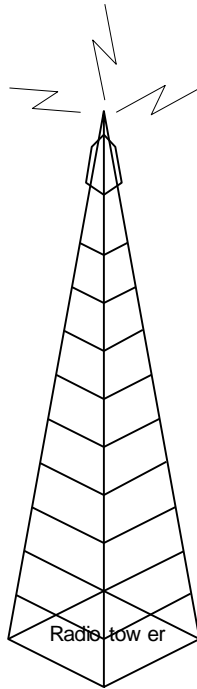


# REDES DE DATOS



## **LAN INALÁMBRICAS**

Ingeniero ALEJANDRO ECHAZÚ

[alejandroechazu@frba.utn.edu.ar](mailto:alejandroechazu@frba.utn.edu.ar)

# **GENERALIDADES**

## **APLICACIONES DE LAN INALÁMBRICAS**

### **1. Ampliación de redes**

**Empleo de Puntos de Acceso (AP) inalámbricos.**

**De celda única o multicelda.**

### **2. Inteconexión de edificios**

**Empleo de radioenlaces punto a punto, que une routers o bridges.**

### **3. Acceso nómade**

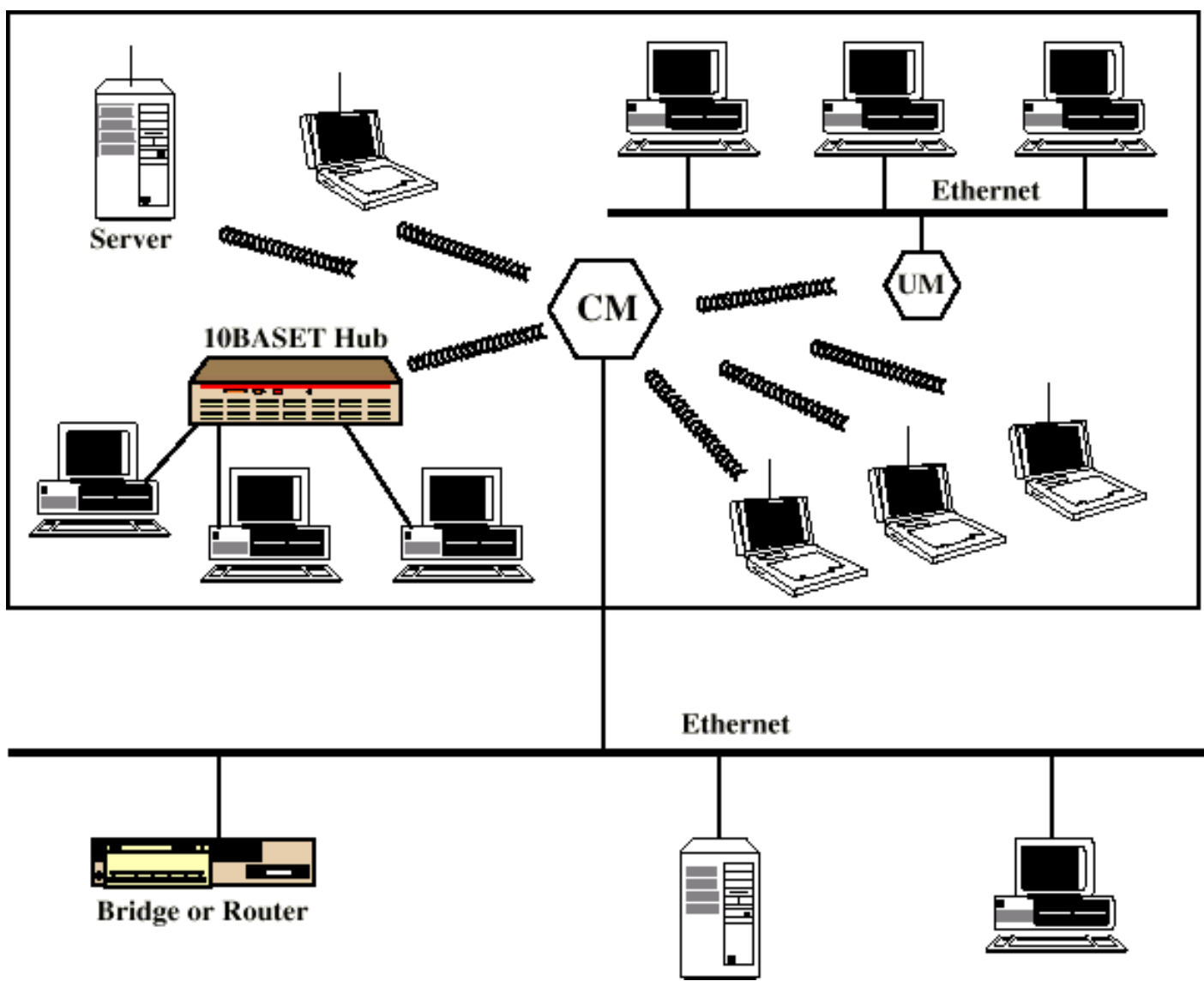
**Permite el acceso a una computadora móvil o portátil.**

