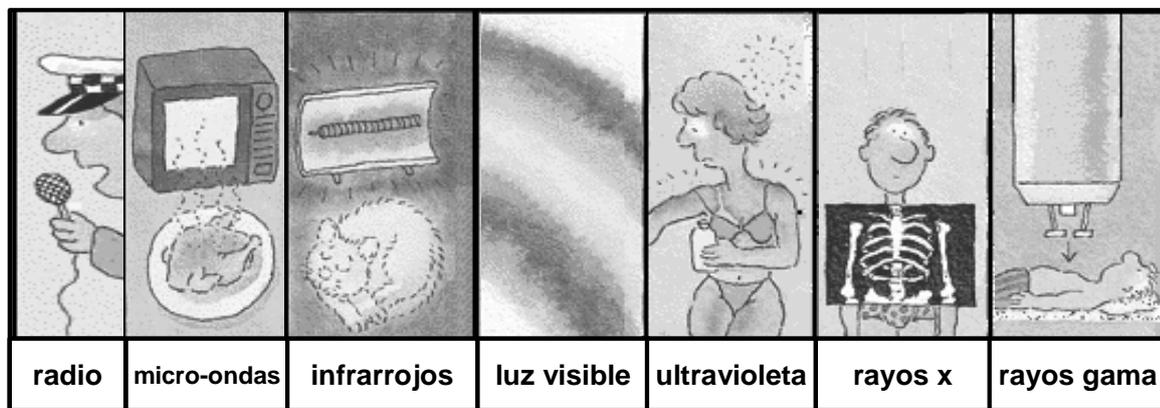
---

## 2.2 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

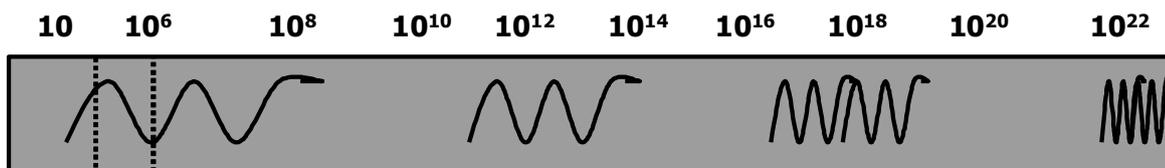
El espectro electromagnético esta compuesto por todas las ondas de diferentes frecuencias que se generan en la naturaleza.

Dependiendo de la frecuencia el espectro toma un nombre particular y se usan en diferentes tipos de aplicaciones

Los sistemas de telecomunicaciones utilizan un rango de frecuencias que oscila entre 3Khz y los 300 GHz. Este rango es llamado espectro Radioeléctrico



### Frecuencias en KHz



espectro radioeléctrico

*Espectro Electromagnético*

## 2.3 ESPECTRO RADIOELECTRICO

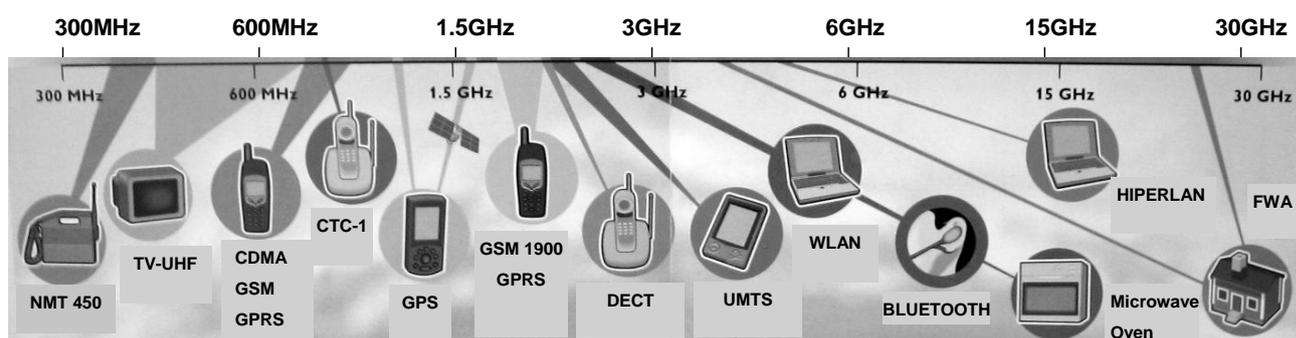
\* Recurso natural limitado por el cual se propagan las ondas radioeléctricas sin guía artificial, vale decir por el aire.

\* En el Perú su administración está asignada al MTC. Indicado el uso del espectro a través del PNAF: "Plan Nacional de Atribución de Frecuencias".

