

Formación Profesional en CePETel 2022

Desde la Secretaría Técnica del Sindicato CePETel convocamos a participar en el siguiente curso de formación profesional:

Redes WLAN y redes celulares Indoor

Clases: 8 de 3hs c/u de 18:00 a 21:00hs.

Días que se cursa: los días martes 19 y 26 de abril; 3, 10, 17, 24 y 31 de mayo; y 7 de junio.

Modalidad: a distancia (requiere conectarse a la plataforma Zoom en los días y horarios indicados precedentemente).

Docente: Augusto Papagno

La capacitación es:

- Sin cargo para afiliados y su grupo familiar directo.
- Sin cargo para encuadrados con convenio CePETel.
- Con cargo al universo no contemplado en los anteriores.

Informes: enviar correo a tecnico@cepotel.org.ar

Inscripción (hasta el 16 de abril): ingresar al formulario (se recomienda realizar el registro por medio de una cuenta de correo personal y **no utilizar dispositivos de la empresa para acceder al link**).

<https://forms.gle/uPwXcX1r2pyUMAKaA>

Objetivos

Que los participantes una vez finalizado este curso:

- Posean una visión global de las Redes WLAN y Redes Celulares Indoor.
- Conozcan los aspectos tecnológicos de estas redes.
- Sepan las características principales de las recomendaciones de estas redes.
- Conozcan lo principal del relevamiento de sitio y diseño de estas redes.
- Tengan las bases y las herramientas suficientes para desempeñarse mejor y más activamente en sus respectivas áreas de trabajo y/o en la interacción con otras áreas.

Temario:

1.- Concepto de red inalámbrica de área local (WLAN)

* ¿Qué es WiFi?

Ing. Daniel Herrero – Secretario Técnico – CDC

- * WiFi: ventajas y desventajas
- * Problemas principales de WiFi
- * WiFi es omnipresente, ¿por qué?

2.- Tipos de dispositivos en una WAN

- * Access Point, Station, Controlador.
- * Modos de operación

3.- WiFi: IEEE y Wifi Alliance

- * Funciones de cada organismo

4.- Estándares y Extensiones

- * Principales estándares de IEEE 802.11
- * WiFi: estándares y velocidad
- * 802.11 AC
- * 802.11 AX (WiFi 6)
- * Terminología e identificadores
- * Enmiendas y extensiones: 802.11i, 802.11e, 802.11u, 802.11r, 802.11k, 802.11v
- * WiFiCertifiedVoiceProgram

5.- La capa MAC y su evolución

- * Control de acceso al medio

6.- Problemática de los nodos ocultos

- * Factores que la causan
- * Mitigar los nodos ocultos

7.- Calidad de servicio

- * 802.11e Qos
- * Enhanced Distributed Channel Access
- * Hybrid Coordinated Channel Access
- * WMM (Wireless MultiMedia)

8.- Administración de energía

- * Legacy
- * Alternative Power Save Delivery (APSD)

9.- Nociones básicas de propagación

- * Introducción a RF: definiciones básicas, decibel
- * IntentionalRadiator y EIRP
- * Tipos de antenas
- * Atenuación en el espacio libre
- * Asignaciones de canales: 2,4 GHz y 5 GHz

10.- Interferencia y selección automática del canal

- * Causas principales: co-canal, fuentes no WiFi y canal adyacente
- * Selección automática del canal: lógica, factores para la elección, open WRT

11.- OFDM

- * Ventajas y desventajas

Ing. Daniel Herrero – Secretario Técnico – CDC

- * Modulación adaptativa y bit rate: eficiente vs. robusta

12.- MIMO

- * Características principales
- * MultiUser MIMO
- * Access Point
- * Multipath
- * SISO
- * SU-MIMO
- * MU con uno o más de un stream por dispositivo

13.- Opciones para despliegues In-Building

- * DAS, DRS y Small Cells
- * Distributed Antenna Systems
- * Distributed Radio Systems
- * Ventajas y desventajas de cada alternativa

14.- Small Cells

- * Características principales
- * Ventajas y desventajas
- * Comparación de variantes

15.- BDA – Bi-Directional Amplifier

- * Diseño para cobertura y para capacidad
- * Relevamiento de sitio – Mapa de calor
- * Diseño predictivo

16.- Softwares de aplicación

- * WiFi Info View, Acrylic WiFi, Aerohive, otros

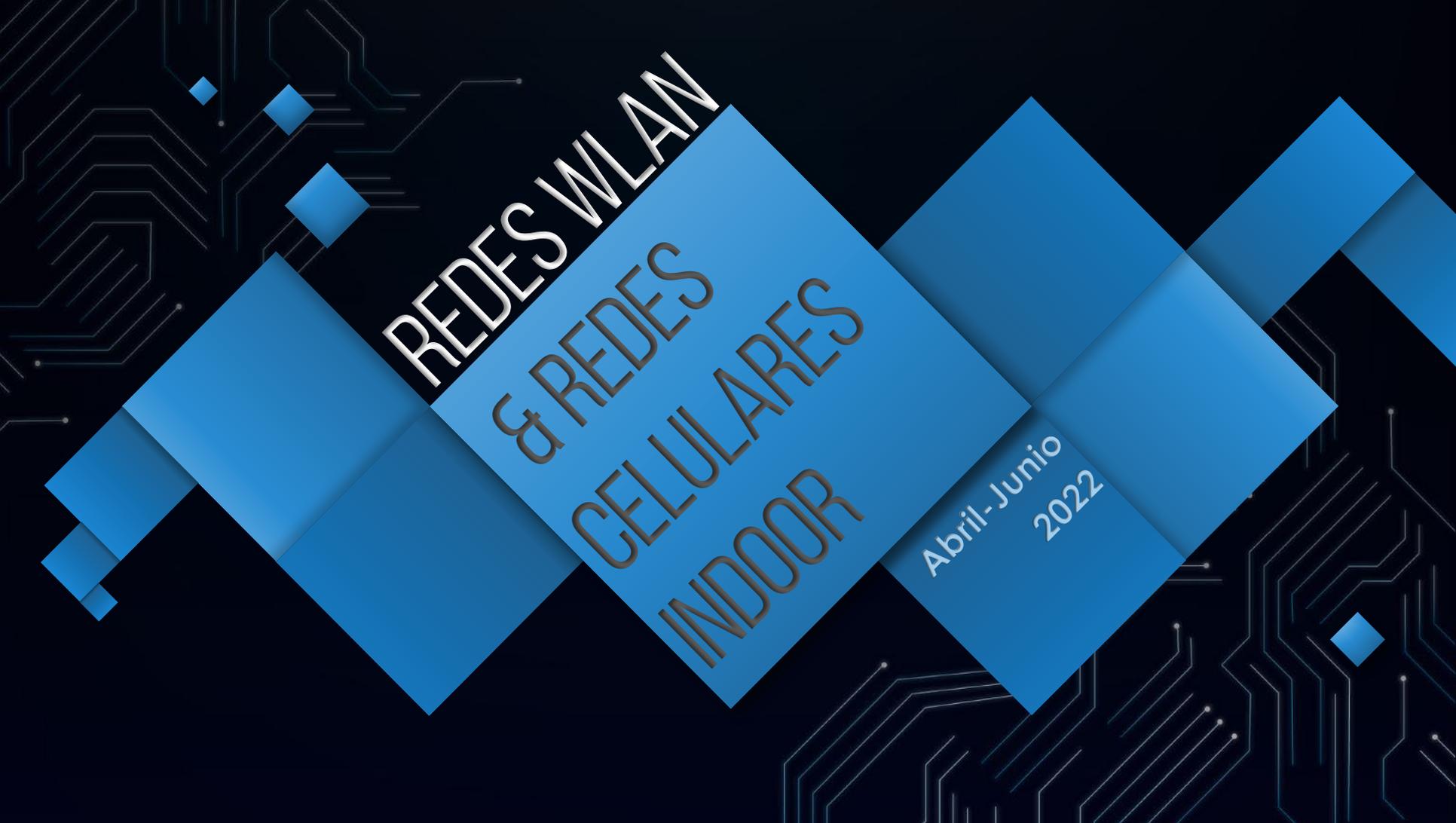
17.- Trabajo Práctico (optativo)

- * Mediciones de cobertura, interferencia y ancho de banda
- * Configuración de APs
- * Mapas de calor
- * Revisión grupal de los resultados de los TPs

Acerca del docente

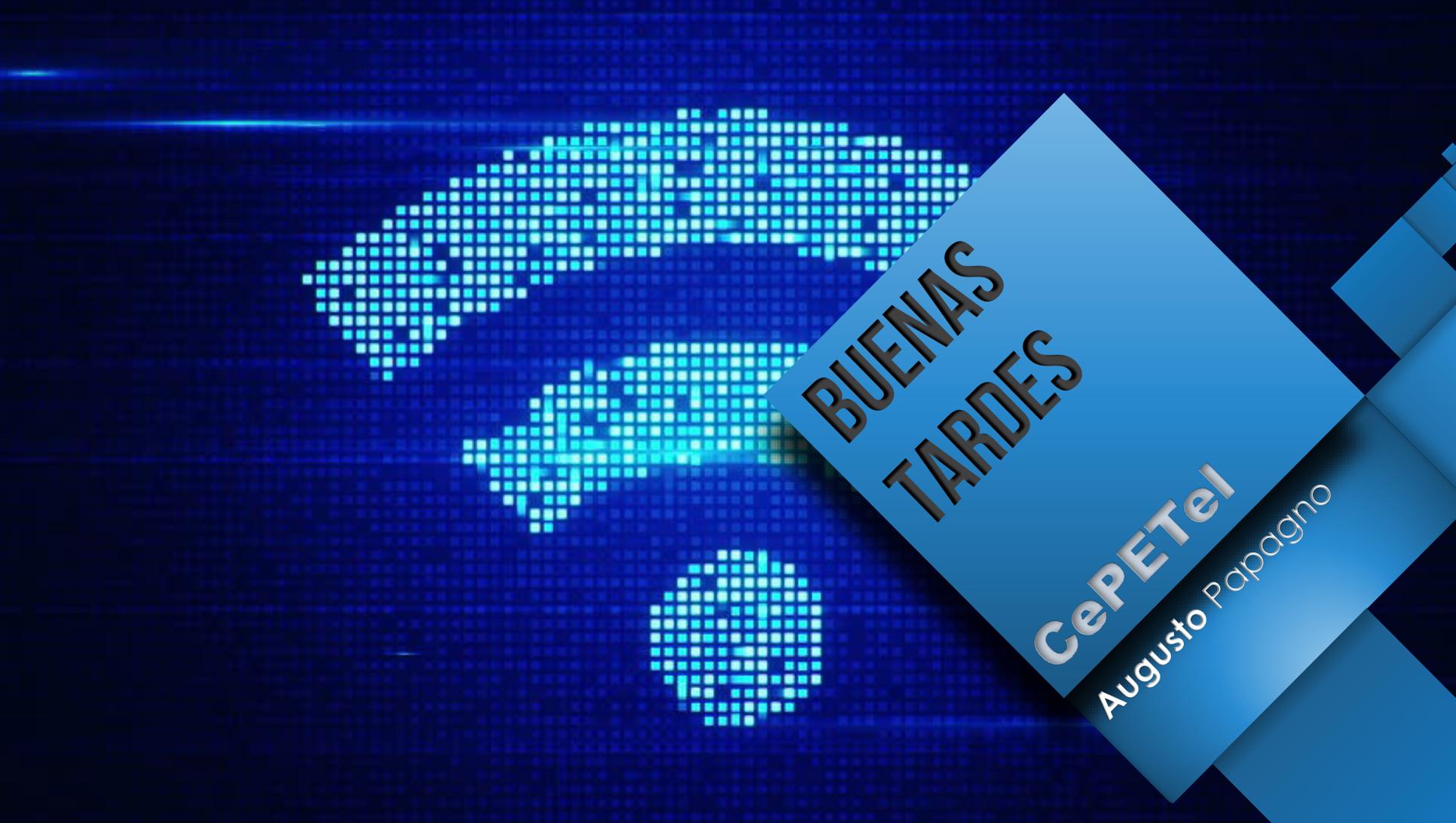
Augusto Papagnoes Ingeniero en Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional. Es docente de la Universidad Tecnológica Nacional en la Diplomatura en Redes y Servicios en el Módulo Calidad de Servicio y Calidad de Experiencia. En la Universidad Nacional de Avellaneda es Administrador de Activos informáticos en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Software. También es capacitador profesional en distintas tecnologías: Redes WiFi y diseño de redes celulares Indoor, IPTV & OTT, y Calidad de Servicio y Calidad de Experiencia- IPv6. Tiene experiencia en: Creativamente como Diseñador Multimedial, Diseño Web Responsive, Soporte y hosting Diseño Ux/UI & Apps mobile Naming, Branding & diseño de Isologotipos Modelado y texturizado 3D Motion Graphics, VFX & Stop Motion; en Go2Future es Chief Product Officer & Brand Designer; y también en Ux/UI & Diseño Web Desarrollo de producto Gestión de Marca e imagen institucional Publicidad, edición y postproducción de video.