### **4. Trabajo en red “ad hoc”**

**Sin servidor central. Peer to peer.**

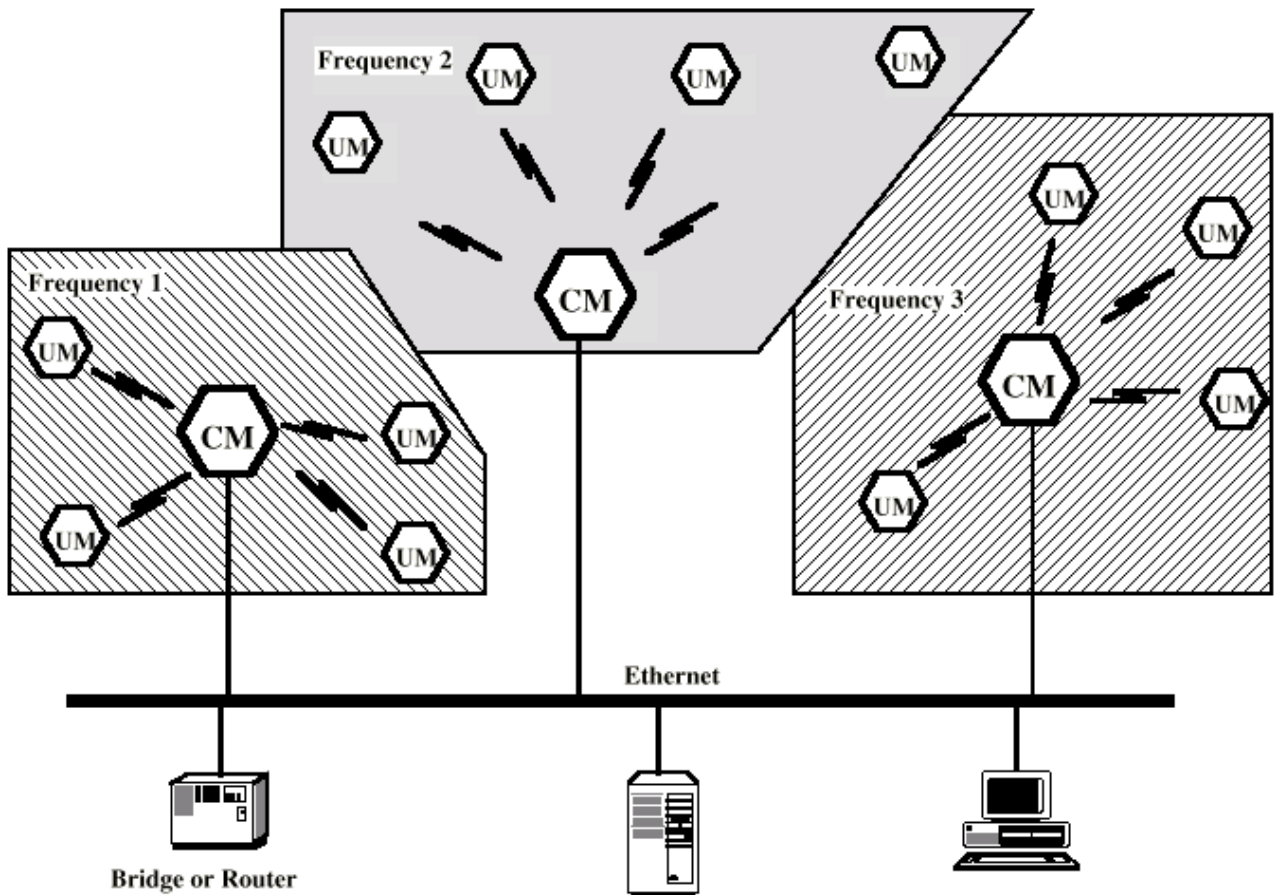
# LAN INALÁMBRICA DE CELDA ÚNICA

## AMPLIACIÓN DE RED

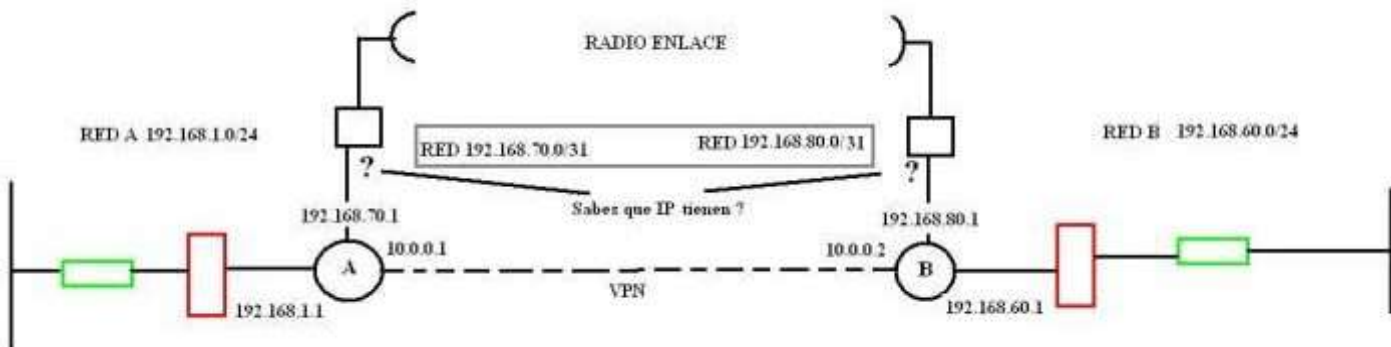


# LAN INALÁMBRICA MULTICELDA

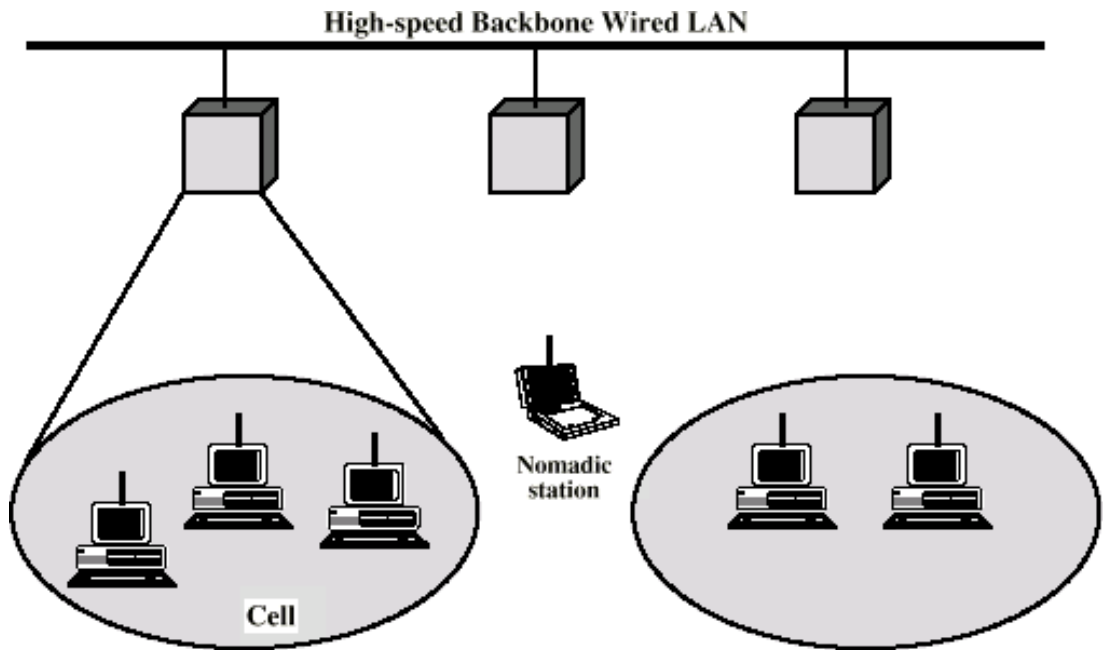
## AMPLIACIÓN DE RED



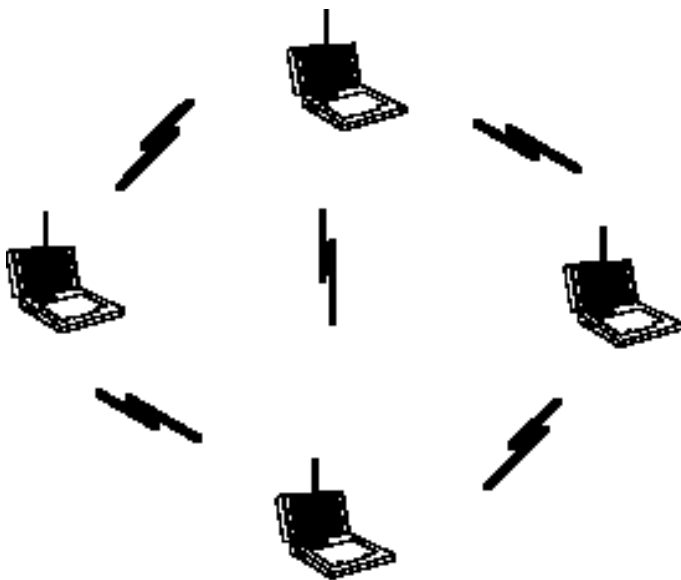
## INTERCONEXIÓN DE EDIFICIOS



# ACCESO NÓMADE DE LAN INALÁMBRICA



(a) Infrastructure Wireless LAN



(b) Ad hoc LAN

**ACCESO AD  
HOC “PEER TO  
PEER” DE LAN  
INALÁMBRICA**

# **REQUISITOS LAN** **INALÁMBRICAS**

- **Rendimiento**
- **Número de Nodos**
- **Conexión a la LAN troncal**
- **Área de Servicio**
- **Consumo de batería**
- **Robustez en la transmisión y seguridad**
- **Funcionamiento de redes adyacentes**
- **Funcionamiento sin licencia**
- **Traspaso (Handoff) / Intinerancia (Roaming)**
- **Configuración dinámica**

# **TECNOLOGÍAS DE LAN INALÁMBRICAS**

- **De Infrarrojos (IR)**

- Haz dirigido
- Omnidireccional
- Difusión (uso de reflector)

- **Radio por espectro expandido**

**Dos técnicas: Salto de Frecuencia y Secuencia Directa.  
Banda 900 MHz, 2,4 GHz y 5,8 GHz**

**Topología con concentrador o peer to peer**

**No necesita licencia del ENACOM.**

- **Radio (microondas) de banda estrecha**

**Se conoce también como radioenlaces.**

- **Con licencia del ENACOM (coordinación, sin interferencias, configuración en celdas). Banda 18 GHz.**

- **Sin licencia del ENACOM (configuración entre pares, baja potencia). Banda 5,8 GHz.**

# **ESPECTRO ENSANCHADO SPREAD SPECTRUM**



**HEDY LAMARR (1914 / 2000)  
ACTRIZ E INVENTORA DE LA TÉCNICA  
PATENTE DE SISTEMA DE COMUNICACIONES  
SECRETO**

**9 DE NOVIEMBRE DÍA DEL INVENTOR  
INTERNACIONAL**

<https://www.dailymotion.com/video/x3arvt>



# TÉCNICAS DE ESPECTRO ENSANCHADO (SS)

Uso de una secuencia de expansión (pseudoaleatoria oseudoruido) en el tx y rx.

Más inmunidad a distintos ruidos (robustez).

Seguridad en las comunicaciones (baja detectabilidad y capacidad de encriptación).

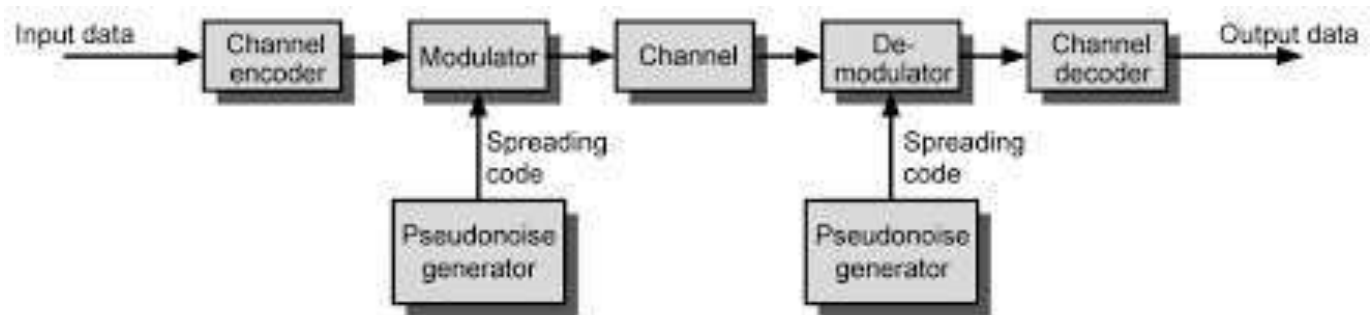
Permite varios usuarios en el mismo ancho de banda, con pocas interferencias.

Estas ventajas compensan la pérdida de **eficiencia espectral** ( $V_{tx} / AB$ ).

Con esta técnica no se requiere licencia para usar el canal radioeléctrico. En Argentina el organismo regulador es el ENACOM (ex-CNC).

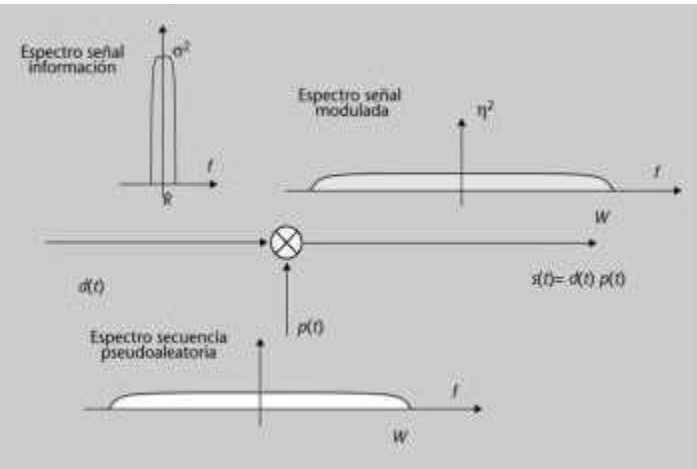
Tecnología de multiplexión (CDM) y acceso múltiple (CDMA).

Uso en las tecnologías Wi Fi y Bluetooth.