\* En todos los países el espectro está dividido en bandas que van desde 10 kHz hasta 300 GHz.

Número de la banda	Frecuencias	Banda	Subdivisión métrica ondas	Servicio Típico
4	3 - 30 KHz	VLF	miriamétricas	Señales Horarias; Radionavegación
5	30 - 300 KHz	LF	kilométricas	Radionavegación
6	300 - 3,000 KHz	HF	hectométricas	MF / AM
7	3 - 30 MHz	VHF	decamétricas	Onda Corta Internacional
8	30 - 300 MHz	UHF	métricas	FM, TV VHF
9	300 - 3,000 MHz	SHF	decimétricas	TV UHF, Celulares, Móvil por Satélite
10	3 - 30 GHz	EHF	centimétricas	Espectro Ensanchado, LMDS
11	30 - 300 GHz	SHF	milimétricas	Móvil por Satélite
12	300 - 3000 GHz		decimilimétricas	

**CLASIFICACION DE LAS BANDAS DE FRECUENCIA**

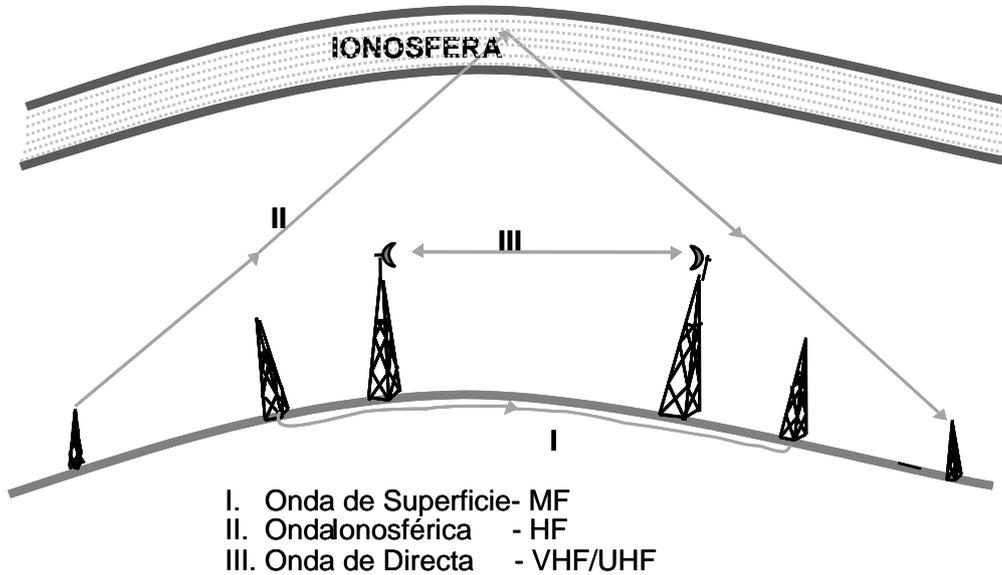


**2.4 PROPAGACION DE LAS SEÑALES RADIO**

\* **Onda de Espacio:** Conocida como onda directa viaja en línea recta desde la antena Tx hasta la antena Rx. Si ambas antenas están en tierra, el rango está limitado por la curvatura de la Tierra.

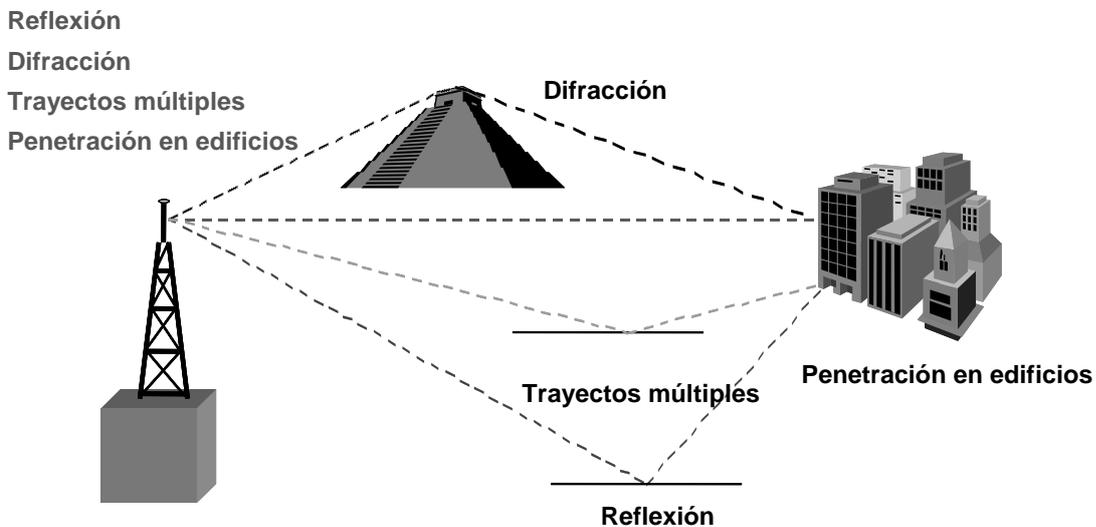
- \* **LOS – line of sight (línea de vista):** Línea que se obtiene al unir directamente las antenas de transmisión y recepción.