Ing. Daniel Herrero – Secretario Técnico – CDC



REDES WLAN
& REDES
CELULARES
INDOOR

Abril-Junio
2022



**BUENAS
TARDES**

CePETel

Augusto Papagno

GLOSARIO

General

- ◆ IEEE: **I**nstitute of **E**lectrical and **E**lectronics **E**ngineers
- ◆ IoT: **I**nternet **o**f **T**hings
- ◆ IP: **I**nternet **P**rotocol
- ◆ ISO: **I**nternational **O**rganization for **S**tandardization
- ◆ MAC: **M**edia **A**ccess **C**ontrol
- ◆ OSI: **O**pen **S**ystems **I**nterconnection model
- ◆ QoS: **Q**uality **o**f **S**ervice
- ◆ TCP: **T**ransfer **C**ontrol **P**rotocol
- ◆ VoIP: **V**oice **o**ver **I**nternet **P**rotocol
- ◆ V²oIP: **V**oice and **V**ideo **o**ver **I**nternet **P**rotocol

GLOSARIO

WiFi

- ◆ AES: **A**dvanced **E**ncryption **S**tandard
- ◆ AP: **A**ccess **P**oint
- ◆ APSD: **A**lternative **P**ower **S**ave **D**elivery
- ◆ BSS: **B**asic **S**ervice **S**et
- ◆ BSSID: **B**asic **S**ervice **S**et **I**Dentifier
- ◆ ESS: **E**xtended **S**ervice **S**et
- ◆ ESSID: **E**xtended **S**ervice **S**et **I**Dentifier
- ◆ IBSS: **I**ndependent **B**asic **S**ervice **S**et
- ◆ OBSS: **O**verlapping **B**asic **S**ervice **S**et
- ◆ RSSI: **R**eceived **S**ignal **S**trength **I**ndicator

GLOSARIO

WiFi

- ◆ SSID: **S**ervice **S**et **I**dentifier
- ◆ STA: **S**Tation (cliente WiFi)
- ◆ TWT: **T**arget **W**akeup **T**ime
- ◆ WECA: **W**ireless **E**thernet **C**ompatibility **A**lliance
- ◆ WEP: **W**ired **E**quivalent **P**rivacy
- ◆ WFA: **W**iFi **A**lliance (ex Wireless Ethernet Compatibility Alliance)
- ◆ WLAN: **W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etwork
- ◆ WMAN: **W**ireless **M**etropolitan **A**rea **N**etwork
- ◆ WMM: **W**iFi **M**ulti**M**edia
- ◆ WNA: **W**ireless **N**etwork **A**dapter
- ◆ WPA: **W**iFi **P**rotected **A**ccess
- ◆ WPAN: **W**ireless **P**ersonal **A**rea **N**etwork
- ◆ WWAN: **W**ireless **W**ide **A**rea **N**etwork

GLOSARIO

WiFi – Acceso al medio

- ◆ ACS: **A**utomatic **C**hannel **S**election
- ◆ BOT: **B**ack**O**ff **T**imer
- ◆ CAP: **C**ontrolled **A**ccess **P**hase
- ◆ CSMA/CA: **C**arrier-**S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **A**voidance
- ◆ CSMA/CD: **C**arrier-**S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **D**etection
- ◆ DCF: **D**istributed **C**oordination **F**unction
- ◆ DIFS: **D**istributed **C**oordination **F**unction **I**nter**F**rame **S**pace
- ◆ EDCA: **E**nhanced **D**istributed

Channel **A**ccess

- ◆ HCCA: Hibrid **C**oordinated **C**hannel **A**ccess
- ◆ IFS: **I**nter**F**rame **S**pace
- ◆ LBT: **L**isten **B**efore **T**alk
- ◆ MIMO: **M**ultiple **I**n - **M**ultiple **O**ut
- ◆ MU-MIMO: **M**ulti **U**ser **M**ultiple **I**n - **M**ultiple **O**ut
- ◆ RU: **R**esource **U**nit
- ◆ SU-MIMO: **S**ingle **U**ser **M**ultiple **I**n - **M**ultiple **O**ut
- ◆ SIFS: **S**hort **I**nter**F**rame **S**pace

GLOSARIO

Radio

- ◆ AEL: **A**tenuación en el **E**spacio **L**ibre
- ◆ BPSK: **B**inary **P**hase **S**hift **K**eying
- ◆ DSSS: **D**irect **S**equence **S**pread **S**pectrum
- ◆ EIRP: **E**quivalent **I**sotropic **R**adiated **P**ower
- ◆ FSPL: **F**ree-space **P**ath loss
- ◆ FHSS: **F**requency-**H**opping **S**pread **S**pectrum
- ◆ GI: **G**uard **I**nterval
- ◆ HT-OFDM: **H**igher **T**hroughput **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing
- ◆ HR-DSSS **H**igh-**R**ate **D**irect **S**equence **S**pread **S**pectrum
- ◆ MCS: **M**odulation and **C**oding **S**cheme
- ◆ OFDM: **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing
- ◆ OFDMA: **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiple **A**ccess
- ◆ QAM: **Q**uadrature **A**mplitude **M**odulation
- ◆ QPSK: **Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eying
- ◆ SNR: **S**ignal **N**oise **R**atio
- ◆ TDD: **T**ime **D**ivision **D**uplex
- ◆ VHT-OFDM: **V**ery **H**igh **T**hroughput **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing

GLOSARIO

Indoor

- ◆ BDA: **B**i-**D**irectional **A**mplifier
- ◆ CPRI: **C**ommon **P**ublic **R**adio **I**nterface
- ◆ DAS: **D**istributed **A**ntenna **S**ystems
- ◆ DRS: **D**istributed **R**adio **S**ystems
- ◆ RAU: **R**emote **A**ntenna **U**nits

Wi-Fi
IEEE 802.11
Introducción



CONCEPTO DE RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL

WxAN

Distintos tipos de redes inalámbricas

WPAN

- ✓ Bluetooth
- ✓ NFC
- ✓ ZWave
- ✓ ZigBee

30-50 m

WLAN

- ✓ Wi-Fi

100 m

WMAN

- ✓ WiMax

5 km

WWAN

- ✓ GSM
- ✓ CDMA
- ✓ HSPA
- ✓ LTE
- ✓ 5G
- ✓ Etc...

15 km

¿QUÉ ES WiFi?

- ◆ Tecnología de radio definida por el **IEEE** como un equivalente inalámbrico de las redes Ethernet IEEE 802.3.
- ◆ La versión inicial, 802.11, se publicó en 1997.
- ◆ Fue la primer tecnología de WLAN que logró una adopción masiva por parte de los consumidores.

¿UN MUNDO SIN WiFi?

En la actualidad es difícil encontrar un lugar público sin servicio WiFi.

Es el principal canal de conectividad de muchos dispositivos.



Una vida sin cables

- Relativamente **económica**.
- En la actualidad, es un estándar de facto, con amplio soporte en dispositivos e infraestructura en **lugares públicos**.
- **Fácil configuración** y despliegue.
- Las redes **pueden crecer fácilmente**.
- Incluye soporte de **seguridad inalámbrica**.
- Estándares del IEEE y en **continuo desarrollo**.
- Alta tasa de transferencia.



No todo lo que brilla es oro

- **Limitado** espectro de RF disponible.
- Bandas de frecuencias altas (2.4 GHz y 5/6 GHz) , por lo tanto con mucha **atenuación** por obstrucción y en el espacio libre.
- **Interferencia** de otros dispositivos (teléfonos inalámbricos, hornos microondas, etc...).
- **Consumo de energía** relativamente alto → Clara desventajas en dispositivos móviles.
- La **seguridad** puede ser **VULNERADA**.
- La performance alcanzada **depende** mucho de las características **de los dispositivos**.
- El alcance de un único AP es limitado.

PROBLEMAS PRINCIPALES



Seguridad

Vulnerar una red WiFi es relativamente sencillo en el peor de los casos (sin seguridad o WEP) y técnicamente posible en el mejor de ellos.



Compatibilidad

No todas las variantes de 802.11x son compatibles entre sí, limitando la interoperabilidad entre dispositivos.

Ej: Un AP 802.11a no puede dar servicio a un cliente 802.11b (distintas bandas)

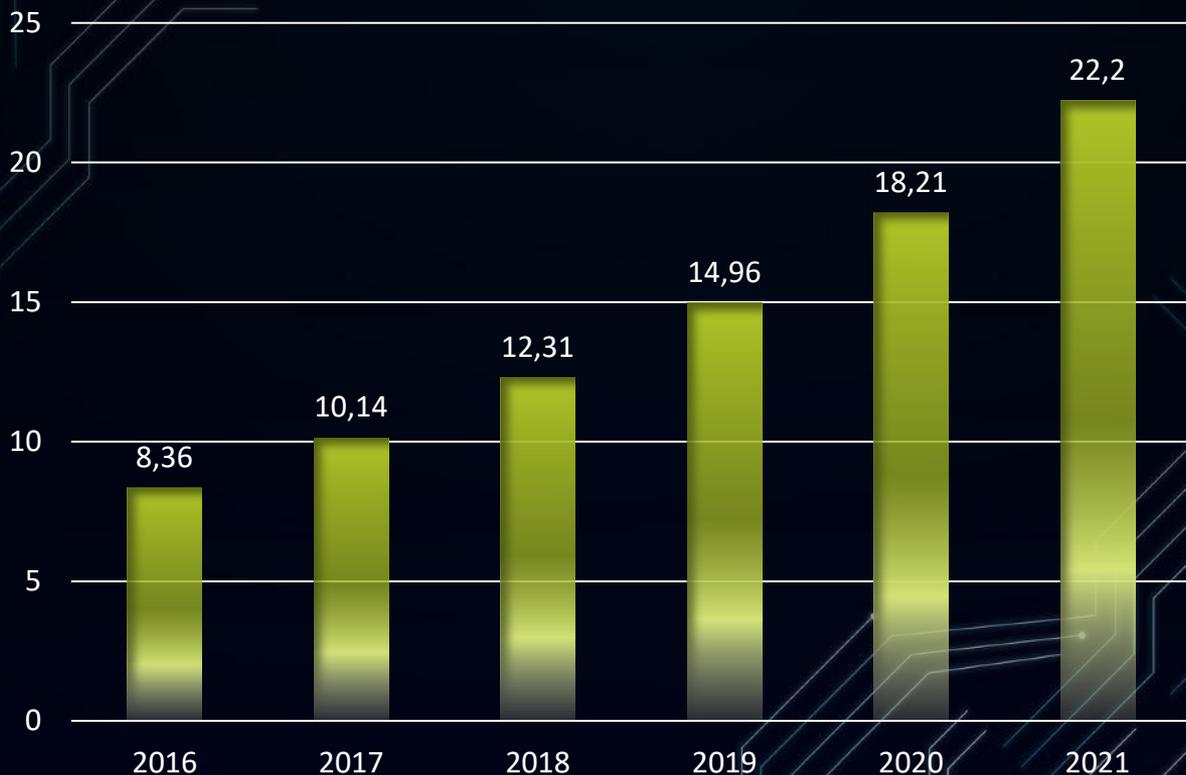


Tasación

Las normas contemplan los aspectos técnicos pero no los monetarios: No hay soporte nativo para tasación.