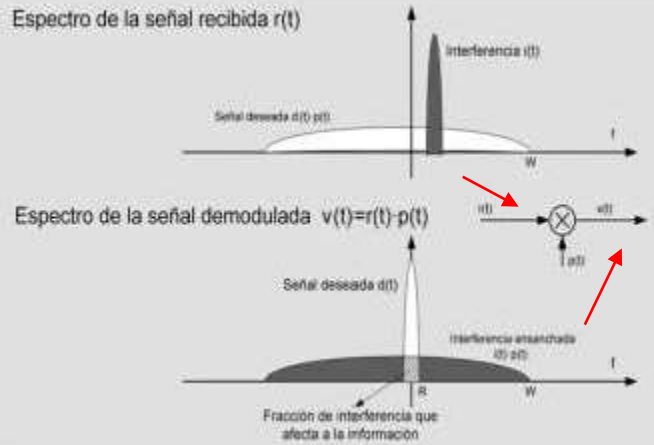


# PROCESO DE ESPECTRO EXPANDIDO

## TRANSMISOR



## RECEPTOR

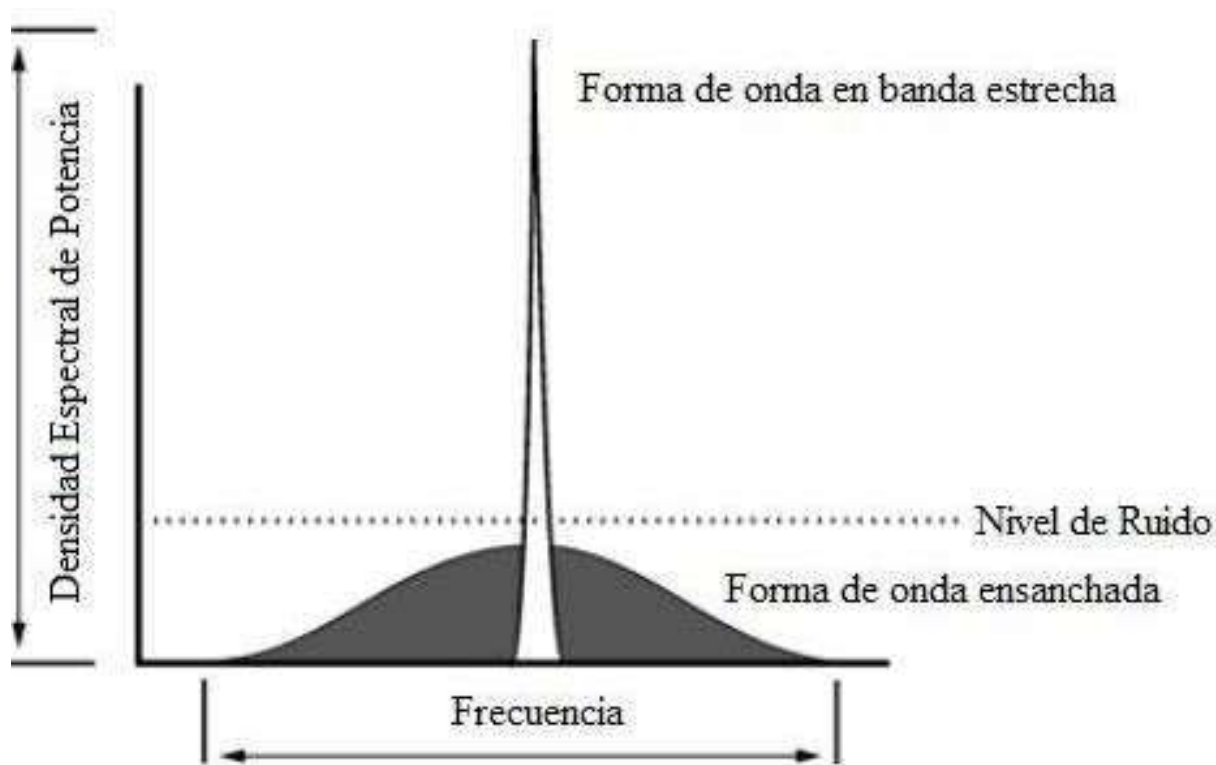


**SECUENCIA PSEUDOALEATORIA  $P(T)$**

**GENERACIÓN MEDIANTE UN MISMO CÓDIGO EN TX Y RX**

**TIENE PROPIEDADES DE LAS SEÑALES ALEATORIAS PERO NO LO SON**

# SECUENCIA DIRECTA



# SALTO DE FRECUENCIA

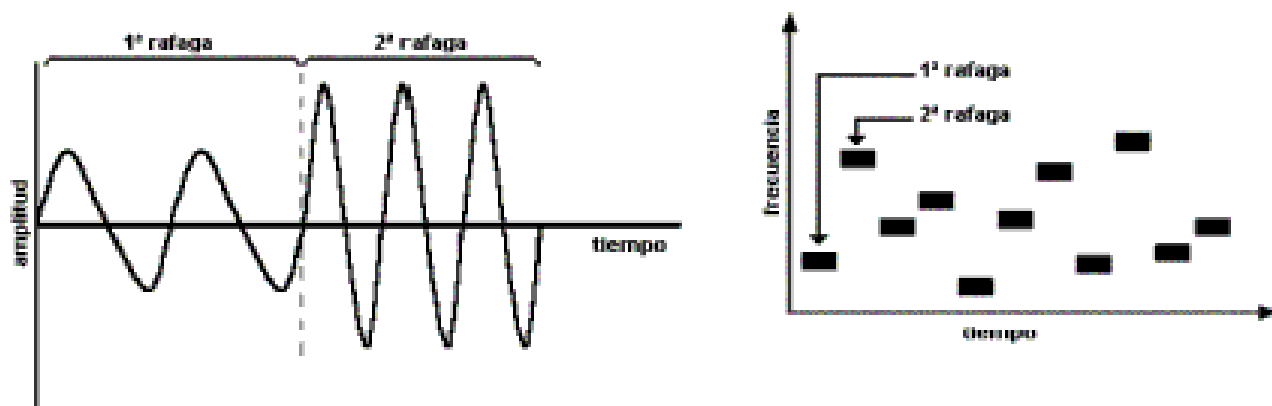
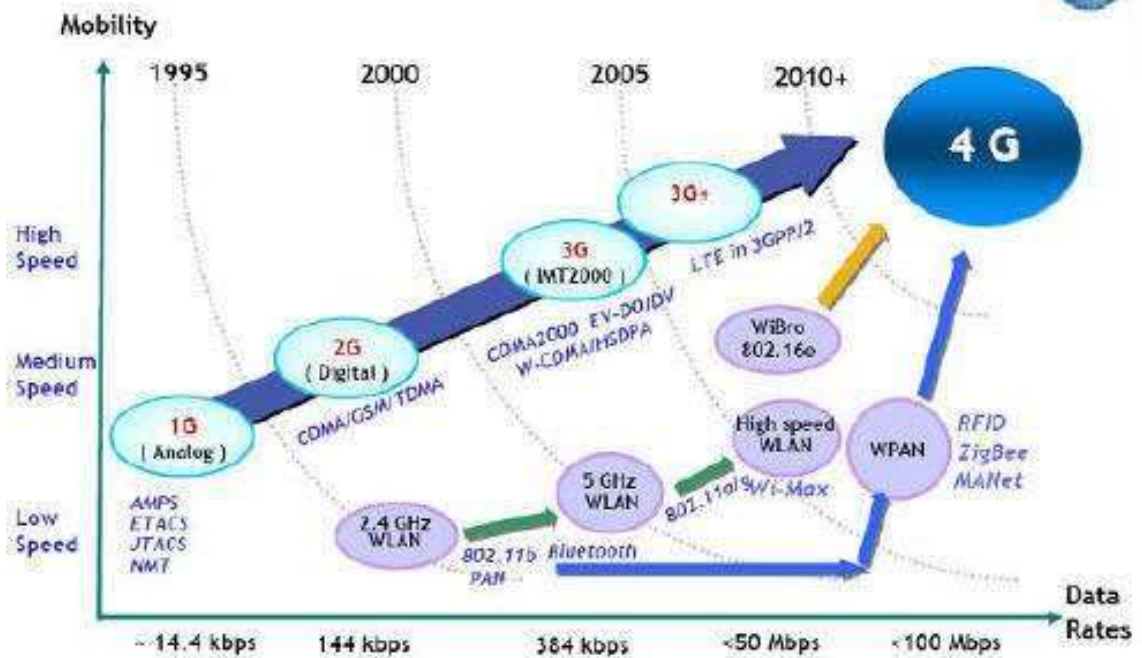
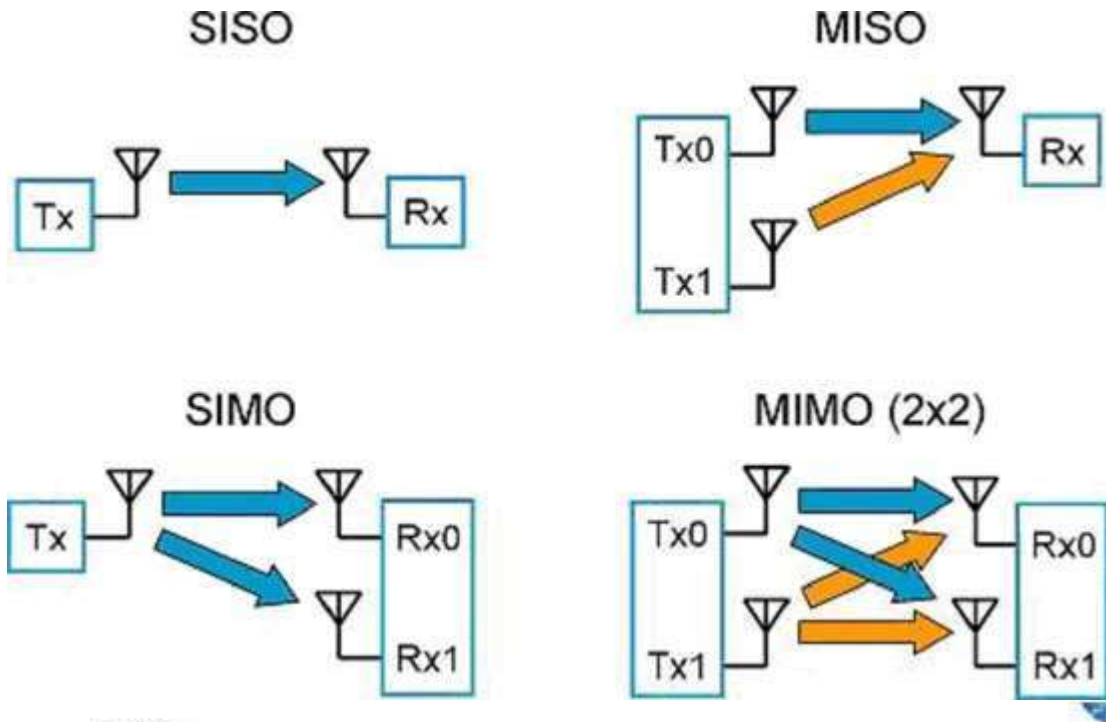


Figura 9: Gráfica de Codificación con Salto en Frecuencia

# Tecnología de radio MIMO

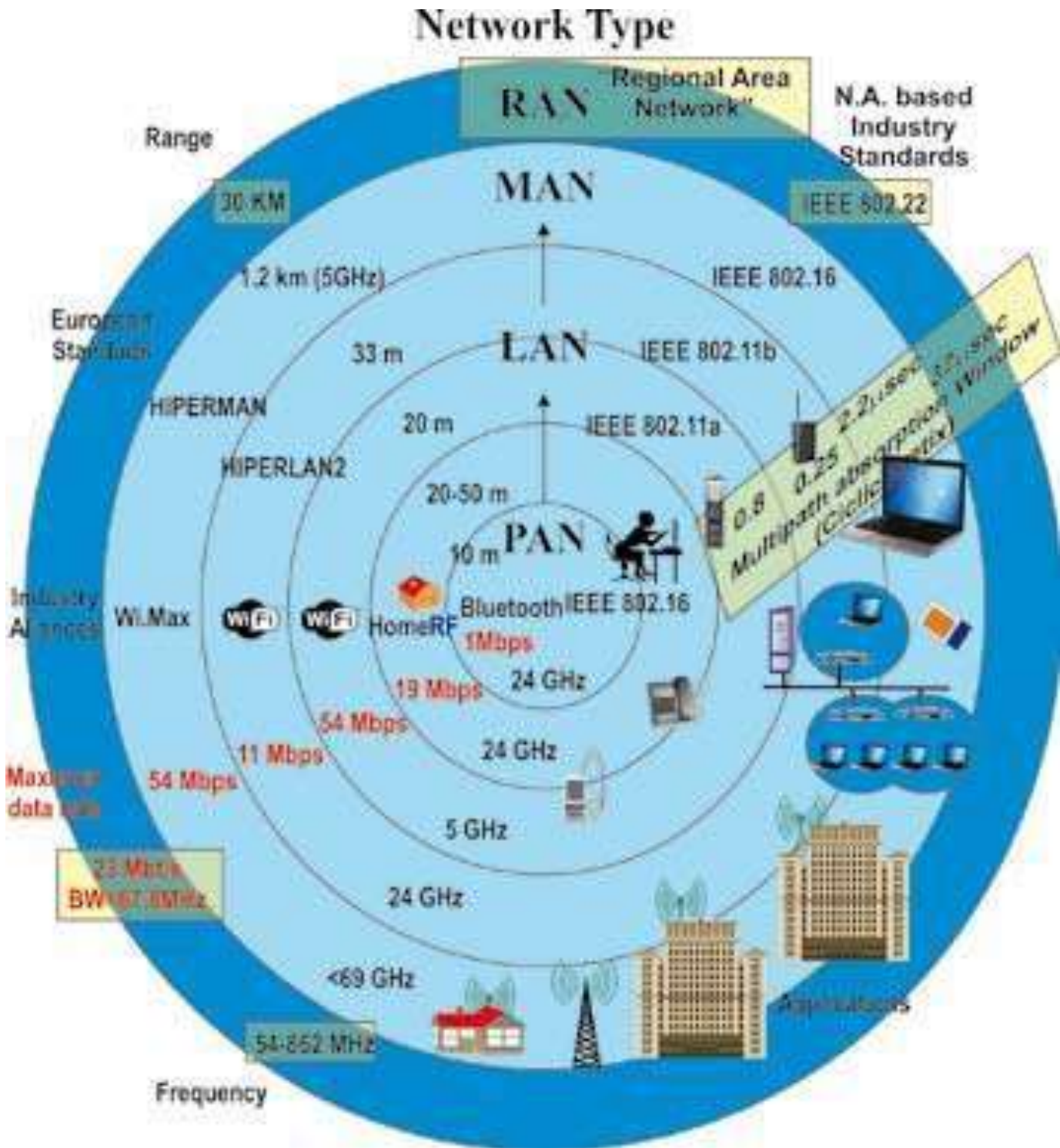
- Múltiples entradas / Múltiples salidas
- Comparación SISO, MISO y SISO