La propagación depende de la frecuencia



## 2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA PROPAGACION DE SEÑALES

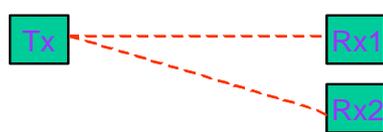
- \* **Fading:** Desvanecimiento de la señal.
- \* **Multitrayectoria:** Las señales llegan a la antena de recepción por múltiples caminos, por lo que estas señales son recibidas en diferentes fases. Esto implica que algunas señales se pueden sumar para formar una señal más robusta, mientras que otras se anulan causando que se debilite la señal



Los fenómenos de propagación dan origen a los desvanecimientos de las señales

### Técnicas Frente al Multitrayecto

- 
- \* **Diversidad:** Cuando se implementa la diversidad de espacio, 2 antenas son instaladas en el receptor. Estas antenas son instaladas varias longitudes de onda aparte para asegurar mínima correlación entre los dos caminos de Rx. De esta manera las 2 señales son combinadas y la intensidad de señal mejorada.



Diversidad de espacio



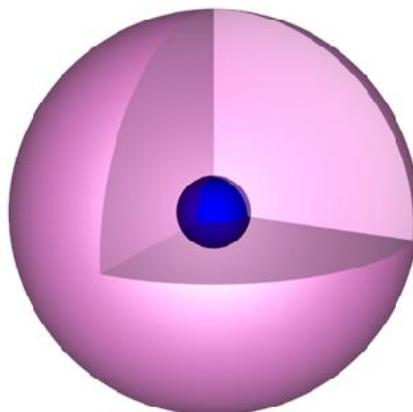
Diversidad de frecuencia



Diversidad de tiempo

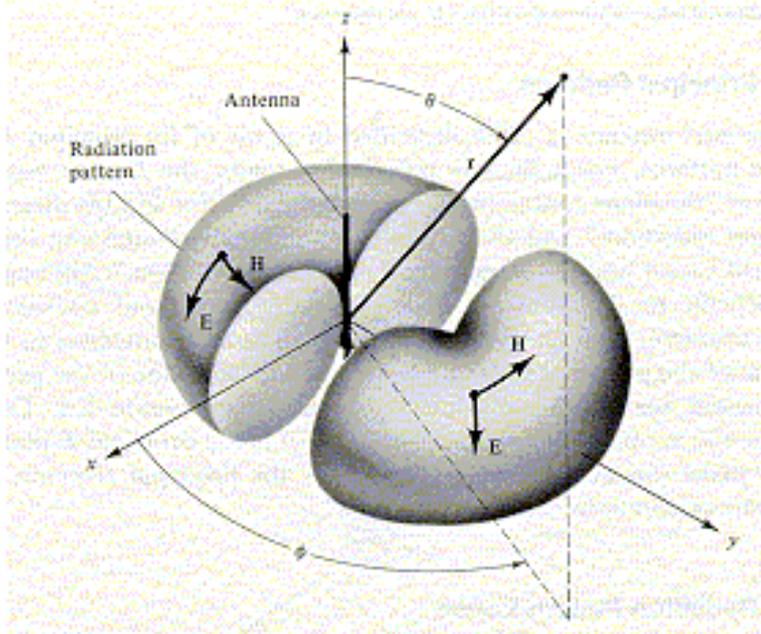
## 2.6 ANTENAS

- \* Son elementos radiantes usados para convertir la señal proveniente de los amplificadores en señal electromagnética que viajará por el aire hasta llegar a los móviles .
- \* **Antena Isotrópica:** Antena hipotética cuyas propiedades de emisión y recepción son iguales en todas direcciones; en otras palabras, su patrón de radiación es esférico.