WIFI SE ESTÁ VOLVIENDO OMNIPRESENTE

Cantidad mundial de dispositivos WiFi conectados

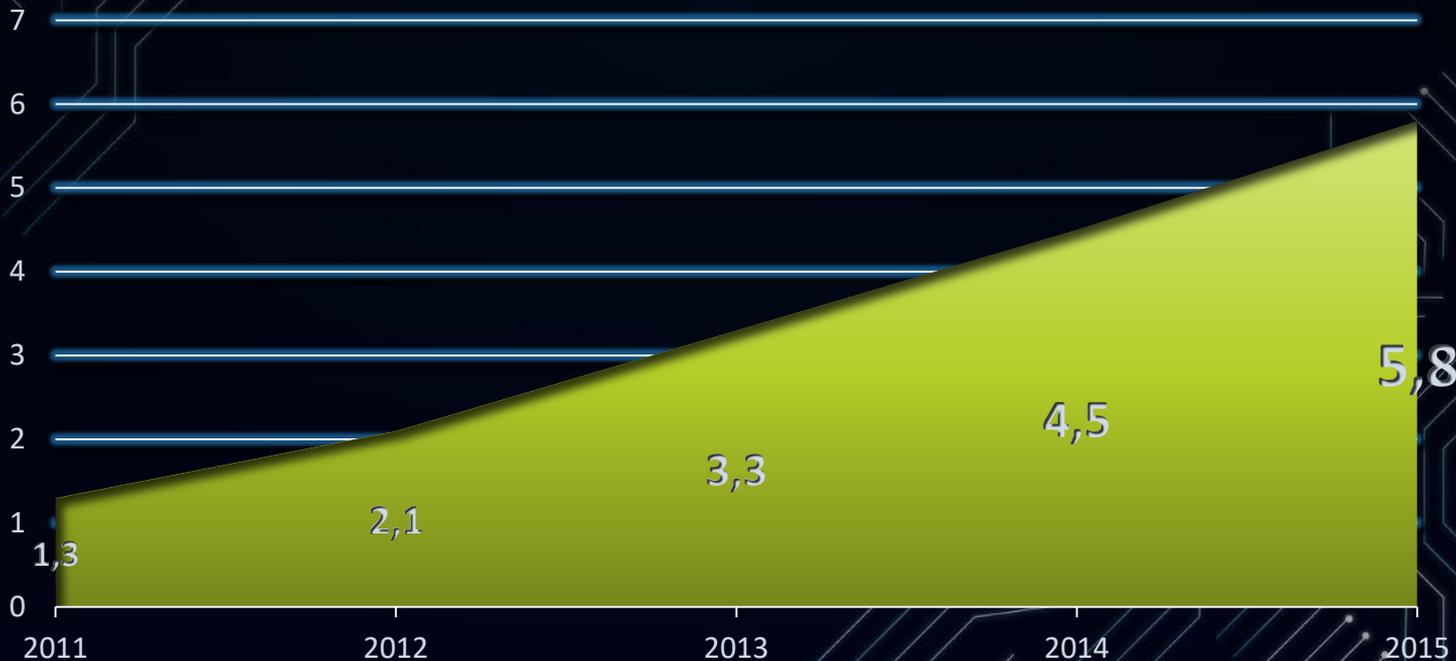


EN MILES DE
MILLONES DE
UNIDADES

WIFI SE ESTÁ VOLVIENDO OMNIPRESENTE



Cantidad mundial de Hotspots públicos

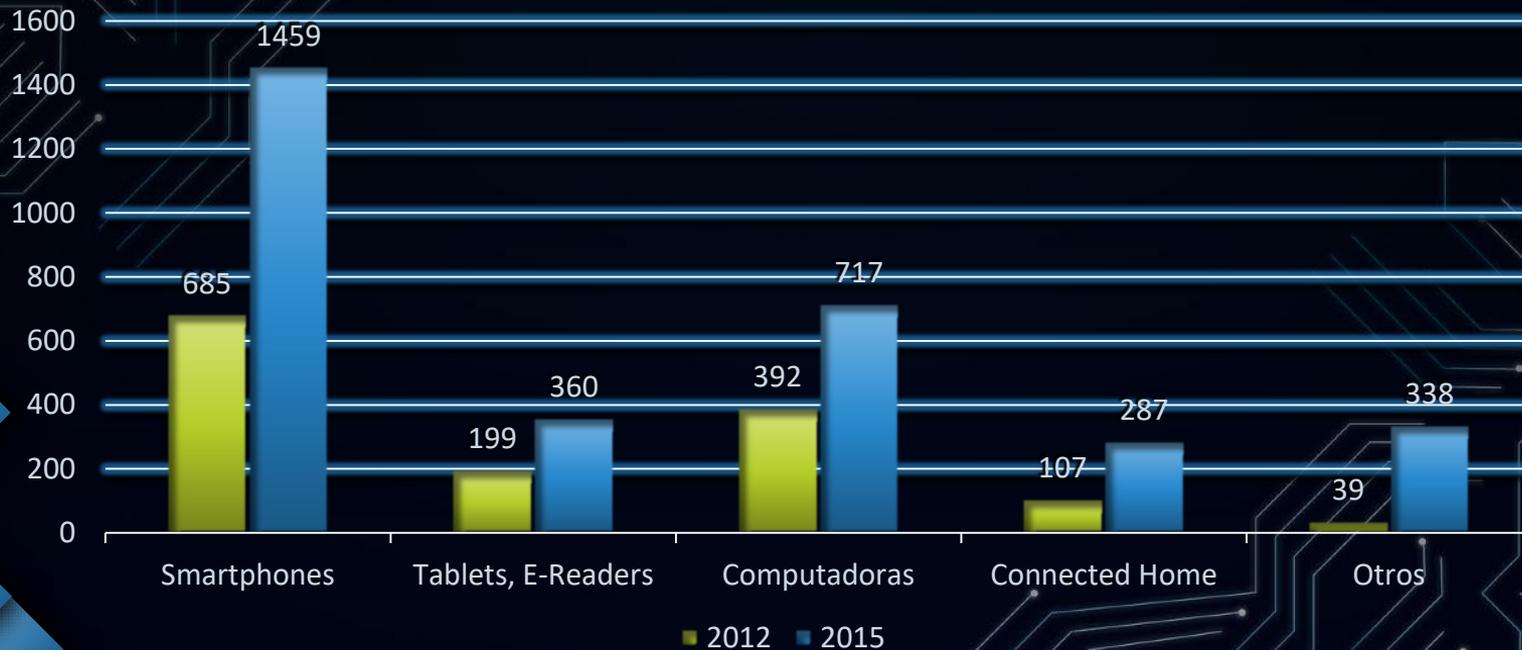


EN MILLONES
DE UNIDADES

WIFI SE ESTÁ VOLVIENDO OMNIPRESENTE



Dispositivos con WiFi fabricados



EN MILLONES DE UNIDADES

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA WLAN

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



AP

Access Point



STA

Station



Controlador

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



AP

Access Point

- ◆ Conecta lo alámbrico a lo inalámbrico.
- ◆ Es el puente (bridge) entre IEEE 802.3 a 802.11.
- ◆ No obstante, la conexión al mundo alámbrico puede ser, en ocasiones, mediante un enlace inalámbrico.

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



STA

Station

- ◆ Dispositivo WiFi que se conecta a un AP (cualquier cliente, Smartphone, notebook, etc...).
- ◆ La interface WiFi puede ser interna o externa (ej. USB), al igual que la/s antena/s (integradas o externas).

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



Controlador

- ◆ Administra y provee funciones a múltiples APs.
- ◆ No es imprescindible, pero sí conveniente en redes complejas.
- ◆ Puede ser un dispositivo físico, virtual, o corriendo en la nube

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA

Ejemplos

ACCESS POINTS



CONTROLADORES



ESTACIONES (CLIENTES)



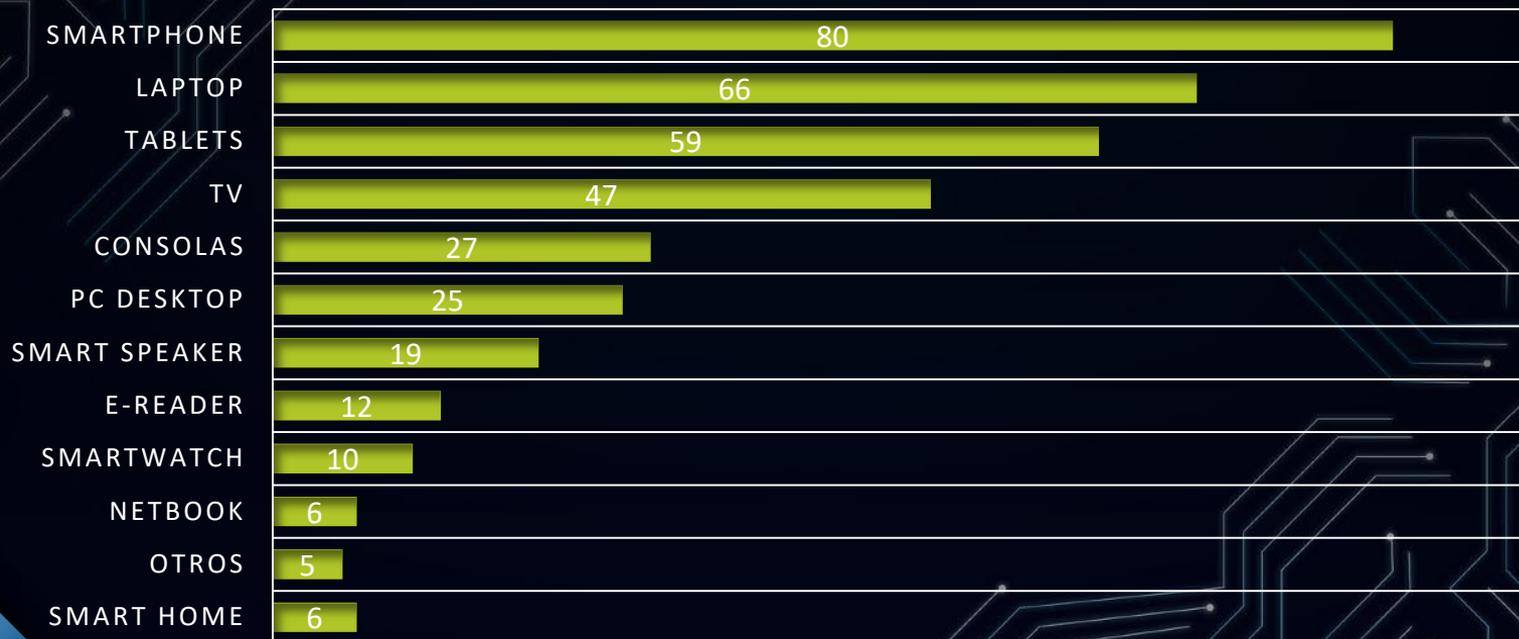
DISPOSITIVOS
DIVERSOS

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



25

% de dispositivos que se conectan a un WiFi hogareño (Encuesta UK Feb. 2022)



MODOS DE OPERACIÓN

◆ Infraestructura

- La estación se comunica con otras redes (LAN, Internet...) mediante un AP.
- Es la modalidad más usada.
- Múltiples APs pueden compartir el SSID → En ese caso el cliente se conecta a la red con SSID y elige el “mejor AP”.

◆ Ad Hoc

- Las estaciones se comunican directamente entre sí en modalidad peer-to-peer.

CANTIDAD DE RADIOS DE UN AP



2,4 GHz
o 5 GHz

Único

Todas las STA deben estar en
la misma banda



2,4 GHz



5 GHz

Dual

Permite cobertura completa
de dispositivos en cualquier
banda



5 GHz

5 GHz



2,4 GHz

Triple

Escenarios con conectividad
inalámbrica entre APs

WIFI, IEEE & WIFI ALLIANCE



WIFI, IEEE & WIFI ALLIANCE

- **IEEE:** Elabora los estándares 802.11 pero **no los implementa** ni certifica.
- En 1999, se forma la **Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)**, luego llamada:
- **WiFi Alliance:** Es una asociación global de compañías y fabricantes que promueve y **certifica** los productos. Se asegura que un fabricante dado **cumpla los estándares** definidos por el IEEE.
- Son los **creadores del término WiFi** (marketing de la tecnología) y del clásico logo Yin Yang (en realidad, tercerizado)
- Incluso el término WiFi no es acrónimo de Wireless Fidelity cómo habitualmente se cree.
- Los fabricantes **certificados** por la WFA que pasen la certificación **pueden ponerle el logo**



WIFI EN EL MODELO OSI

1 Capa 1 (física)

Especifica la modulación, codificación, etc...

“**Cómo** se transmite”

2 Capa 2 (enlace)

MAC (Acceso al medio)

“**Qué** se transmite”

MODELO ISO/OSI

Open Systems Interconnection

Capa 8: **Usuario**

“El error más difícil de detectar”

WiFi

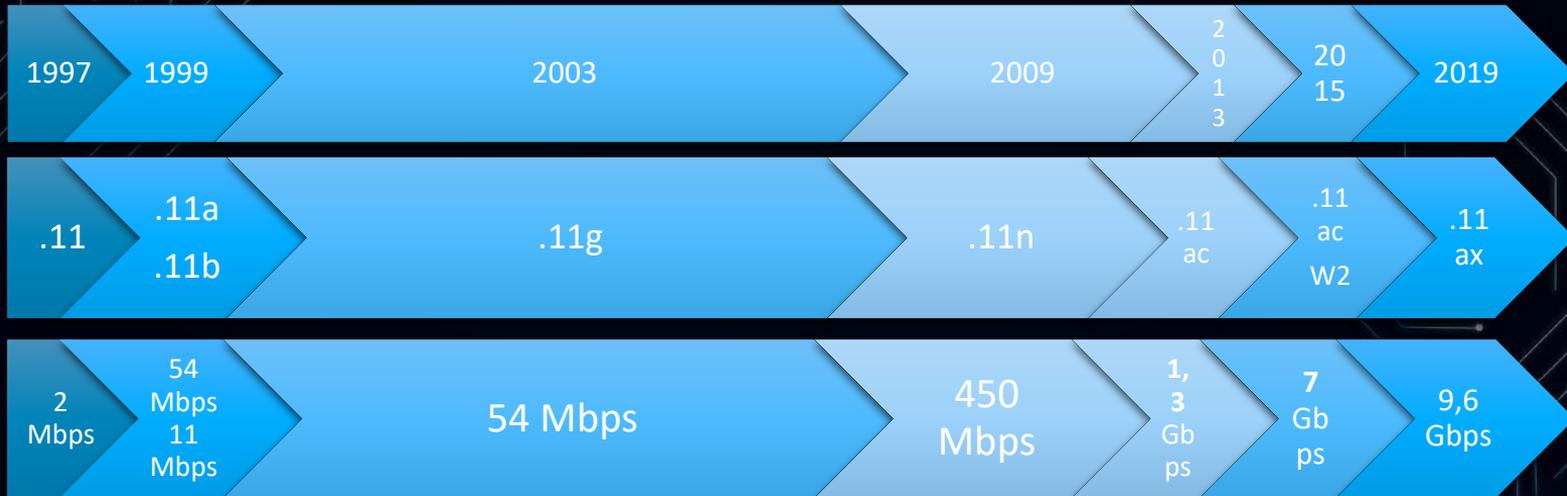


LAS 7
CAPAS

ESTÁNDARES Y EXTENSIONES

WIFI – ESTÁNDARES Y VELOCIDAD

En constante evolución



DESDE 1997
A 2019...