# Tecnologías inalámbricas para transmisión de datos

|                | Ejemplo<br>Norma  | Banda  | Vel máx<br>Alcance                                 | Técnica<br>Met Mod            |
|----------------|---|--|--|-------------------------------|
| WPAN           | <b>BLUE<br/>TOOTH</b><br><br><b>IEEE 802.15</b>                         | 2,4 GHz  | 1 Mbps a<br>24 Mbps<br>10 m                        | FH<br>GFSK                    |
| WLAN           | <b>WIFI</b><br><b>Ethernet sin<br/>cables</b><br><br><b>IEEE 802.11</b> | 2,4 GHz<br>5,8 GHZ                               | 11 Mbps<br>54 Mbps<br><br>50 m                     | DS<br>FH                      |
| WMAN o<br>WWAN | <b>WIMAX</b><br><br><b>IEEE 802.16</b>                                  | 2,3 a 3,5 GHz                                    | 54 Mbps<br>60 km                                   |                               |
| WRAN           | <b>IEEE 802.22</b>  | Espacios<br>libres entre 54<br>a 862 MHz<br>(TV) | 23 Mbps<br>33 km<br>pudiendo<br>llegar a 100<br>km | OFDMA<br><br>Sin<br>licencia. |

## GRÁFICO RESUMEN TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS



## WPAN



- **Protocolo de comunicaciones de bajo costo y poco alcance, que depende de la clase/potencia.**

| Clase   | Potencia máxima permitida (mW) | Potencia máxima permitida (dBm) | Alcance (aproximado) |
|---------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Clase 1 | 100 mW                         | 20 dBm                          | ~100 metros          |
| Clase 2 | 2.5 mW                         | 4 dBm                           | ~5-10 metros         |
| Clase 3 | 1 mW                           | 0 dBm                           | ~1 metro             |
| Clase 4 | 0.5 mW                         | 0 dBm                           | ~0.5 metro           |

- **Distintas velocidades de transmisión según la versión.**

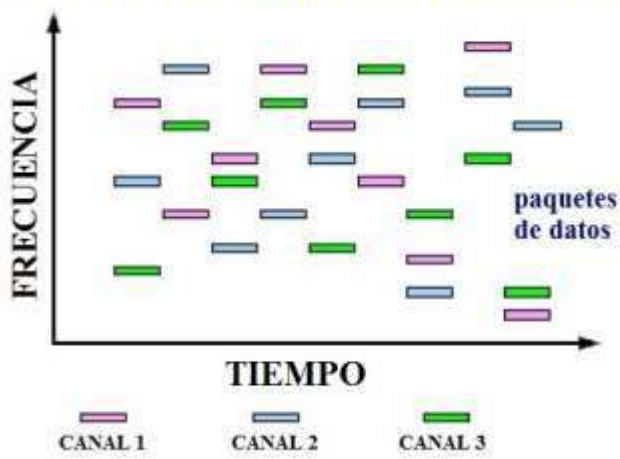
| Versión           | Velocidad de transmisión en Mbps       |
|-------------------|--|
| Versión 1.2       | 1 <a href="#">Mbit/s</a>               |
| Versión 2.0 + EDR | 3 <a href="#">Mbit/s</a>               |
| Versión 3.0 + HS  | 24 <a href="#">Mbit/s</a>              |
| Versión 4.0       | 32 <a href="#">Mbit/s</a>              |
| Versión 5         | 50 <a href="#">Mbit/s</a> <sup>3</sup> |

- **Norma IEEE 802.15**



- Puede usar 23 o 79 canales para los saltos de frecuencia (FH) según el país.

RED BLUETOOTH PROTOCOLO FHSS



| Area    | Banda de frecuencias (GHz) | Canales Bluetooth |
|---------|----------------------------|-------------------|
| USA     | 2.400-2.483,5              | 79                |
| Europa  | 2.400-2.483,5              | 79                |
| España  | 2.445-2.475                | 23                |
| Francia | 2.446,5-2.483,5            | 23                |
| Japón   | 2.471-2.497                | 23                |

- Cantidad de dispositivos limitados (8)
- Automatización de la conexión. Código PIN inicialmente para identificación.
- Ataque por BLUEJACKING (mensaje introduce virus). Si no se usa desactivar la función.



# NORMAS DE Wireless LAN

## IEEE 802.11 (Wi Fi)




<https://www.wi-fi.org>

| <b>Norma IEEE</b>           | <b>Características</b>  | <b>Frec Op y Vtx<br/>máx</b>                   |
|-----------------------------|---|--|
| <b>802.11 legacy</b>        | <b>DS-SS FH-SS IR</b>   | <b>Vtx 1/2 Mbps<br/>Fr 2,4 GHz</b>             |
| <b>802.11a</b>              | <b>OFDM</b>   | <b>Vtx 54 Mbps<br/>Fr 5 GHz</b>                |
| <b>802.11b</b>              | <b>DS-SS</b>  | <b>Vtx 11 Mbps<br/>Fr 2,4 GHz</b>              |
| <b>802.11g</b>              | <b>OFDM Compatible con b</b>  | <b>Vtx 54 Mbps<br/>Fr 2,4 GHz</b>              |
| <b>802.11n<br/>Wi Fi 4</b>  | <b>OFDM Compatible con a y b. Tecno SU<br/>MIMO<br/>Alcance 70 m (2,4 GHz). Modulación 64<br/>QAM</b> | <b>Vtx 300 / 600 Mbps<br/>Fr 2,4 y 5,8 GHz</b> |
| <b>802.11ac<br/>Wi Fi 5</b> | <b>Alcance 30 m. Modulación 256 QAM.<br/>Tecnología MU MIMO</b>                                       | <b>Vtx 7 Gbps<br/>Fr 5,8 GHz</b>               |
| <b>802.11ax<br/>Wi Fi 6</b> | <b>OFDM Modulación 1024 QAM. Tecno MU<br/>MIMO</b>  | <b>Vtx 10 Gbps<br/>Fr 2,4 y 5,8 GHz</b>        |



<https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6>

# NOVEDADES DE WI FI 6

| Generation of network connection | Sample user interface visual  |
|----------------------------------|---|
| Wi-Fi 6                          |  |
| Wi-Fi 5                          |  |
| Wi-Fi 4                          |  |



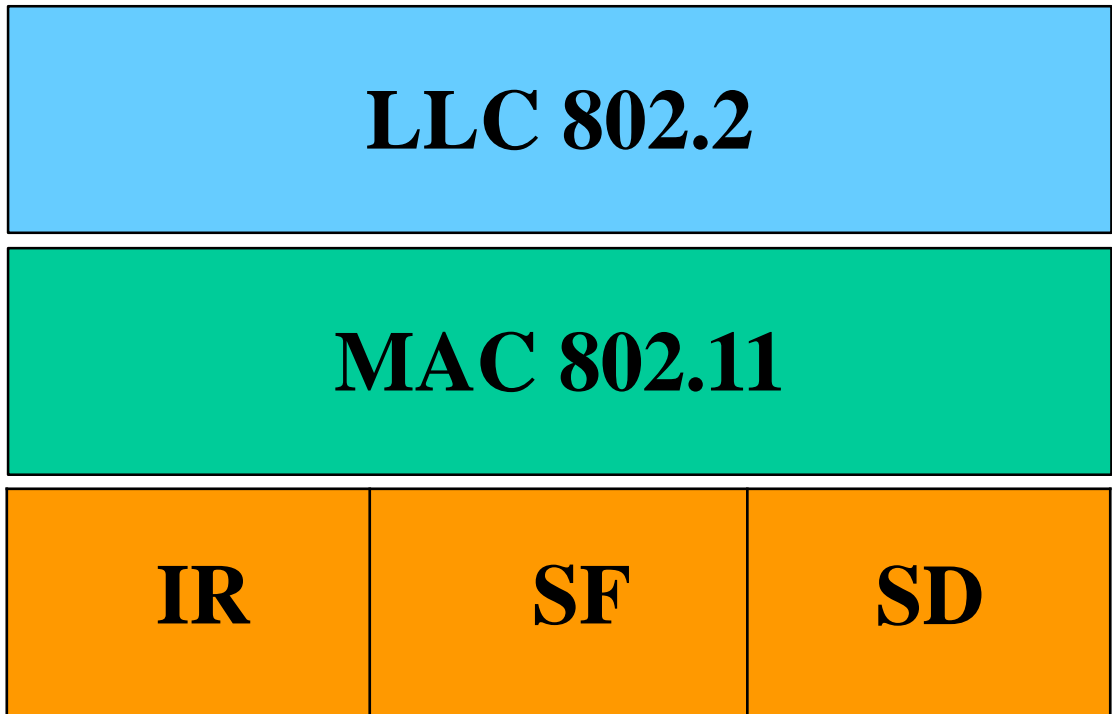
<https://www.xataka.com/especiales/que-wifi-6-que-va-a-mejorar-tu-red-wifi-casa-cuando-te-conectes-a-publica>

- Atiende los requerimientos de IoT (INTERNET de las cosas)
- Mayor capacidad y velocidad de transferencia de datos.
- Mayor eficiencia con alta densidad de usuarios.
- Uso de OFDMA para mejor el empleo con más dispositivos.
- Mayor duración de las baterías.
- Encriptación con protocolo WPA 3.
- Emplea BSS Color que evita interferencias de señales vecinas.