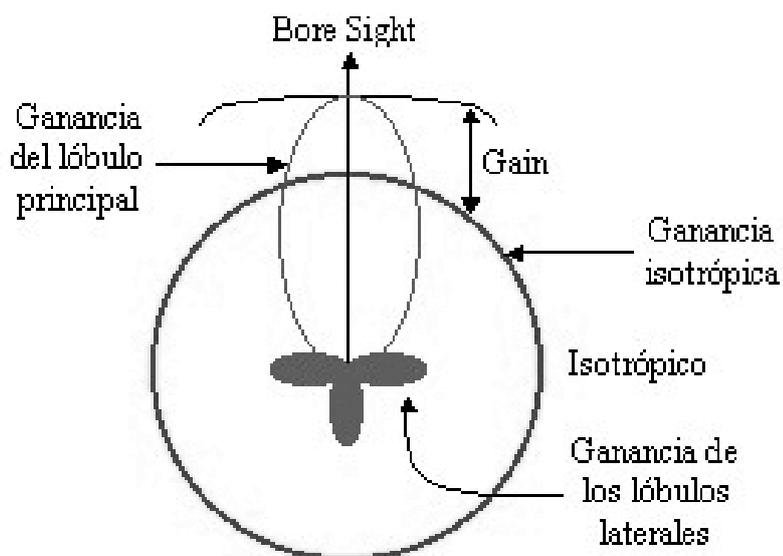
*Radiación Isotrópica*

- \* **Antena dipolo:** Antena constituida por dos partes simétricas conectadas por el punto medio de la antena a un aparato emisor o receptor. Tiene una ganancia relativa a la antena isotrópica de 2.14 dBi.

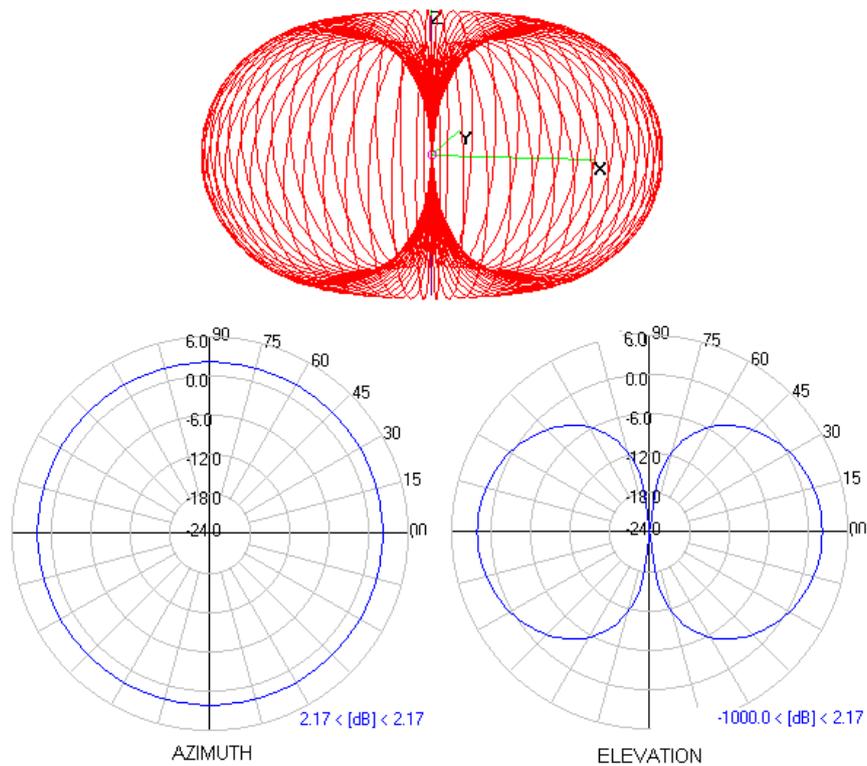


radiación de la antena dipolo

- \* **Ganancia de antena:** Es la relación de la intensidad de radiación en una dirección dada de una antena cualquiera con respecto a la de una antena isotrópica, alimentadas ambas antenas con la misma potencia de entrada. Salvo que se indique otra cosa, la cifra dada para la ganancia de una antena designa la ganancia en la dirección de su haz principal.



- \* **Patrón de Antena:** Representación gráfica del patrón de antena: Vertical y Horizontal.