PRINCIPALES ESTÁNDARES DE IEEE 802.11

Gen.	Estándar	Fecha	Banda [GHz]	Vel. (Teórica) [Mbps]	Veloc. (Real) [Mbps]	Modulación	Introduce
-	802.11	1997	2,4	2	1	DSSS FHSS	
-	802.11a	1999	5	54	22	OFDM	64 QAM
-	802.11b	1999	2,4	11	6	HR-DSSS	
-	802.11g	2003	2,4	54	22	OFDM HR-DSSS	
WiFi 4	802.11n	2009	2,4 5	600/450	350	HR-DSSS HT-OFDM	SU-MIMO (4x4) 40MHz - WPA
-	802.11ad	2012	60	6,7 Gbps			Alta velocidad
WiFi 5	802.11ac	2013 (wave 1) 2015 (wave 2)	5	3,74 Gbps (wave 1) / 6,9 Gbps (wave 2)	1300/1750	VHT-OFDM	80 & 160 MHz MU-MIMO (8x8) (Wave 2) - 256 QAM
WiFi HaLow	802.11ah	2017	0.9	347	78	OFDM	Largo alcance
WiFi 6	802.11ax	2019	2,4 5	1,15 Gbps (2,4) 9,6 Gbps (5)	6,25 Gbps / 9,6 Gbps (?)	OFDMA	1024-QAM MU-MIMO en uplink
WiFi 6e		2020	6				OFDMA

DESDE 1997
A 2022....

VELOCIDAD DEL ENLACE

“Me anda lento el wifi”

¿Sinónimos?

¿MB = MBps =
Mbps?

SIMPLIFICANDO LAS VERSIONES



Nuevos identificadores de versión



TERMINOLOGÍA E IDENTIFICADORES

- ◆ **SSID** - Service Set ID: Nombre de la red (es para los humanos, los dispositivos no lo usan). No es un identificador único (se puede repetir entre distintos APs, sean o no miembros de la misma red), pero sí la red “tiende” a ser única en un área en particular. Puede estar oculto (“Network cloaking”) como una medida muy básica de seguridad.
- ◆ **BSS** - Basic Service Set: Es el bloque básico, que consiste en un único AP y las estaciones a las que sirve (el BSS más básico = 1 AP + 1 STA).
- ◆ **BSSID** - BSS ID - Basic service set identifier: MAC Address del AP

TERMINOLOGÍA E IDENTIFICADORES

- ◆ **ESS** - Extended SS: Más de un AP en una red (con el mismo SSID) y cerca para hacer roaming.
- ◆ **ESSID** - Extended service set identifier: Es el ID de la ESS SSID.
- ◆ **IBSS** - Independent Basic Service Set: Identificador para la modalidad Ad Hoc.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11i – **WPA2** & 802.11e – **QOS**

◆ 802.11i

- Extensión de seguridad que utiliza WPA2 (*Wi-Fi Protected Access II*).
- Publicada en 2004.
- Reemplaza a la endeble seguridad de WEP (*Wired Equivalent Privacy*) y a WPA (paso intermedio entre WEP y WPA2).
- Encripta utilizando AES (*Advanced Encryption Standard*).

◆ 802.11e

- Calidad de servicio.
- Estándar del año 2005, incorporado luego en .11n
- Considera dos variantes, pero solo se implementó la más básica, que no asegura la prioridad en todos los casos.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11u – Offload

- ◆ Tiene como objeto permitir la conexión **automática** de un cliente WiFi (estación) a una red, sin intervención del usuario.
- ◆ Publicada en 2011.
- ◆ Conocida como “Hotspot 2.0” o “Wi-Fi Certified Passpoint”.
- ◆ Utilizando IEEE 802.21 (handover transparente entre distintos tipos de redes), habilita el WiFi Offload de las redes móviles.
- ◆ En ese caso, autentica usando la SIM del móvil, de modo transparente y seguro.
- ◆ En el *beacon frame* (“faro” con anuncios periódicos) se envían los datos del operador móvil (dato oculto al usuario).

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11ad – **Wireless Gigabit Alliance**

- ◆ La *Wireless Gigabit Alliance* es una asociación de los principales fabricantes para promover 802.11ad.
- ◆ Utiliza la banda no licenciada de **60 GHz**.
- ◆ La velocidad (teórica...) es de **6,7 Gbps**.
- ◆ Opera en 6 canales, con un BW total de 2,16 GHz
- ◆ Incluye la extensión *WiGig Display Extension*, que permite la transmisión de video en tiempo real (HDMI & DisplayPort).
- ◆ No ha tenido gran aceptación hasta ahora....

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11r – Roaming

- ◆ Se lo conoce como “*fast BSS transition*” o “**fast roaming**”.
- ◆ Publicada en 2008.
- ◆ Trabaja en conjunto con la .11k.
- ◆ Antes de WPA2, la conexión era más rápida (e insegura....). La seguridad aumentó el tiempo de conexión y, por ende, el tiempo sin servicio al cambiar de AP.
- ◆ Este tiempo puede no afectar sesiones de datos, pero resulta **crítico** para comunicaciones en tiempo real (VoIP, V²oIP) y muy importante para servicios de streaming.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11k – Administración de los recursos de **radio**

- ◆ Le permite a un cliente encontrar el mejor AP disponible.
- ◆ Publicada en 2008.
- ◆ Trabaja en conjunto con la .11r.
- ◆ Operación:
 - El AP determina que el cliente se aleja.
 - Le informa al cliente que se prepare para conmutar a otro AP.
 - El cliente solicita una lista de los APs cercanos.
 - El AP envía un reporte del sitio.
 - Con este reporte, el cliente se conecta al mejor AP.

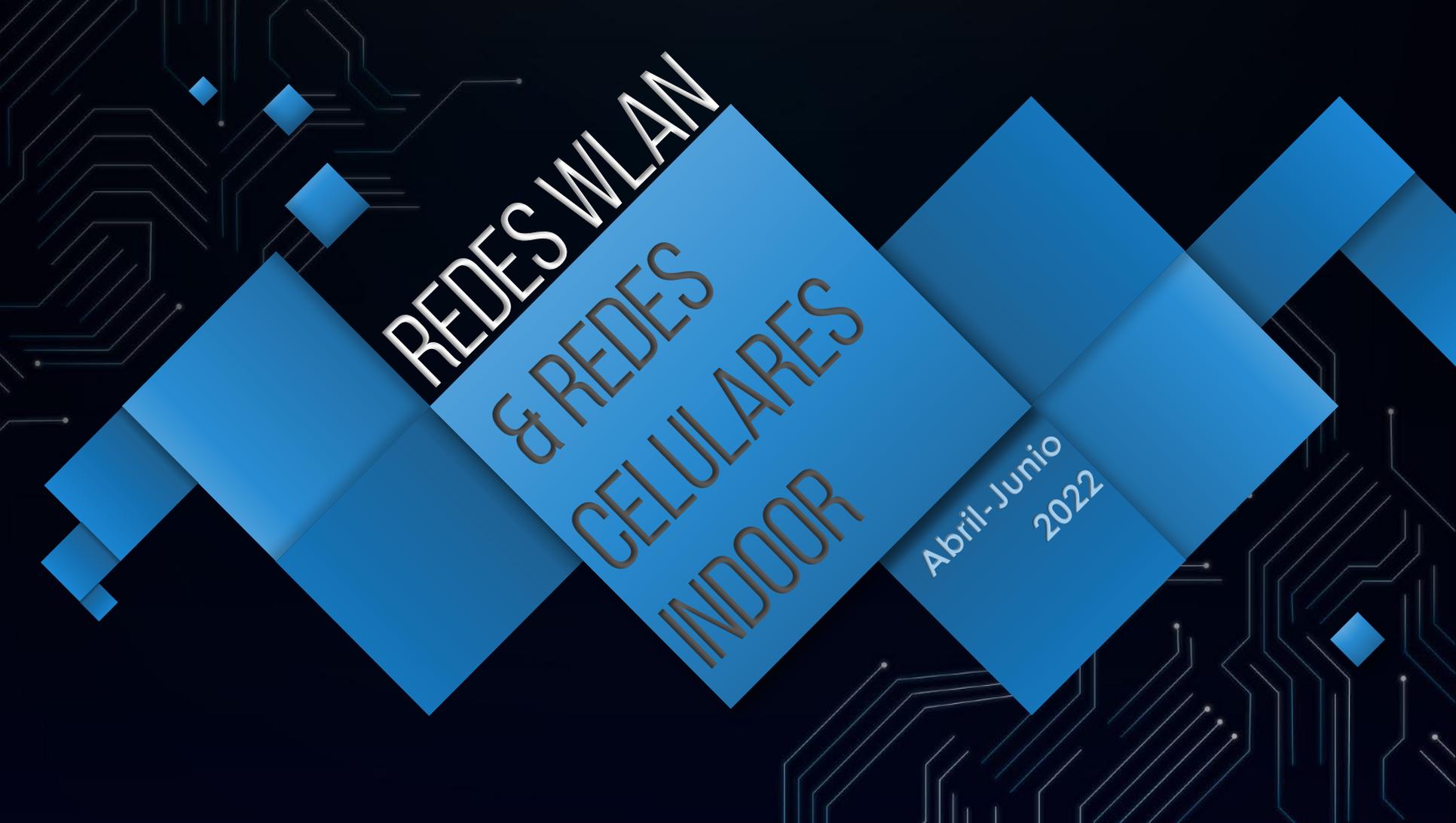
ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11v – **Administración** del cliente

- ◆ Estándar de *Wireless Network Management*.
- ◆ Publicada en 2011.
- ◆ En condiciones normales, el AP no tiene control alguno sobre el cliente.
- ◆ 11.v permite intercambiar con los clientes información del entorno de RF y de la topología de la red.

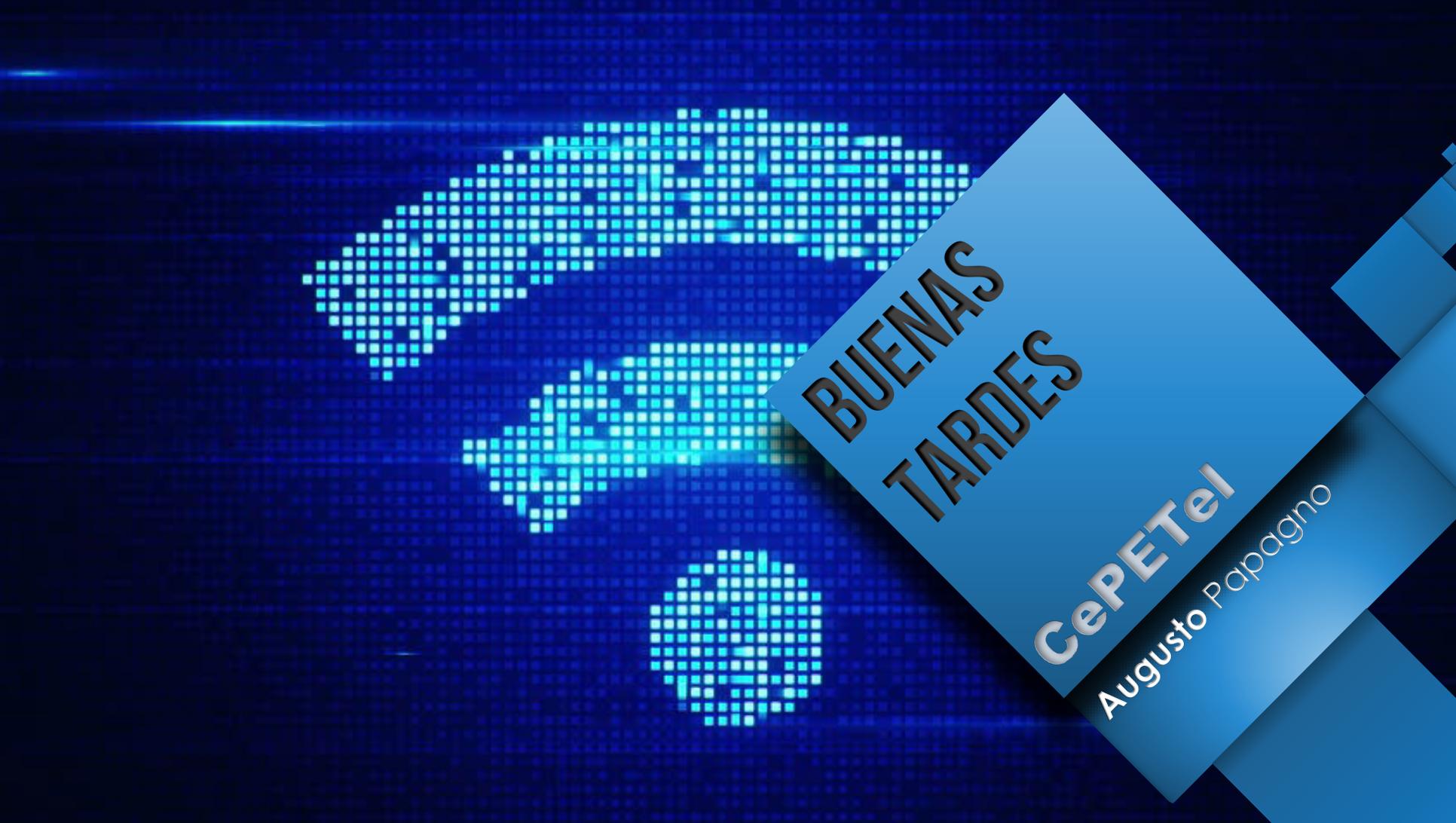
WI-FI CERTIFIED VOICE PROGRAM

- ◆ Programa de certificación de la WFA que define los requerimientos de calidad **corporativa** para:
 - Voz
 - Movilidad
 - Seguridad
 - Eficiencia energética.
- ◆ Utiliza los estándares .11r/k/v, aunque el .v no es imprescindible.
- ◆ Publica la lista de los dispositivos certificados.
- ◆ En la práctica el éxito es relativo (Ej. Solo los WNA de Qualcomm y dos de LG están certificados).