<https://www.xataka.com/basics/wifi-6e-6ghz-que-que-ventajas-supone>



# Modelo de Capas IEEE 802.11



IR (IR en inglés): Infrarrojo

EE-SF (FH-SS en inglés): Salto de Frecuencia

EE-SD (DS-SS en inglés): Secuencia Directa

# **FUNCIONAMIENTO DE CANALES INALÁMBRICOS**

**Mínima interferencia co-canal y otras interferencias (dispositivos bluetooth, microondas, parlantes, etc).**

**Ajuste a los canales óptimos de las bandas de frecuencias Wi Fi**

**Función autocanal.**

**Función de escaneo y cambio de canal.**

**Se comparten las frecuencias de las bandas 2,4 y 5,8 GHz. No requieren licencia.**

**La de 2,4 GHz es más usada. Tiene 14 canales para Wi Fi.**

**La de 5,8 GHz se congestiona menos.**

## 2.4GHz Channel Allocation

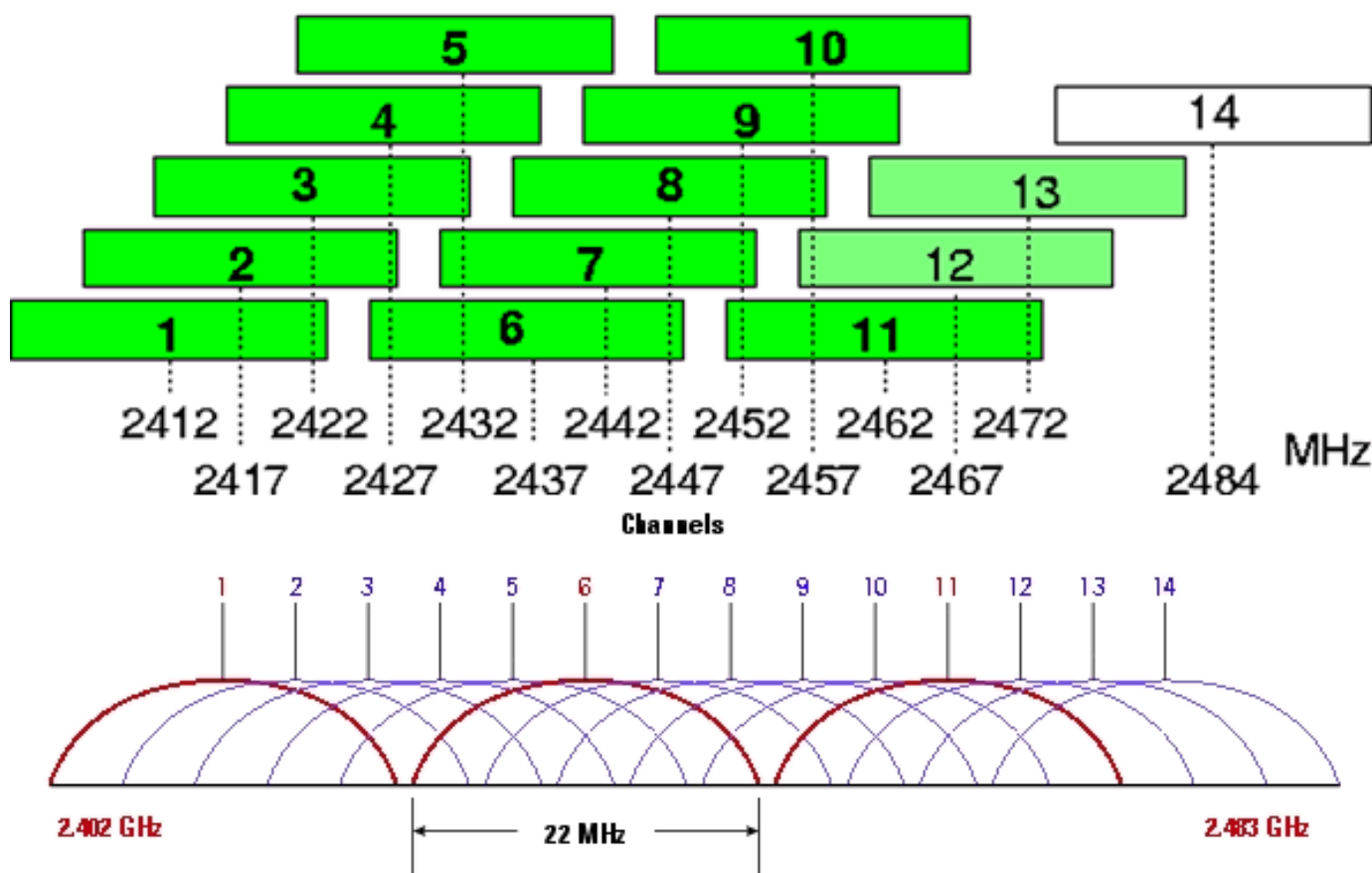
| Channel | Frequency<br>$f_c$ (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 1       | 2412                     | X  |
| 2       | 2417                     | X  |
| 3       | 2422                     | X  |
| 4       | 2427                     | X  |
| 5       | 2432                     | X  |
| 6       | 2437                     | X  |
| 7       | 2442                     | X  |
| 8       | 2447                     | X  |
| 9       | 2452                     | X  |
| 10      | 2457                     | X  |
| 11      | 2462                     | X  |
| 12      | 2467                     | X  |
| 13      | 2472                     | X  |
| 14      | 2484                     |    |

## 5GHz Channel Allocation

| Channel | Frequency<br>$f_c$ (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 184     | 4920                     |    |
| 188     | 4940                     |    |
| 192     | 4960                     |    |
| 196     | 4980                     |    |
| 208     | 5040                     |    |
| 212     | 5060                     |    |
| 216     | 5080                     |    |
| 36      | 5180                     | X  |
| 40      | 5200                     | X  |
| 44      | 5220                     | X  |

| Channel | Frequency<br>$f_c$ (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 48      | 5240                     | X  |
| 52      | 5260                     | X  |
| 56      | 5280                     | X  |
| 60      | 5300                     | X  |
| 64      | 5320                     | X  |
| 100     | 5500                     | X  |
| 104     | 5520                     | X  |
| 108     | 5540                     | X  |
| 112     | 5560                     | X  |
| 116     | 5580                     | X  |

| Channel | Frequency<br>$f_c$ (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 120     | 5600                     | X  |
| 124     | 5620                     | X  |
| 128     | 5640                     | X  |
| 132     | 5660                     | X  |
| 136     | 5680                     | X  |
| 140     | 5700                     | X  |
| 149     | 5745                     |    |
| 153     | 5765                     |    |
| 157     | 5785                     |    |
| 161     | 5805                     |    |

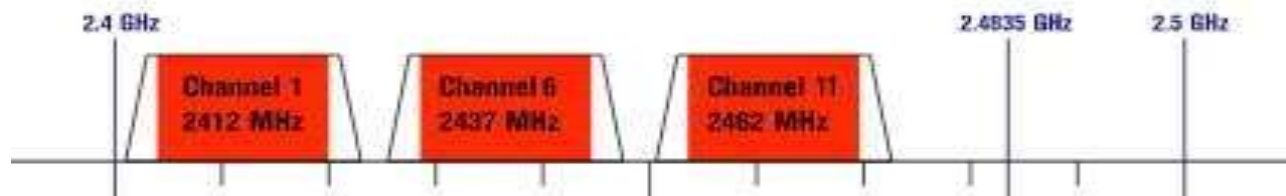


# Non-Overlapping Channels for 2.4 GHz WLAN

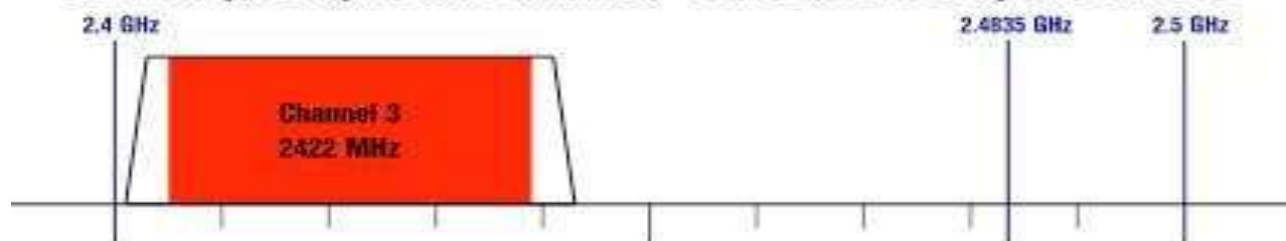
802.11b (DSSS) channel width 22 MHz



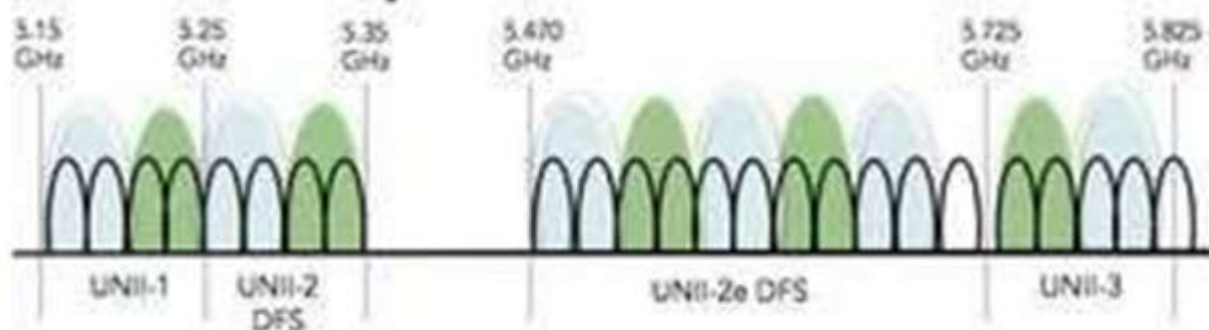
802.11g/n (OFDM) 20 MHz ch. width – 16.25 MHz used by sub-carriers



802.11n (OFDM) 40 MHz ch. width – 33.75 MHz used by sub-carriers



## The Wi-Fi Spectrum: 5GHz



- 21 non-overlapping 20 MHz channels
- 9 non-overlapping 40 MHz channels
- Only 4 non-DFS channels for bonding
- Creates channel planning problems similar to 2.4 GHz
- 5 GHz isn't a panacea, RF management is still king

## **WLAN (capa física)**

- **Ondas radioeléctricas. Área de cobertura. Velocidades de transmisión. Atenuaciones. Obstáculos.**
- **Instalación adecuada de los AP. Recomendaciones.**

## **ANÁLISIS DE COBERTURA DE LA RED INALÁMBRICA WI FI**

### **1.USANDO APLICACIÓN INFORMÁTICA**

**Aplicación NETSPOT.**

<https://www.netspotapp.com/es/features.html>

**Software para análisis de las áreas de cobertura de redes inalámbricas que permiten un rendimiento óptimo y seguridad.**

### **2. MEDICIONES DE VELOCIDADES CON DISPOSITIVOS MÓVILES**

**Con aplicación para distintos sistemas operativos que hace mediciones y puede evaluarse con cierta aproximación.**

<http://www.speed-test.es/>

<https://www.speedtest.net/es>

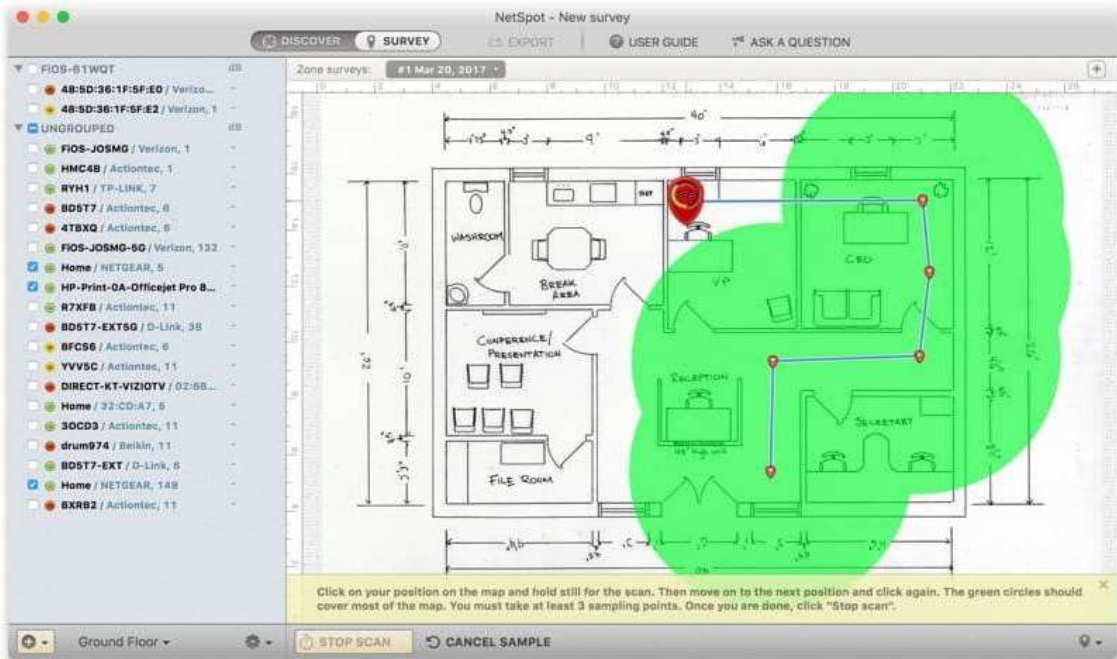
<https://wifi-analyzer.uptodown.com/android>