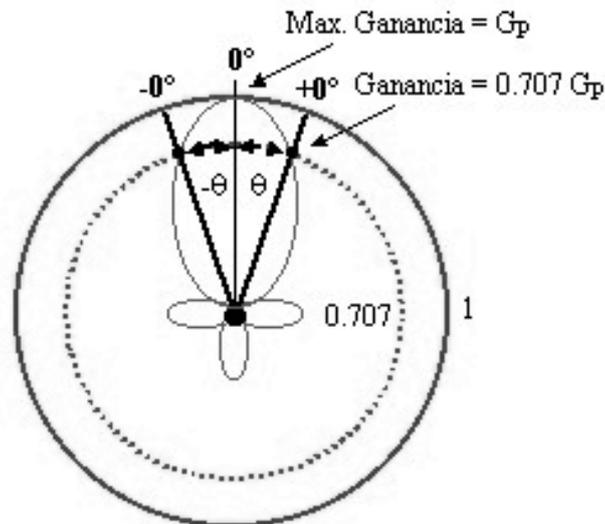


### Patrón de radiación para una antena dipolo

- \* **Azimuth:** Dirección en el plano horizontal indicada generalmente en grados a partir del norte y en el sentido de las agujas del reloj.
- \* **Antena  $\lambda/4$ :** Antena constituida por un solo elemento radiante y un plano de tierra, son las antenas convencionales para WLAN.



- \* **Angulo de abertura de haz (beamwidth)** : Angulo de abertura de un haz de ondas o de un haz electrónico, medido entre puntos de intensidad igual a determinada fracción (por lo general  $\frac{1}{2}$ ) de la intensidad máxima. Refiriéndose a una antena direccional, ángulo entre los puntos a  $-3$  dB respecto a la dirección de máxima radiación .



## 2.7 DECIBELIO

- \* **Decibel o decibelio (dB)**: Unidad logarítmica empleada para expresar la razón o el valor relativo de dos magnitudes de igual naturaleza: dos potencias, dos tensiones, dos corrientes . Cuando se comparan dos potencias, el número de decibelios,  $n$ , viene dado por la fórmula:

$$n = 10 \log(P2/P1)$$

- \* El **decibelio** se utiliza también como unidad de potencia absoluta, adoptando un valor fijo de referencia. En estos casos se suele utilizar la siguiente nomenclatura:  $dBr$ , donde  $r$  indica el valor que se ha tomado como referencia.

Así se tienen por ejemplo:

- **dBm**:  $10 \log (P(\text{mW}))$ , se toma como referencia 1 mW
- **dBW**:  $10 \log (P(\text{W}))$ , se toma como referencia 1 W

- \* **Potencia Radiada Efectiva (ERP)**

La potencia suministrada a la antena por una estación base o transmisor, aumentada por la ganancia relativa de la antena en una dirección dada y disminuida por las pérdidas en el camino de Tx. Se utiliza en el cálculo del área de cobertura. Usualmente se hace referencia a la antena dipolo (dBd).

---

Ejemplo:

- Potencia a la salida de la BTS: 44 dBm(25 W)
- Pérdidas en el combinador: -1 dB
- Pérdida en la línea de Tx: -3 dB
- Ganancia de la antena: 10 dBd
  
- ERP: 50 dBm(100 W)

## Resumen

En el presente capítulo hemos dado una rápida revisión de la tendencia de redes para brindar servicios a los usuarios, así como la forma en que se propaga la señal de radio las cuales son potenciadas por las antenas.

## Enlaces

### Redes de acceso

<http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml>

[http://platea.pntic.mec.es/~ggarci1/telefonía/telefonía\\_01.php](http://platea.pntic.mec.es/~ggarci1/telefonía/telefonía_01.php)

<http://www.dit.upm.es/doc/acceso/indices.html>

### Acceso Radio

<http://www.coit.es/publicac/publbit/bit105/jjkrusze.htm>

[http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacionesng/capitulos/09\\_e\\_l\\_acceso\\_radio\\_celular.pdf](http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacionesng/capitulos/09_e_l_acceso_radio_celular.pdf)

<http://html.rincondelvago.com/multiplexacion-de-canales.html>

### Antenas

[http://www.paramowifix.net/antenas/guiaondas\\_marshall.html](http://www.paramowifix.net/antenas/guiaondas_marshall.html)

<http://personales.ya.com/proyectoradio/webdocs/antenaustrip/AntenaMemoria.pdf>

- 1) Calcule los tamaños de la antena dipolo para los siguientes casos:
  - Teléfono celular en la banda de 850 Mhz
  - Equipo WLAN a 2,4 y 5,7 GHz.
- 2) Calcule la ERP para el caso de una tarjeta WLAN considerando una distancia de 10 metros de desde la tarjeta al cable y una antena con una ganancia mayor a 10dBi. (Para la tarjeta WLAN, el cable coaxial y la antena considera hojas de especificaciones técnicas de cualquier fabricante).