REDES WLAN
& REDES
CELULARES
INDOOR

Abril-Junio
2022



**BUENAS
TARDES**

CePETel

Augusto Papagno

Wi-Fi
IEEE 802.11
Introducción



CONCEPTO DE RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL

WxAN

Distintos tipos de redes inalámbricas

12

WPAN

- ✓ Bluetooth
- ✓ NFC
- ✓ ZWave
- ✓ ZigBee

30-50 m

WLAN

- ✓ Wi-Fi

100 m

WMAN

- ✓ WiMax

5 km

WWAN

- ✓ GSM
- ✓ CDMA
- ✓ HSPA
- ✓ LTE
- ✓ 5G
- ✓ Etc...

15 km

¿QUÉ ES WiFi?

- ◆ Tecnología de radio definida por el **IEEE** como un equivalente inalámbrico de las redes Ethernet IEEE 802.3.
- ◆ La versión inicial, 802.11, se publicó en 1997.
- ◆ Fue la primer tecnología de WLAN que logró una adopción masiva por parte de los consumidores.

¿UN MUNDO SIN WiFi?

En la actualidad es difícil encontrar un lugar público sin servicio WiFi.

Es el principal canal de conectividad de muchos dispositivos.



Una vida sin cables

- Relativamente **económica**.
- En la actualidad, es un estándar de facto, con amplio soporte en dispositivos e infraestructura en **lugares públicos**.
- **Fácil configuración** y despliegue.
- Las redes **pueden crecer fácilmente**.
- Incluye soporte de **seguridad inalámbrica**.
- Estándares del IEEE y en **continuo desarrollo**.
- Alta tasa de transferencia.



No todo lo que brilla es oro

- **Limitado** espectro de RF disponible.
- Bandas de frecuencias altas (2.4 GHz y 5/6 GHz) , por lo tanto con mucha **atenuación** por obstrucción y en el espacio libre.
- **Interferencia** de otros dispositivos (teléfonos inalámbricos, hornos microondas, etc...).
- **Consumo de energía** relativamente alto → Clara desventajas en dispositivos móviles.
- La **seguridad** puede ser **VULNERADA**.
- La performance alcanzada **depende** mucho de las características **de los dispositivos**.
- El alcance de un único AP es limitado.

PROBLEMAS PRINCIPALES



Seguridad

Vulnerar una red WiFi es relativamente sencillo en el peor de los casos (sin seguridad o WEP) y técnicamente posible en el mejor de ellos.



Compatibilidad

No todas las variantes de 802.11x son compatibles entre sí, limitando la interoperabilidad entre dispositivos.

Ej: Un AP 802.11a no puede dar servicio a un cliente 802.11b (distintas bandas)

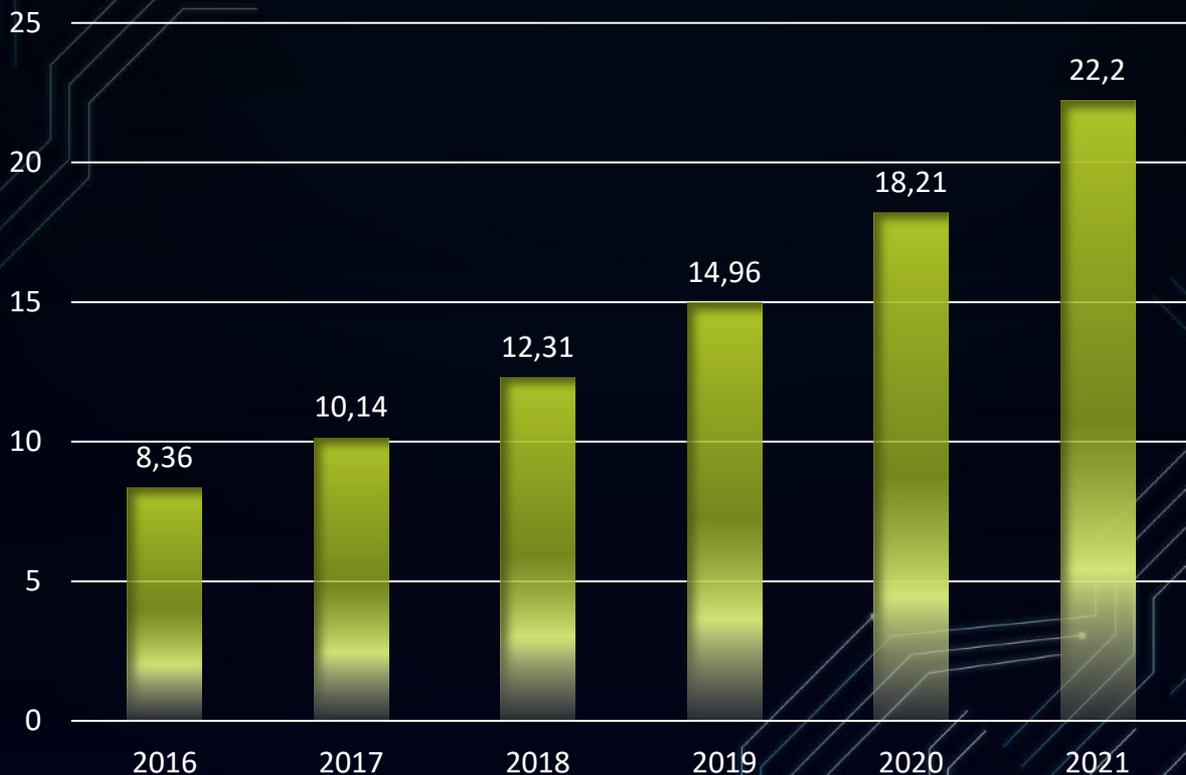


Tasación

Las normas contemplan los aspectos técnicos pero no los monetarios: No hay soporte nativo para tasación.

WIFI SE ESTÁ VOLVIENDO OMNIPRESENTE

Cantidad mundial de dispositivos WiFi conectados

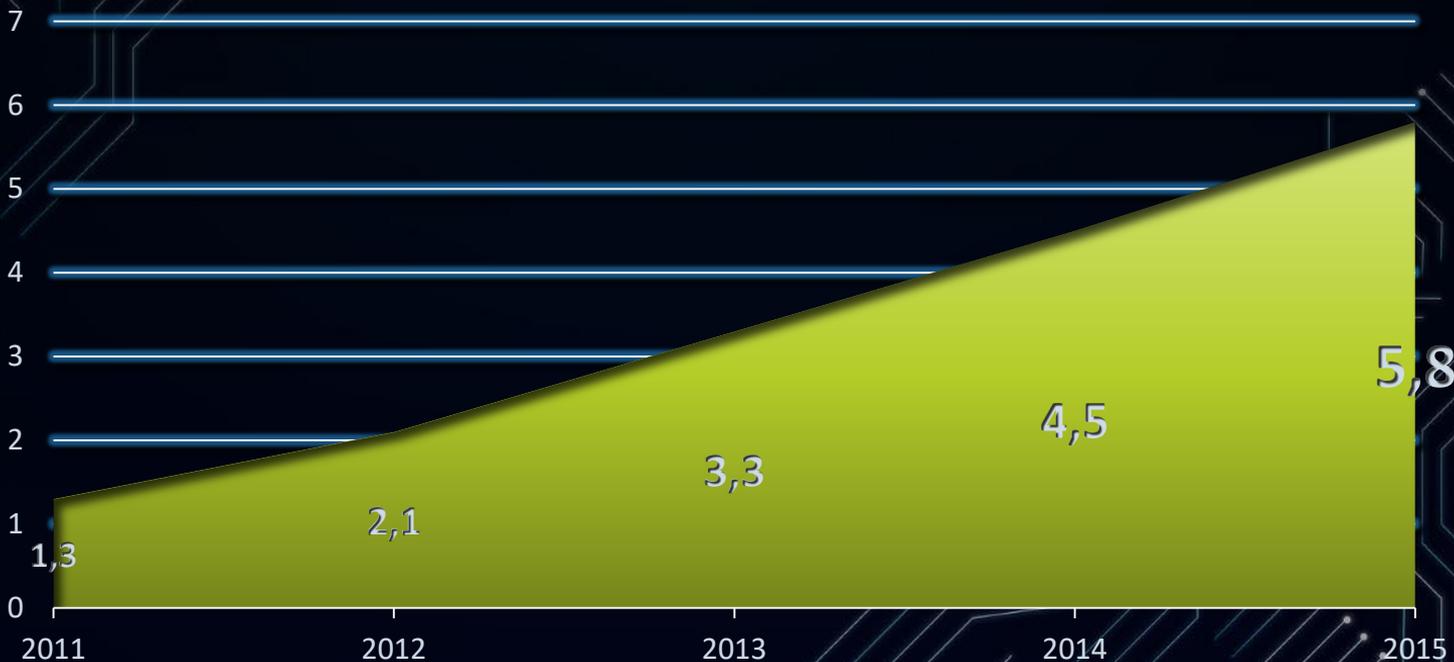


EN MILES DE
MILLONES DE
UNIDADES

WIFI SE ESTÁ VOLVIENDO OMNIPRESENTE



Cantidad mundial de Hotspots públicos

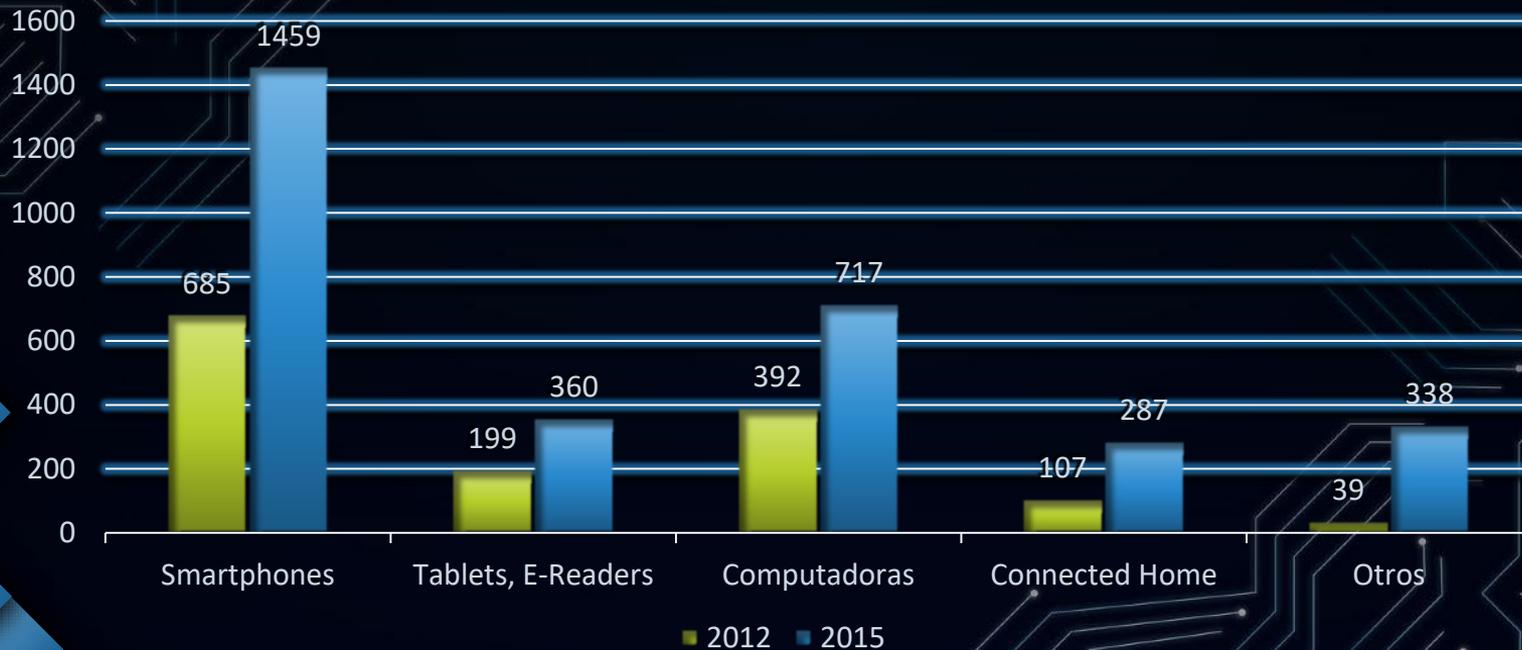


EN MILLONES
DE UNIDADES

WIFI SE ESTÁ VOLVIENDO OMNIPRESENTE



Dispositivos con WiFi fabricados



EN MILLONES
DE UNIDADES

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA WLAN

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



AP

Access Point



STA

Station



Controlador

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



AP

Access Point

- ◆ Conecta lo alámbrico a lo inalámbrico.
- ◆ Es el puente (bridge) entre IEEE 802.3 a 802.11.
- ◆ No obstante, la conexión al mundo alámbrico puede ser, en ocasiones, mediante un enlace inalámbrico.