# CAPA FÍSICA

## 1º paso con NETSPOT.

<https://www.netspotapp.com/es/features.html>

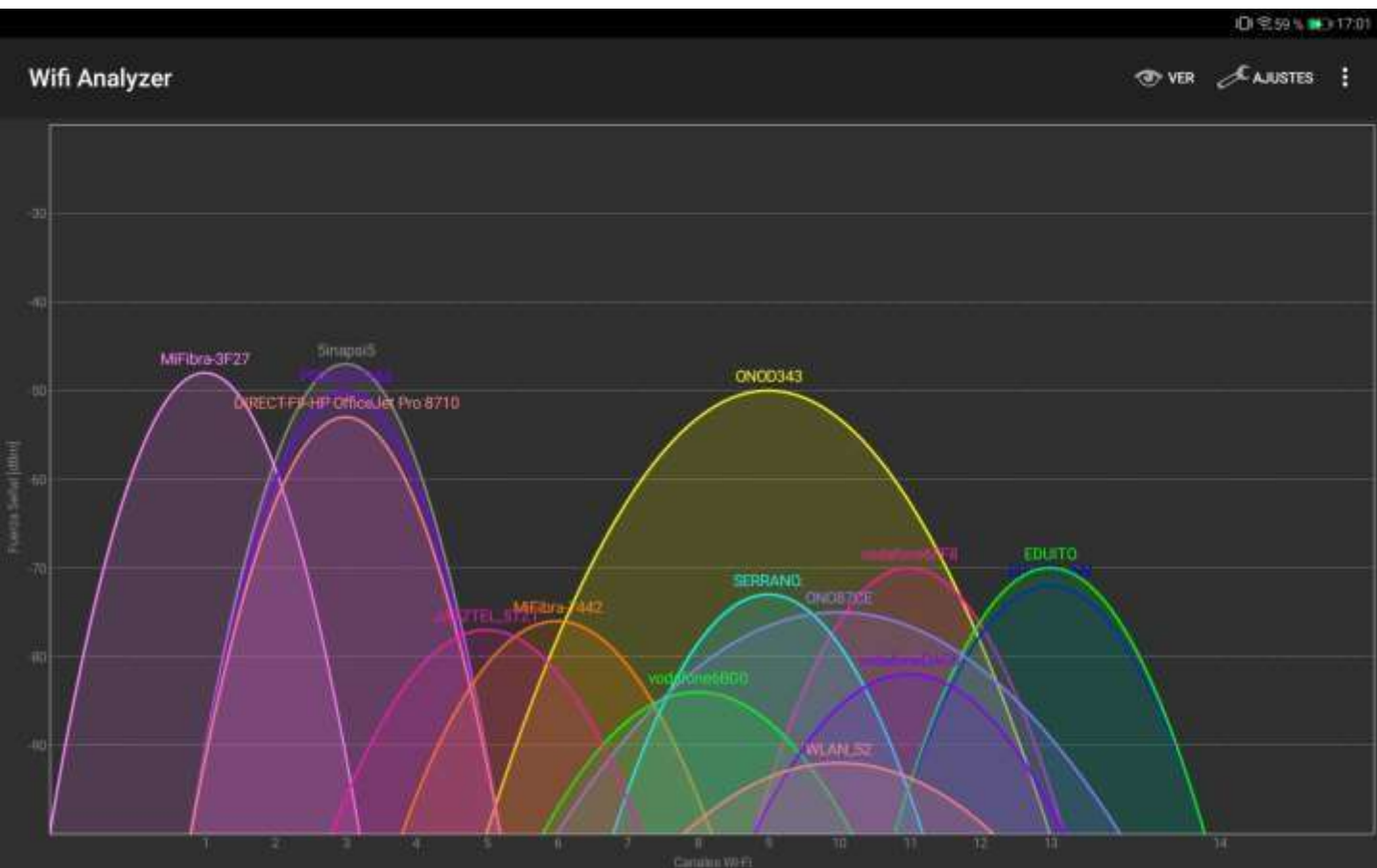


## 2º paso con NETSPOT. Se establece el Mapa de Calor Wi Fi.





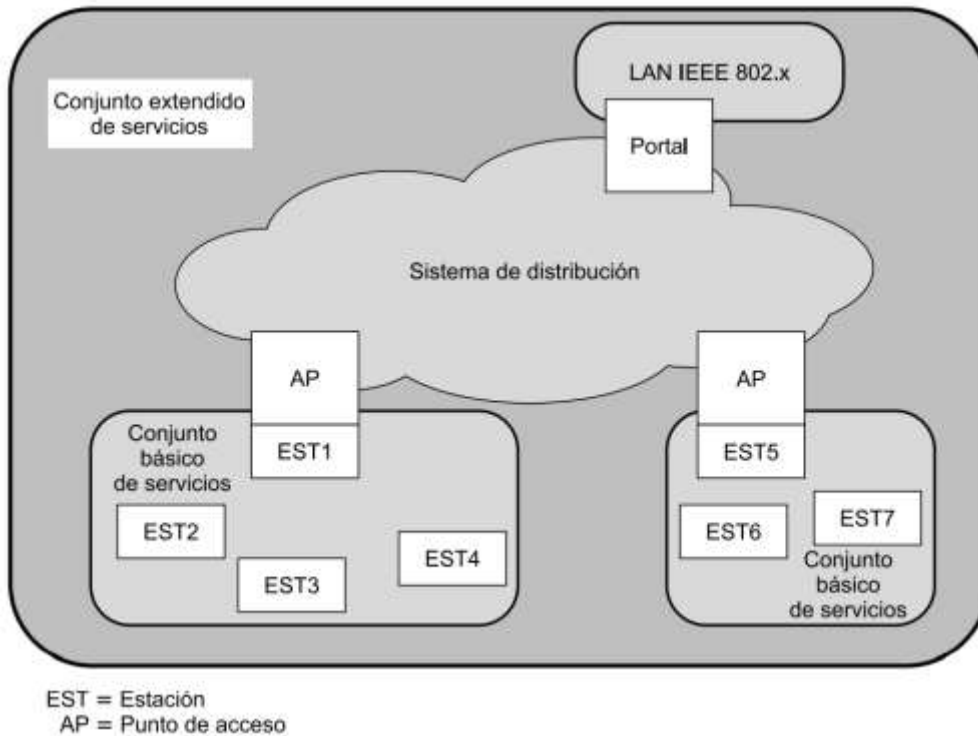
# Empleo de Wi Fi ANALYZER



# SERVICIOS IEEE 802.11

Se distinguen:

- **Conjunto servicios (básicos y extendidos)**
- **Sistema de distribución**



## Algunos Servicios

- **Asociación / reasociación**
- **Autenticación y fin de la A.**
- **Privacidad**
- **Integración**
- **Distribución de mensajes**

# SUBCAPA MAC 802.11

- **ENTREGA FIABLE DE DATOS**

Prevee un protocolo de intercambio de tramas.

- Mecanismo de 2 tramas: empleo de ACK y time out.  
Repetición de trama si es necesario.
- Mecanismo de 4 tramas: con esquema previo RTS/CTS que evita colisiones y luego las 2 tramas.

- **CONTROL DE ACCESO**

Dos posibilidades: protocolo de acceso distribuido o de acceso centralizado.

- Función de Coordinación Distribuida (DCF)  
Algoritmo de prevención de contienda para acceso a la totalidad del tráfico. Protocolo **CSMA/CA** (prevención de colisiones)
- Función de Coordinación Puntual (control centralizado opcional) (PCF)  
Algoritmo centralizado para acceso libre de contienda.  
Asegura acceso a usuarios.