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



STA

Station

- ◆ Dispositivo WiFi que se conecta a un AP (cualquier cliente, Smartphone, notebook, etc...).
- ◆ La interface WiFi puede ser interna o externa (ej. USB), al igual que la/s antena/s (integradas o externas).

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



Controlador

- ◆ Administra y provee funciones a múltiples APs.
- ◆ No es imprescindible, pero sí conveniente en redes complejas.
- ◆ Puede ser un dispositivo físico, virtual, o corriendo en la nube

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA

Ejemplos

ACCESS POINTS



CONTROLADORES



ESTACIONES (CLIENTES)



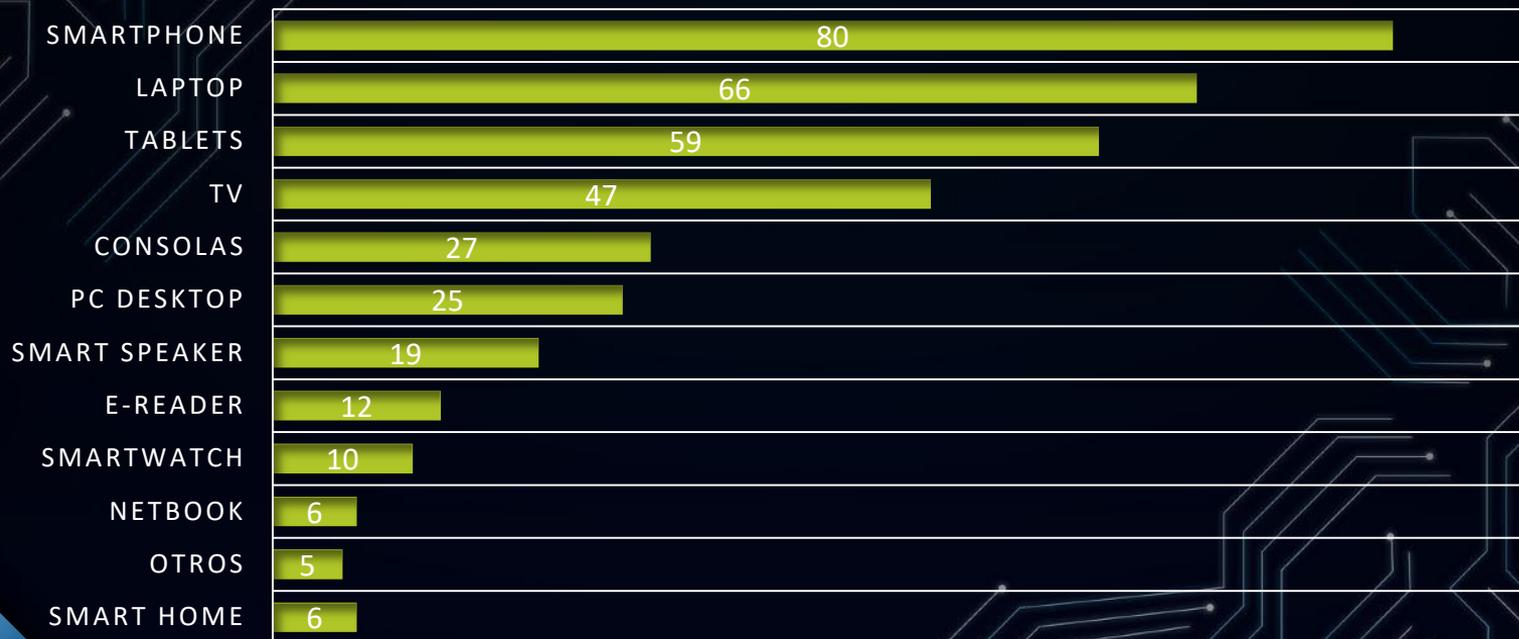
DISPOSITIVOS
DIVERSOS

TIPOS DE DISPOSITIVOS EN UNA RED INALÁMBRICA



26

% de dispositivos que se conectan a un WiFi hogareño (Encuesta UK Feb. 2022)



MODOS DE OPERACIÓN

◆ Infraestructura

- La estación se comunica con otras redes (LAN, Internet...) mediante un AP.
- Es la modalidad más usada.
- Múltiples APs pueden compartir el SSID → En ese caso el cliente se conecta a la red con SSID y elige el “mejor AP”.

◆ Ad Hoc

- Las estaciones se comunican directamente entre sí en modalidad peer-to-peer.

CANTIDAD DE RADIOS DE UN AP



2,4 GHz
o 5 GHz

Único

Todas las STA deben estar en
la misma banda



2,4 GHz



5 GHz

Dual

Permite cobertura completa
de dispositivos en cualquier
banda



5 GHz

5 GHz



2,4 GHz

Triple

Escenarios con conectividad
inalámbrica entre APs

WIFI, IEEE & WIFI ALLIANCE



WIFI, IEEE & WIFI ALLIANCE

- **IEEE:** Elabora los estándares 802.11 pero **no los implementa** ni certifica.
- En 1999, se forma la **Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)**, luego llamada:
- **WiFi Alliance:** Es una asociación global de compañías y fabricantes que promueve y **certifica** los productos. Se asegura que un fabricante dado **cumpla los estándares** definidos por el IEEE.
- Son los **creadores del término WiFi** (marketing de la tecnología) y del clásico logo Yin Yang (en realidad, tercerizado)
- Incluso el término WiFi no es acrónimo de Wireless Fidelity cómo habitualmente se cree.
- Los fabricantes **certificados** por la WFA que pasen la certificación **pueden ponerle el logo**



WIFI EN EL MODELO OSI

1 Capa 1 (física)

Especifica la modulación, codificación, etc...

“**Cómo** se transmite”

2 Capa 2 (enlace)

MAC (Acceso al medio)

“**Qué** se transmite”

MODELO ISO/OSI

Open Systems Interconnection

Capa 8: **Usuario**

“El error más difícil de detectar”

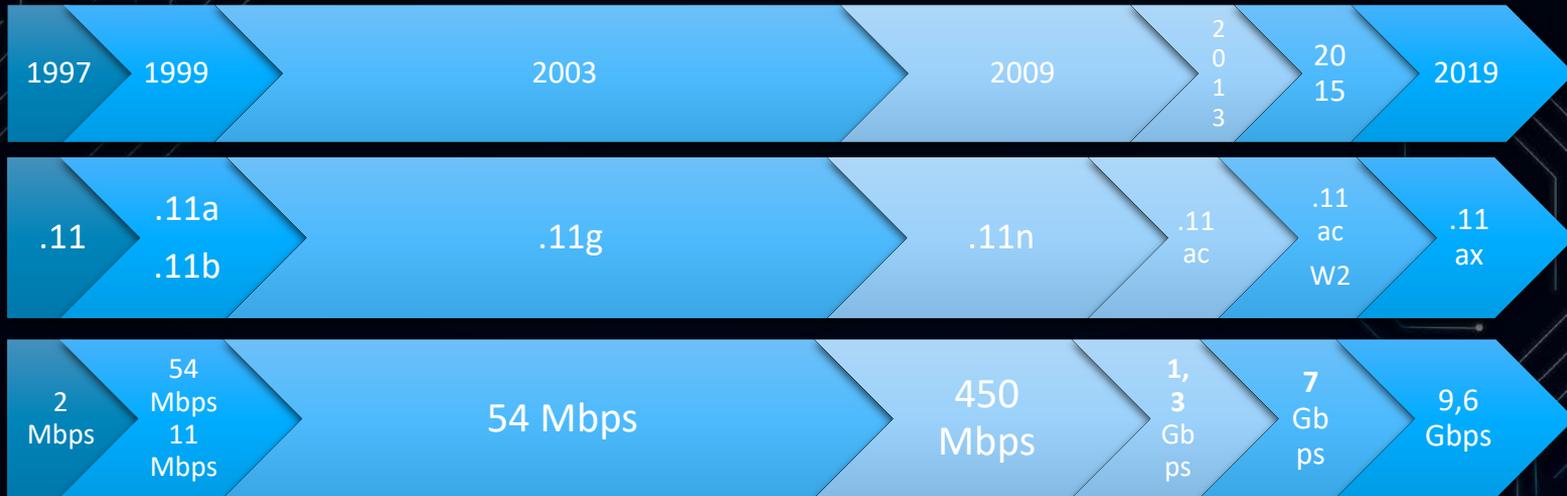
WiFi



ESTÁNDARES Y TERMINOLOGÍA

WIFI – ESTÁNDARES Y VELOCIDAD

En constante evolución



DESDE 1997
A 2019...

PRINCIPALES ESTÁNDARES DE IEEE 802.11

Gen.	Estándar	Fecha	Banda [GHz]	Vel. (Teórica) [Mbps]	Veloc. (Real) [Mbps]	Modulación	Introduce
-	802.11	1997	2,4	2	1	DSSS FHSS	
-	802.11a	1999	5	54	22	OFDM	64 QAM
-	802.11b	1999	2,4	11	6	HR-DSSS	
-	802.11g	2003	2,4	54	22	OFDM HR-DSSS	
WiFi 4	802.11n	2009	2,4 5	600/450	350	HR-DSSS HT-OFDM	SU-MIMO (4x4) 40MHz - WPA
-	802.11ad	2012	60	6,7 Gbps			Alta velocidad
WiFi 5	802.11ac	2013 (wave 1) 2015 (wave 2)	5	3,74 Gbps (wave 1) / 6,9 Gbps (wave 2)	1300/1750	VHT-OFDM	80 & 160 MHz MU-MIMO (8x8) (Wave 2) - 256 QAM
WiFi HaLow	802.11ah	2017	0.9	347	78	OFDM	Largo alcance
WiFi 6	802.11ax	2019	2,4 5	1,15 Gbps (2,4) 9,6 Gbps (5)	6,25 Gbps / 9,6 Gbps (?)	OFDMA	1024-QAM MU-MIMO en uplink
WiFi 6e		2020	6				OFDMA

DESDE 1997
A 2022....

VELOCIDAD DEL ENLACE

“Me anda lento el wifi”

¿Sinónimos?

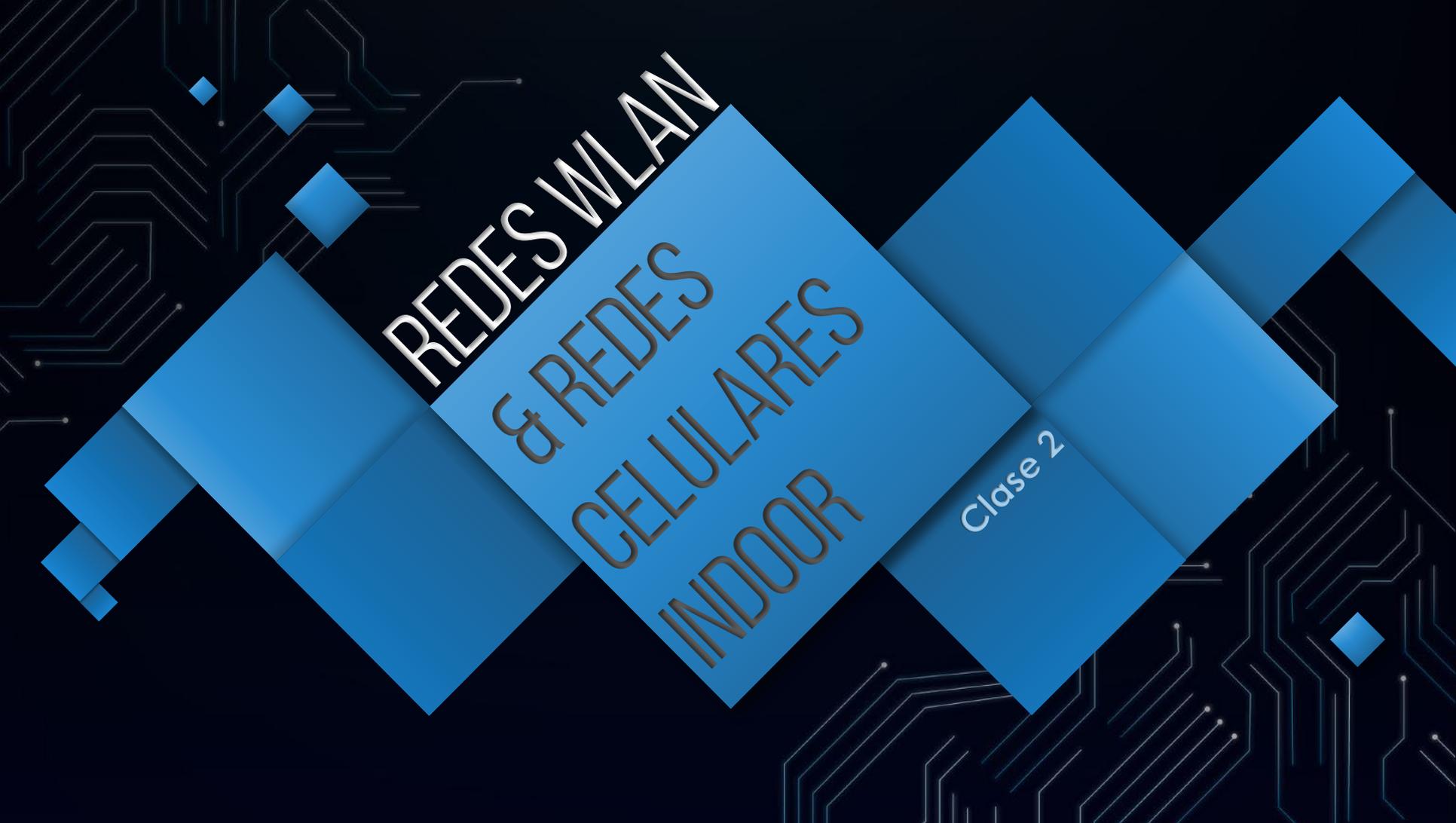
¿MB = MBps =
Mbps?

SIMPLIFICANDO LAS VERSIONES



Nuevos identificadores de versión



The background features a dark blue field with intricate white circuit-like patterns. Overlaid on this are several large, overlapping blue geometric shapes, primarily diamonds and rectangles, which create a sense of depth and modernity. The text is positioned on these shapes, with the main title in white and the subtitle in a darker blue.

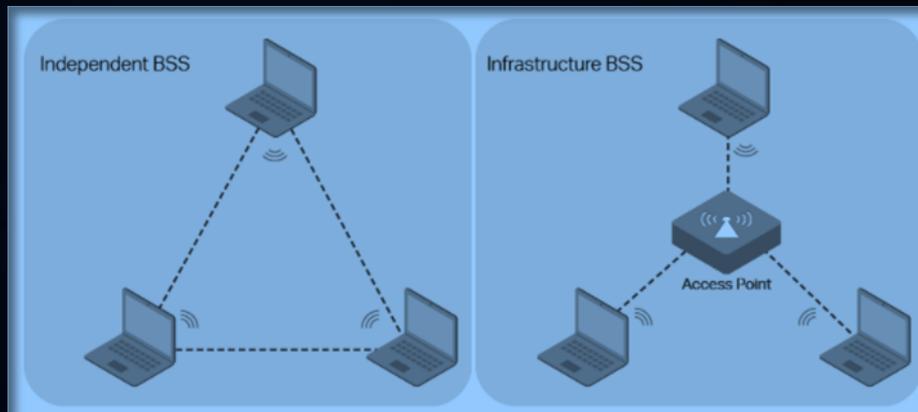
REDES WLAN & REDES CELULARES INDOOR

Clase 2

TERMINOLOGÍA E IDENTIFICADORES

Infraestructura e Independiente

- **IBSS** - Independent Basic Service Set: Identificador para la modalidad Ad Hoc.
- **BSS** - Basic Service Set: Es el bloque básico, que consiste en un único AP y las estaciones a las que sirve (el BSS más básico = 1 AP + 1 STA).



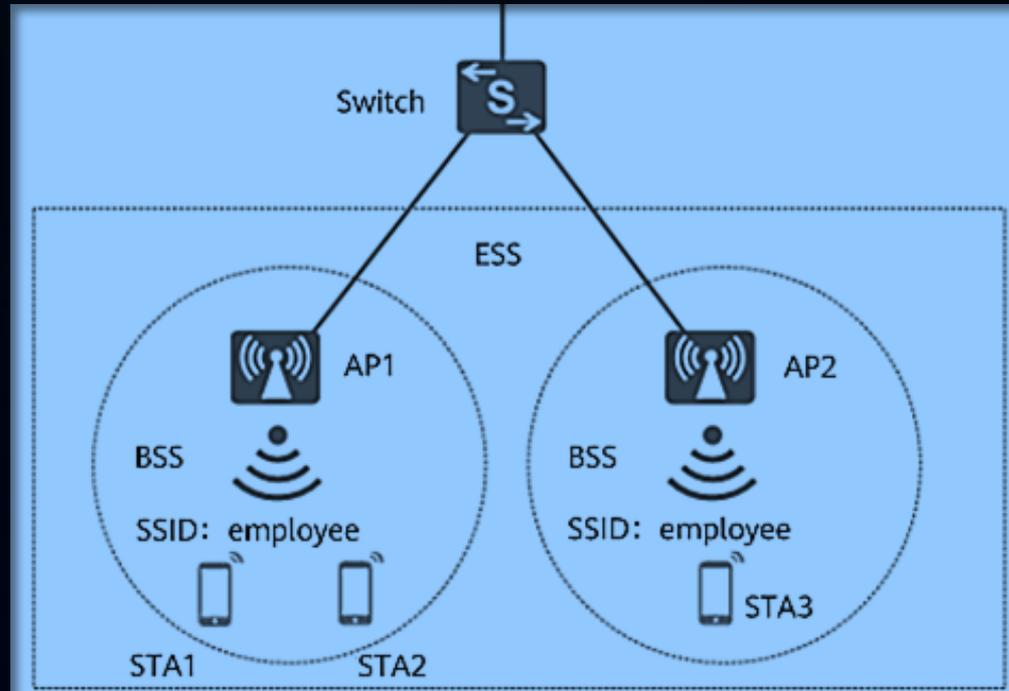
TERMINOLOGÍA E IDENTIFICADORES

- ◆ **SSID** - Service Set ID: Nombre de la red (es para los humanos, los dispositivos no lo usan). **No** es un identificador **único** (se puede repetir entre distintos APs, sean o no miembros de la misma red).
 - Su valor suelen ser caracteres imprimibles, hasta un máximo de 32 octetos.
 - Puede estar oculto (“Network cloaking”) como una medida muy básica de seguridad.
- ◆ **BSSID** - BSS ID - Basic service set identifier: Identifica cada BSS de forma **única**. No se puede modificar mediante configuración (en la práctica es la MAC Address inalámbrica del AP).

TERMINOLOGÍA E IDENTIFICADORES

Básico y Extendido

- **ESS - Extended SS:**
Consta de más de un BSS conectando AP en diferentes BSS (con el mismo SSID) y cerca para hacer roaming.
- Los **distintos BSS** dentro de un mismo ESS deben **compartir el mismo segmento lógico de red** (Misma VLAN y Subred IP).



EXTENSIONES

802.11xx

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11i – **WPA2** & 802.11e – **QOS**

◆ 802.11i

- Extensión de seguridad que utiliza WPA2 (*Wi-Fi Protected Access II*).
- Publicada en 2004.
- Reemplaza a la endeble seguridad de WEP (*Wired Equivalent Privacy*) y a WPA (paso intermedio entre WEP y WPA2).
- Encripta utilizando AES (*Advanced Encryption Standard*).

◆ 802.11e

- Calidad de servicio.
- Estándar del año 2005, incorporado luego en .11n
- Considera dos variantes, pero solo se implementó la más básica, que no asegura la prioridad en todos los casos.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11u – Offload

- ◆ Tiene como objeto permitir la conexión **automática** de un cliente WiFi (estación) a una red, sin intervención del usuario.
- ◆ Publicada en 2011.
- ◆ Conocida como “*Hotspot 2.0*” o “*Wi-Fi Certified Passpoint*”.
- ◆ Utilizando IEEE 802.21 (handover transparente entre distintos tipos de redes), habilita el WiFi Offload de las redes móviles.
- ◆ En ese caso, autentica usando la SIM del móvil, de modo transparente y seguro.
- ◆ En el *beacon frame* (“faro” con anuncios periódicos) se envían los datos del operador móvil (dato oculto al usuario).

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11ad – **Wireless Gigabit Alliance**

- ◆ La *Wireless Gigabit Alliance* es una asociación de los principales fabricantes para promover 802.11ad.
- ◆ Utiliza la banda no licenciada de **60 GHz**.
- ◆ La velocidad (teórica...) es de **6,7 Gbps**.
- ◆ Opera en 6 canales, con un BW total de 2,16 GHz
- ◆ Incluye la extensión *WiGig Display Extension*, que permite la transmisión de video en tiempo real (HDMI & DisplayPort).
- ◆ No ha tenido gran aceptación hasta ahora....

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11ah – Wi-Fi HaLow

- ◆ Es "la opuesta" a la .11ad: Poca velocidad & Mucha distancia.
- ◆ Utiliza la banda no licenciada de **900 MHz**.
- ◆ La velocidad máxima es de **347 Mbps**.
- ◆ Se publicó en 2017, con **IoT** en mente.
- ◆ Pone el foco en el **ahorro** energético (compitiendo con Bluetooth), inaugurando el mismo mecanismo (TWT) que luego se usaría en .11ax.
- ◆ Es la variante de WiFi que menos se asemeja al resto, utilizando mecanismos de acceso al medio **distintos** para ahorrar energía.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11r – Roaming

- ◆ Se lo conoce como “*fast BSS transition*” o “**fast roaming**”.
- ◆ Publicada en 2008.
- ◆ Trabaja en conjunto con la .11k.
- ◆ Antes de WPA2, la conexión era más rápida (e insegura....). La seguridad aumentó el tiempo de conexión y, por ende, el tiempo sin servicio al cambiar de AP.
- ◆ Este tiempo puede no afectar sesiones de datos, pero resulta **crítico** para comunicaciones en tiempo real (VoIP, V²oIP) y muy importante para servicios de streaming.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11k – Administración de los recursos de **radio**

- ◆ Le permite a un cliente encontrar el mejor AP disponible.
- ◆ Publicada en 2008.
- ◆ Trabaja en conjunto con la .11r.
- ◆ Operación:
 - El AP determina que el cliente se aleja.
 - Le informa al cliente que se prepare para conmutar a otro AP.
 - El cliente solicita una lista de los APs cercanos.
 - El AP envía un reporte del sitio.
 - Con este reporte, el cliente se conecta al mejor AP.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11v – **Administración** del cliente

- ◆ Estándar de *Wireless Network Management*.
- ◆ Publicada en 2011.
- ◆ En condiciones normales, el AP no tiene control alguno sobre el cliente.
- ◆ 11.v permite intercambiar con los clientes información del entorno de RF y de la topología de la red.

WI-FI CERTIFIED VOICE PROGRAM

- ◆ Programa de certificación de la WFA que define los requerimientos de calidad **corporativa** para:
 - Voz
 - Movilidad
 - Seguridad
 - Eficiencia energética.
- ◆ Utiliza los estándares .11r/k/v, aunque el .v no es imprescindible.
- ◆ Publica la lista de los dispositivos certificados.
- ◆ En la práctica el éxito es relativo (Ej. Solo los WNA de Qualcomm y dos de LG están certificados).

WiFi 6

(IEEE 802.11AX)



WI-FI 6

Principales características

- ◆ Un **mismo** canal puede ser compartido entre distintas estaciones **simultáneamente**.
- ◆ Se aumenta la posibilidad de **re-uso** de una misma frecuencia en una misma área (Coloreo de BSS).
- ◆ Se mejora la **eficiencia** energética de la STA permitiéndole a las mismas “dormir” cuando no necesitan estar activas (Target WakeUp Time).
- ◆ Se aumenta la **eficiencia** de la modulación (256 QAM → 1024 QAM) → Aumenta la velocidad de transferencia.
- ◆ El acceso simultáneo con múltiples flujos (MIMO) se soporta también desde la STA al AP (uplink).

SOPORTE 802.11AX

Solamente en dispositivos muy recientes

- **ASUS RT-AX88U:**
"WiFi 6 (802.11ax) (2.4GHz) : up to 1148 Mbps - (5GHz) : up to 4804 Mbps"
- **Lenovo Yoga C940:** "Hasta 2X2 AX / Y hasta Wifi 6 (opcional, no disponible en todos los modelos)"
- **Iphone 11:**
802.11ax Wi Fi 6 con MIMO 2x2
- **Samsung Galaxy S10:**
Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac/ax (2.4/5GHz), VHT80 MU-MIMO, 1024QAM - **Up to 1.2Gbps** Download / Up to 1.2Gbps Upload

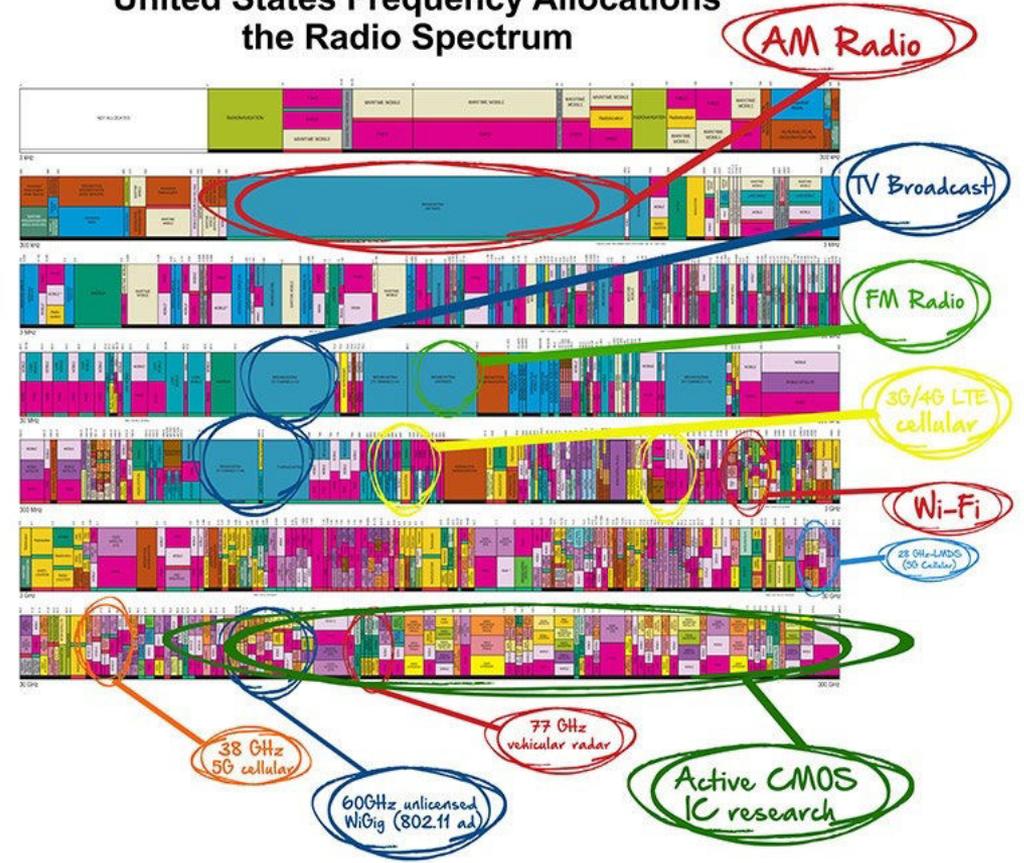


NO TODO SE
CUMPLE...