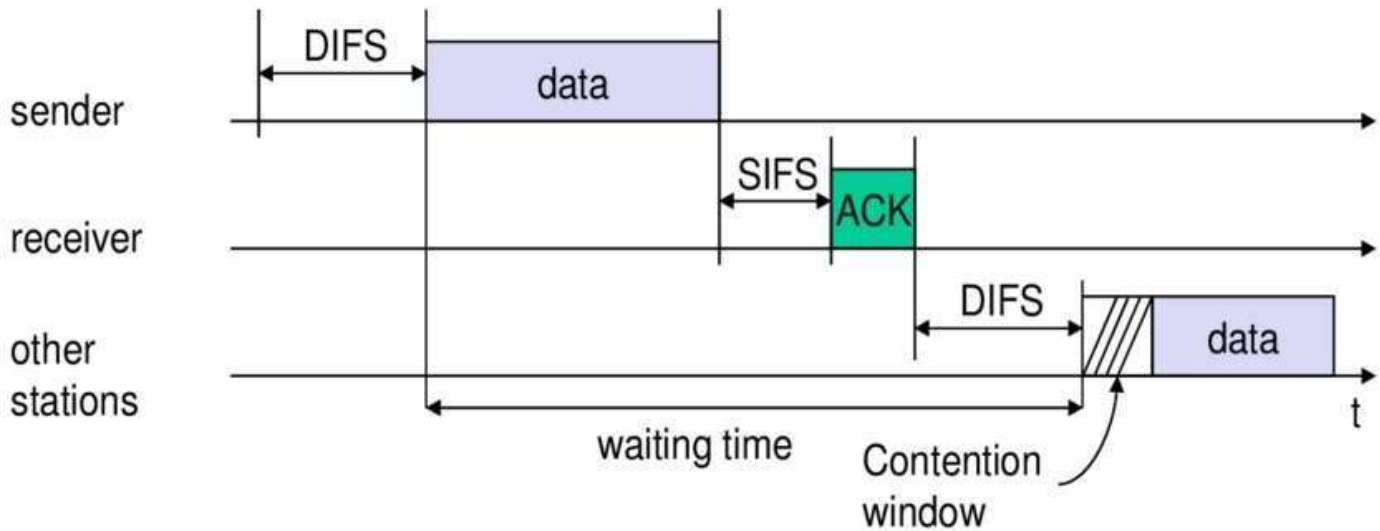
- **SEGURIDAD**

- Autenticación
- Privacidad

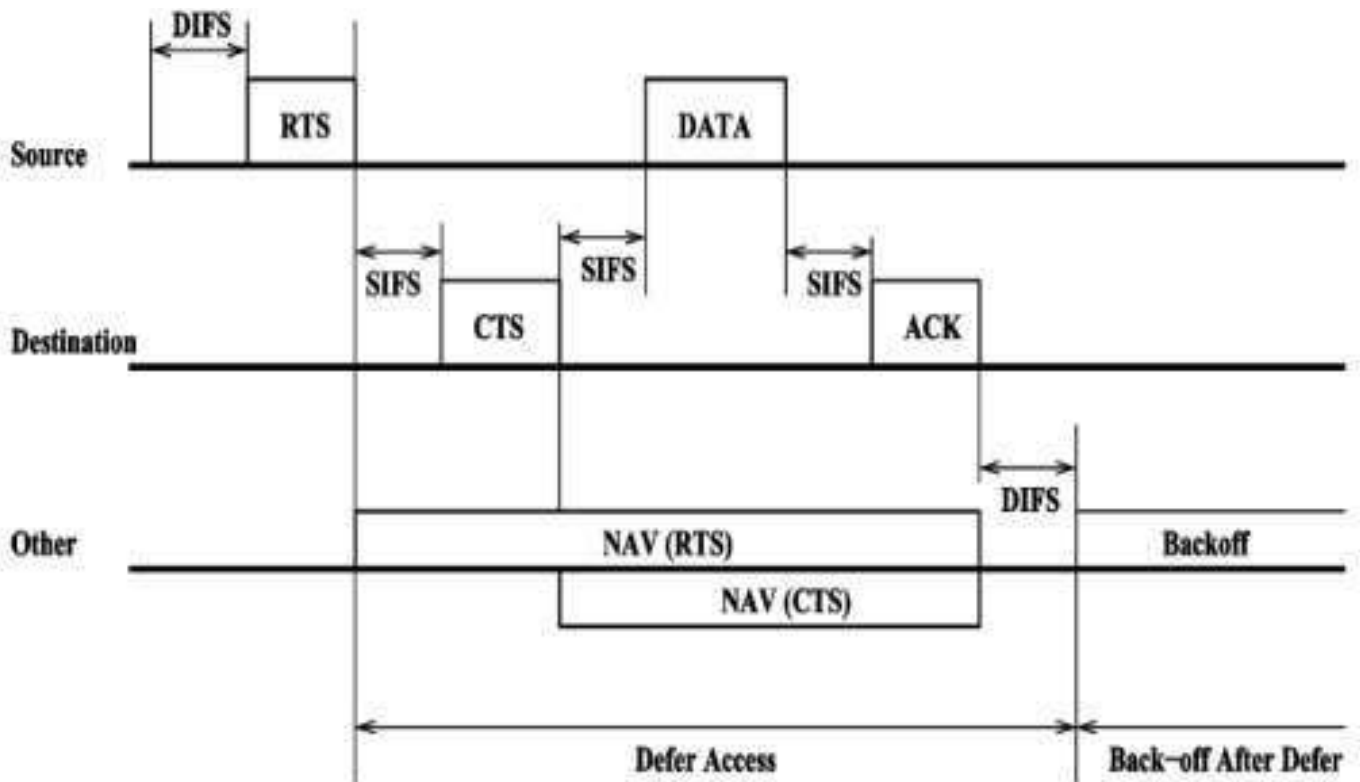
**IEEE 802.11i**

**Aplica WPA2 (acceso protegido por encriptación)**

# MECANISMO DE 2 TRAMAS (DCF)



# MECANISMO DE 4 TRAMAS (DCF)



# PROBLEMAS EN LA COMUNICACIÓN POR RADIO

A desea enviar a B  
pero no puede escuchar  
que B está ocupada



(a)

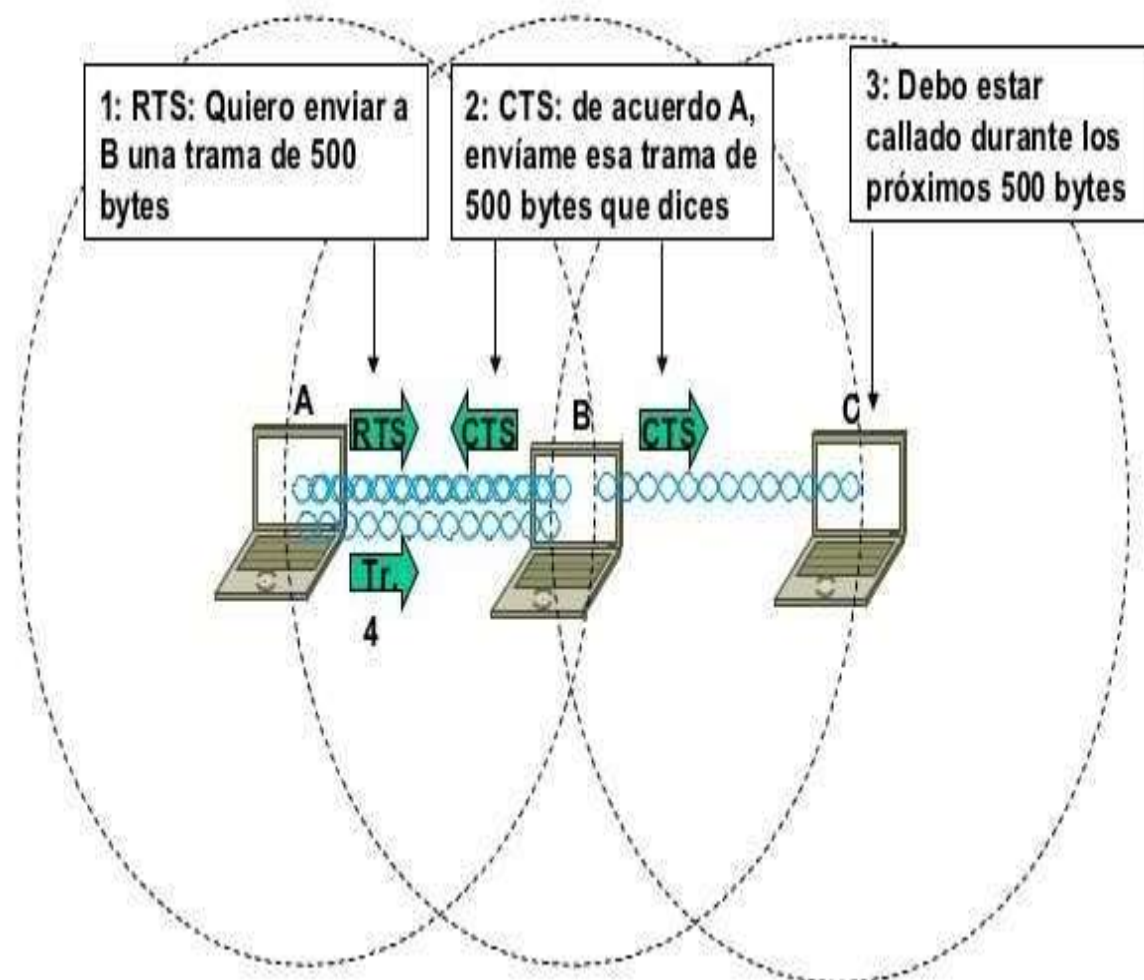
B desea enviar a C  
pero piensa erróneamente  
que la transmisión fallará



(b)

**Figura 4-26.** (a) El problema de la terminal oculta. (b) El problema de la terminal expuesta.

# Solución al problema de la estación oculta



1: Antes de transmitir la trama A envía un mensaje RTS (Request To Send)

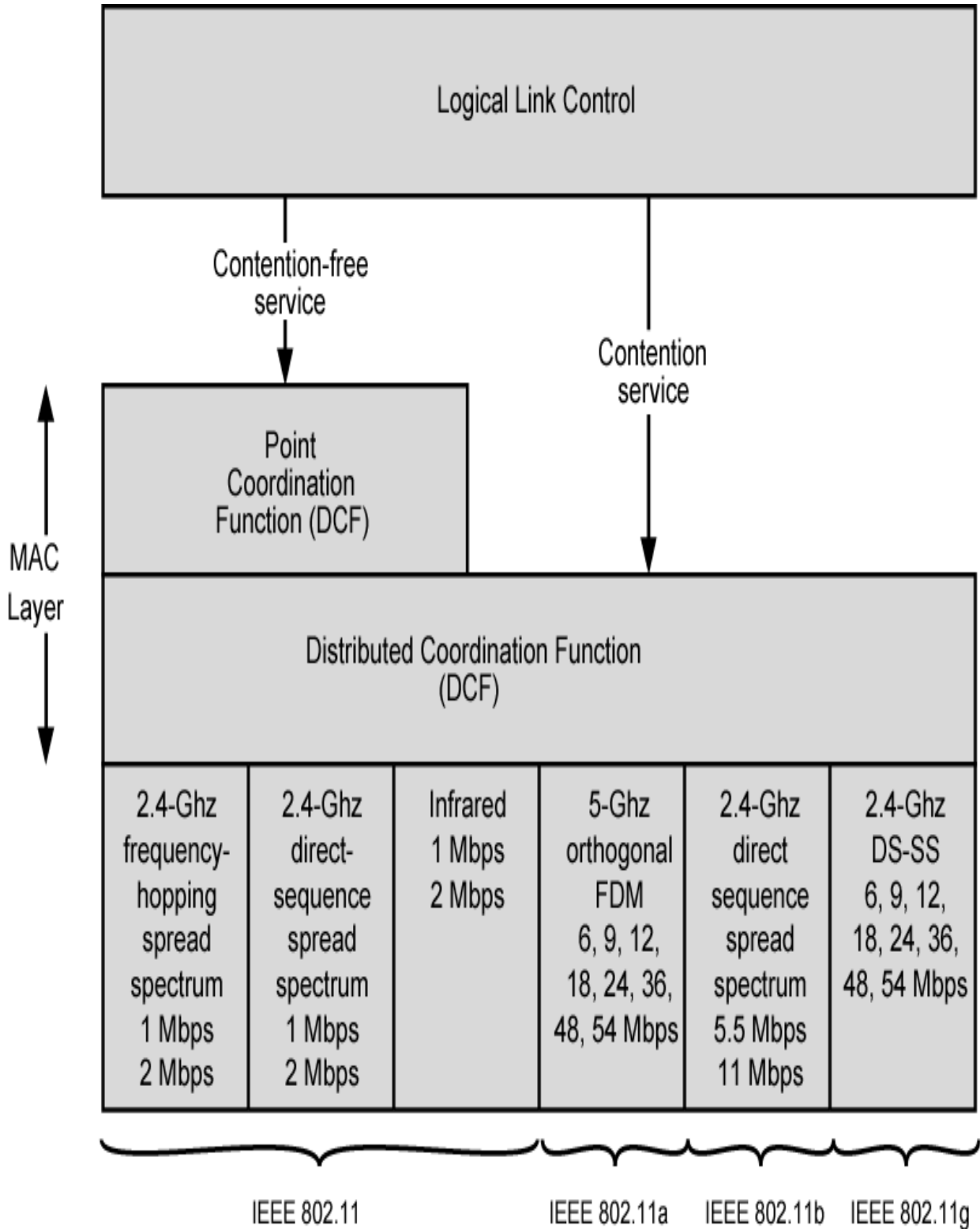
2: B responde al RTS con un CTS (Clear To Send)

3: C no capta el RTS, pero sí el CTS. Sabe que no debe transmitir durante el tiempo equivalente a 500 bytes

4: A envía su trama seguro de no colisionar con otras estaciones

Ampliación

# Arquitectura IEEE 802.11

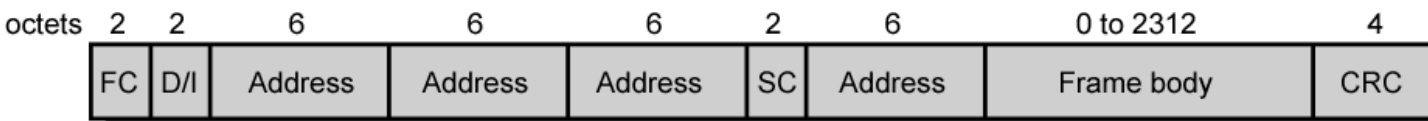


# SEGURIDAD EN WI FI

- WPS (WiFi Protected Setup) son mecanismos para facilitar la conexión de dispositivos a una red inalámbrica. El más usado es el intercambio de PIN.
- WEP (Wired Equivalent Privacy) ofrece seguridad similar a la red cableada mediante una encriptación.
- WPA (Wi-Fi Protected Access) agrega seguridad mediante el uso de claves dinámicas proporcionadas a cada usuario.
- WPA2 usa algoritmo de encriptación AES (Advanced Encryption Standard).
- WPA2 PSK (Pre-Shared Key) es para uso doméstico o de oficinas pequeñas donde se comparte la clave.
- Otros recursos de seguridad:
  - nombre de la red (SSID)
  - filtrado de direcciones MAC



# Formato de trama MAC 802.11



FC = Frame control

D/I = Duration/Connection ID

SC = Sequence control

**FC (control de trama):** indica el tipo de trama (control, gestión o datos)

**D/I (duración/conexión):** indica tiempo de reserva del canal para una tx satisfactoria o identificación de una conexión.

**ADDRESS (direcciones):** depende del contexto. Fuente, destino, estación tx y estación rx.

**SC (control de secuencia):** fragmentación, reensamblado y nº de tramas enviadas.

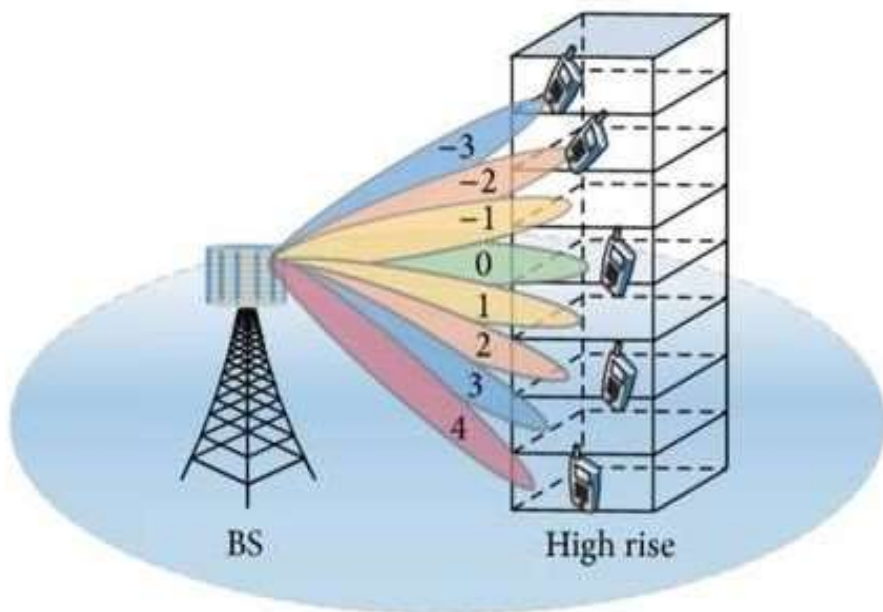
## Tipos de Tramas

- Control (sondeo de ahorro de energía, RTS, CTS, ACK, fin período libre contienda CF, CF-ACK)
- Datos (Datos, +ACK-CF,+CF-POLL, etc)
- Gestión (entre estaciones y puntos de acceso, gestión de asociaciones)

# TECNOLOGÍAS INCORPORADAS EN WI FI 5

## BEAMFORMING

Es una tecnología que permite a un AP enfocar la señal hacia los destinos de interés.



## MU MIMO

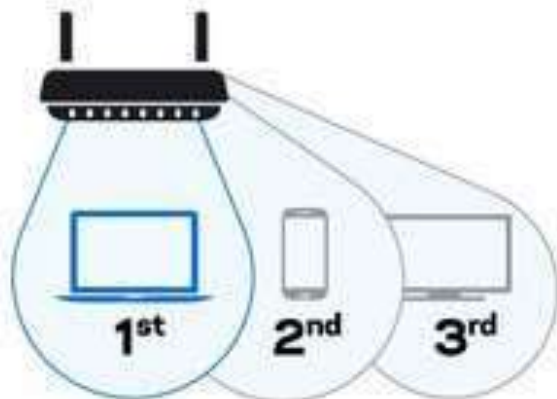
2007 | N

2013 | AC

TODAY | NEXT-GEN AC

### Traditional Routers

Single-User MIMO Technology  
Wi-Fi to one device at a time.



VS

### MU-MIMO Routers

Next-Gen Multi-User MIMO Technology  
Wi-Fi to multiple devices at one, at the same speed.



# EQUIPOS WLAN



Puede agrupar las capacidades de:

- Gateway
- Router
- Cable módem o módem X-DSL
- Access Point
- Switch
- Firewall
- Doble banda



# ALGUNAS SOLUCIONES - PROBLEMAS

## D LINK – WIRELESS N NANO 300 – USB ADAPTER



<http://us.dlink.com/products/connect/wireless-n-nano-usb-adapter/>



## TP LINK - TL WN8200ND – HIGH POWER WIRELESS – 300 MBPS – USB ADAPTER



[http://www.tp-link.com/en/products/details/cat-11\\_TL-WN8200ND.html#specifications](http://www.tp-link.com/en/products/details/cat-11_TL-WN8200ND.html#specifications)

## CONFIGUREMOS AP WI FI



**TP LINK 300 M TL WA 801N**

**IP 192.168.0.254**

**Usuario: admin**

**Contraseña: admin**

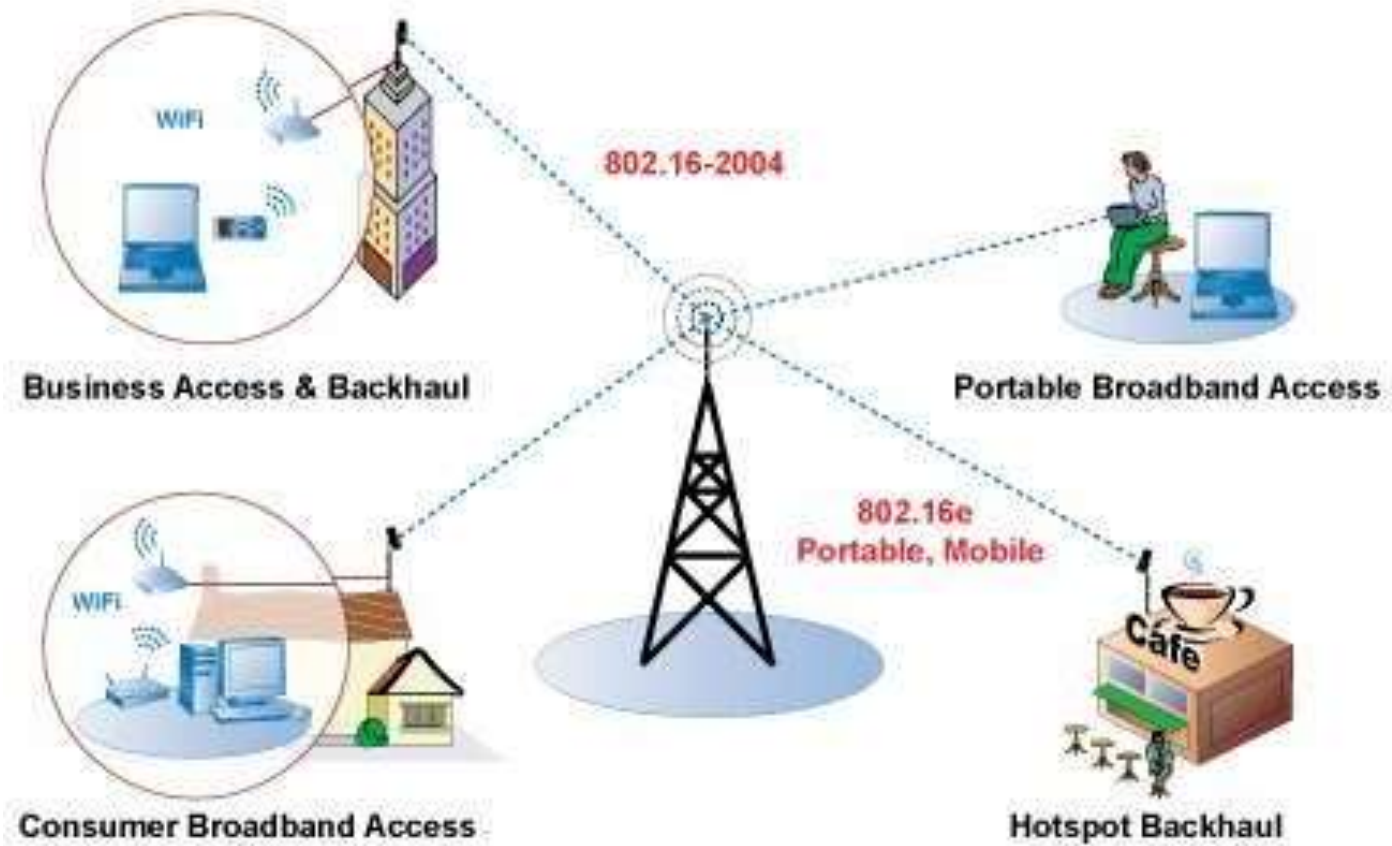


**AP VDSL ARNET**

**IP 192.168.1.1**

**Ver etiqueta del módem**

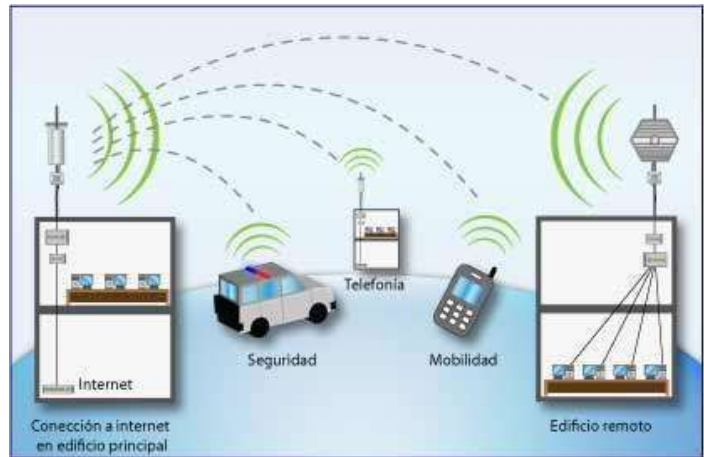
# Wi Max



Backhaul es la porción de la red que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo y el borde.



# Wi Max



<https://youtu.be/UevGUFrgSaM>

**Transmisión de datos sin contienda a diferencia de Wi Fi.**

**Problema de interoperabilidad. Intervención del Wi Max FORUM.**

**Eficiencia espectral de 3,7 bps / 1 Hz**

# PROTOCOLOS DE Wireless MAN

| Protocolo IEEE       | Características  | Frec Op y Vtx                    |
|----------------------|--|----------------------------------|
| 802.16<br>Wi Max     | Con visión directa<br><b>Fijo</b><br>Radio celda 2 a 5 km                              | Fr 10/66GHz<br>Vtx 32 – 134 Mbps |
| 802.16 a             | Sin visión directa<br><b>Fijo</b><br>Radio celda 5 a 10 km                             | Fr <11 GHz<br>Vtx 75 Mbps        |
| 802.16 e             | Terminales en movimiento<br>Sin visión directa<br><b>Móvil</b><br>Radio celda 2 a 5 km | Fr < 6 GHz<br>Vtx 15 Mbps        |
| 802.16 m<br>Wi Max 2 | Podría llegar a 50 km<br><b>Móvil</b>  | Vtx 300 Mbps                     |

Es una tecnología para comunicaciones punto a multipunto en banda ancha. Combinación tecno.