WI-FI 6E

Espectro de RF

United States Frequency Allocations the Radio Spectrum



La primera adición de banda en 2 décadas

- En WiFi 6e se incorpora la banda de 6 GHz.
- No es una modificación del standard en sí.
- Es la adición de espectro no licenciando por parte de las autoridades regulatorias (FCC, ENACOM, etc...)

WIFI 6E

Incremento del ancho de banda disponible

Unlicensed Spectrum and Channel Allocations



2.4 GHz Channels **80 MHz**

ISM Band 2407 + 5 X Ch. Number Wavelength 12.5cm - 4.9" to 12.0cm - 4.7"

Channel	f	k	11
Center Freq	2.412	2.424	2.436

5 GHz Channels **500 MHz**

Frequency 5000 + 5 X Ch. Number Wavelength 5.8cm - 2.3" to 5.1cm - 2.0"

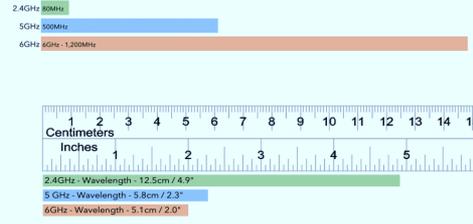
Radio Band	DFS Channels										DFS Channels										DFS Channels										DFS Channels									
	U-NII-1					U-NII-2a					U-NII-2c (Extended)					U-NII-3																								
Center Freq	5.180	5.200	5.220	5.240	5.260	5.300	5.320	5.340	5.360	5.380	5.420	5.440	5.460	5.480	5.500	5.540	5.560	5.580	5.600	5.620	5.660	5.680	5.700	5.720	5.760	5.780	5.800	5.820												
20 MHz	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144												
40 MHz	38	46	54	62	70	78	86	94	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254												
80 MHz	42	58	74	90	106	122	138	154	170	186	202	218	234	250	266	282	298	314	330	346	362	378	394	410	426	442	458	474												
160 MHz	50	118	186	254	322	390	458	526	594	662	730	798	866	934	1002	1070	1138	1206	1274	1342	1410	1478	1546	1614	1682	1750	1818	1886												

6 GHz Channels **1,200 MHz**

FCC - USA 5950 + 5 X Ch. Number Wavelength 5.1cm - 2.0" to 4.2cm - 1.6"

Low Power Indoor 5dBm/MHz - Net EIRP 18dBm

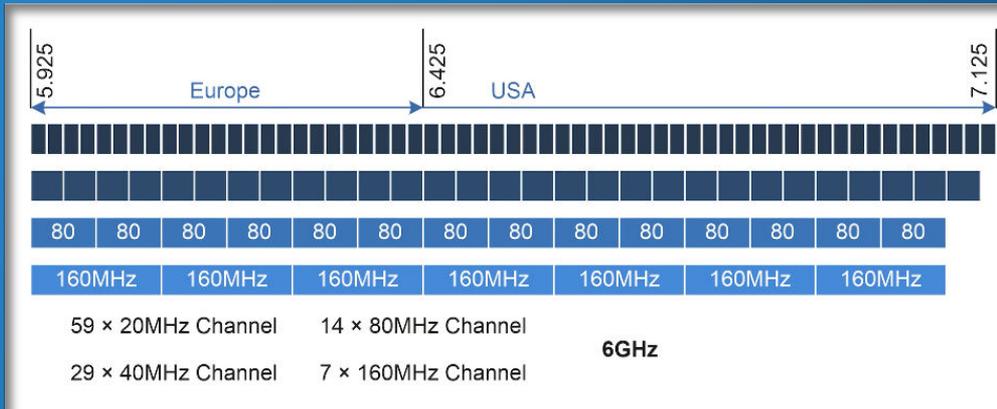
Radio Band	U-NII-5															U-NII-6															U-NII-7															U-NII-8																	
	Center Freq	5.905	5.925	5.945	5.965	5.985	6.005	6.025	6.045	6.065	6.085	6.105	6.125	6.145	6.165	6.185	6.205	6.225	6.245	6.265	6.285	6.305	6.325	6.345	6.365	6.385	6.405	6.425	6.445	6.465	6.485	6.505	6.525	6.545	6.565	6.585	6.605	6.625	6.645	6.665	6.685	6.705	6.725	6.745	6.765	6.785	6.805	6.825	6.845	6.865	6.885	6.905	6.925	6.945	6.965	6.985	7.005	7.025	7.045	7.065	7.085	7.105	7.125
20 MHz	1	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205	209	213	217	221	225	229	233				
40 MHz	3	11	19	27	35	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123	131	139	147	155	163	171	179	187	195	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283	291	299	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379	387	395	403	411	419	427	435								
80 MHz	7	23	39	55	71	87	103	119	135	151	167	183	199	215	231	247	263	279	295	311	327	343	359	375	391	407	423	439	455	471	487	503	519	535	551	567	583	599	615	631	647	663	679	695	711	727	743	759	775	791	807												
160 MHz	15	47	79	111	143	175	207	239	271	303	335	367	399	431	463	495	527	559	591	623	655	687	719	751	783	815	847	879	911	943	975	1007	1039	1071	1103	1135	1167	1199	1231	1263	1295	1327	1359	1391	1423	1455	1487	1519	1551	1583	1615												



WIFI 6E

Asignación de canales dependiendo de la región

Canales en la banda de 6 GHz



Asignación de frecuencias **licenciadas** en Argentina

Frecuencias en la banda de 6 GHz

5.925 - 6.700 FIJO 5.457 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.457B MÓVIL 5.457C 5.149 5.440 5.458	5.925 - 6.425 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Fijo 6.425 - 6.700 FIJO MOVIL N51 N52 N53
--	---

Fuente: **ENACOM** - Cuadro de atribución de bandas de Frecuencias

Asignación de frecuencias **licenciadas** en Argentina

Frecuencias en la banda de 6 GHz

REGIÓN 2 – UIT	REPÚBLICA ARGENTINA
6.700 - 7.075 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) 5.441 MOVIL	6.700 - 6.725 FIJO MOVIL .N51 N52 N53
	6.725 - 6.760 FIJO MOVIL FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) N51 N52 N53
	6.760 - 6.875 FIJO MOVIL FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) N51 N52 N53

5.458 5.458A 5.458B	6.875 - 7.025 FIJO MOVIL FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) N48 N51 N52 N53
	7.025 - 7.075 FIJO MOVIL FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) N48 N51 N52 N53
7.075 - 7.145 FIJO MOVIL 5.458 5.459	7.075 - 7.100 FIJO MOVIL N51 N52 N53

Fuente: **ENACOM** - Cuadro de atribución de bandas de Frecuencias

Asignación de banda no licenciada de 6GHz en Argentina



BOLETÍN OFICIAL
de la República Argentina

JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS

SECRETARÍA DE INNOVACIÓN PÚBLICA

Resolución 102/2020

RESOL-2020-102-APN-SIP#JGM

Ciudad de Buenos Aires, 10/12/2020

VISTO el Expediente N° EX-2020-83934150- --APN-SSTIYC#JGM, la N° 764 de fecha 3 de septiembre de 2000, el Decreto N° 1172 de fecha 4 de octubre de 2016, el Decreto N° 1060 de fecha 20 de diciembre de 2019, el Decreto N° 86 de fecha 27 de diciembre de 2019, la Resolución del Ente Nacional de Comunicaciones N° 57 de fecha 23 de agosto de 1996, la Resolución de fecha 4 de septiembre de 2018, la Resolución del Ente Nacional de Comunicaciones N° 102/2020 de fecha 29 de octubre de 2019, y



territorio nacional, sin requerir de autorización para su uso, debiendo respetarse las condiciones y parámetros técnicos de emisión indicados por el ENACOM a través de la Resolución N° 4653/19.

Que, actualmente, en la República Argentina el acceso inalámbrico de banda ancha y redes de área local por radio (RLAN) bajo los estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés) IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ah (comercialmente conocido como Wi-Fi), se desempeñan en el marco de la Resolución del (ex) Ministerio de Modernización N° 581/18 y de la Resolución del ENACOM N° 4653/19, en modalidad de uso compartido y sin requerimiento de autorización en las frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz.

Que el estándar IEEE 802.11ax (comercialmente conocido como Wi-Fi 6) permite mejores experiencias al usuario en aquellas aplicaciones que demandan un mayor ancho de banda, como ser la transmisión de video de alta definición, aprovechando canales de mayor capacidad y mejorando así también la calidad del servicio para una mayor cantidad de usuarios conectados simultáneamente.

Que, asimismo, es dable considerar que dicho estándar- IEEE 802.11ax- incorpora una nueva banda de frecuencias en el rango de 5925 MHz a 7125 MHz (conocida bajo la denominación de Wi-Fi 6E), mientras que Wi-Fi 6 incluye las ya usadas bandas de 2.4 GHz y 5 GHz del tradicional WiFi, además de la extensión hacia 6 GHz.

Que a partir del estudio y análisis de la normativa técnica de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América y de los estudios efectuados en la Comisión Europea (EC, por sus siglas en inglés), se ha concluido que es factible reglamentar el uso de la banda 5925-6425 MHz para el funcionamiento de sistemas de acceso fijo de banda ancha y redes WLAN con la tecnología IEEE 802.11ax ("Wi-Fi 6" y "Wi-Fi 6E"), u otras que surjan a futuro.

Que siendo esta regulación una actualización y perfeccionamiento de la normativa técnica de servicios TIC vigente, conforme las políticas de participación y transparencia adoptadas por la Subsecretaría de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, dependiente de la Secretaría de Innovación Pública, resulta oportuno someter la

Asignación de banda **no licenciada de 6GHz** en Argentina

Top 5 de hoy | Argentina | Espectro

jueves 05 de agosto de 2021

Enacom reevalúa su primera propuesta sobre WiFi 6 y ahora analiza atribuir 1.200 MHz

En diciembre de 2020 se sometió a consulta pública la atribución de 5.925-6.425 MHz para WiFi 6, es decir, **solo 500 Mhz** (Resolución 102/2020). Sin embargo, frente a la inclinación de **varios países de la región por la atribución de 1.200 MHz** (Perú, Chile, Colombia, Brasil, Costa Rica), el regulador analiza como parte de su trabajo en un futuro plan de espectro alinearse con la tendencia en América latina.

El coordinador de Asuntos Técnicos de Enacom, Sergio D'Uva, explicó a **Convergencialatina** que inicialmente se planteó liberar 500 MHz y **aguardar a la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2023 (CMR-23) de la UIT para decidir sobre los restantes 700 MHz** en la banda de 6 GHz.

"Ante los avances en otros países, estamos evaluando la decisión. Nos tomó por sorpresa la definición de Perú", admitió. A fin de abril, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del país andino modificó el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, habilitando TV White Spaces (TVWS), HAPS, la identificación de 1.200 MHz para WiFi 6 y 1.200 MHz para un próximo concurso en 26 GHz, y la operación en Banda E (71 - 76 y 81 - 86 GHz), entre otros cambios.

En relación a la consulta pública sobre reglamentación de WiFi 6, lanzada por la Secretaría de Innovación Pública y finalizada en febrero con 29 respuestas, aún está pendiente la difusión del informe sobre los comentarios recibidos.

Fuente: Convergencialatina | Artículo original

UL

Estar

NAP

Hi

SO

en

Estar

NA

po

ado

Per

LA CAPA MAC Y SU EVOLUCIÓN

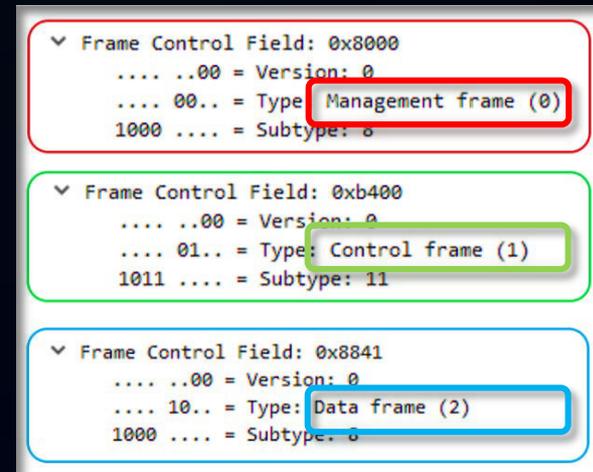


CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Tipos de tramas

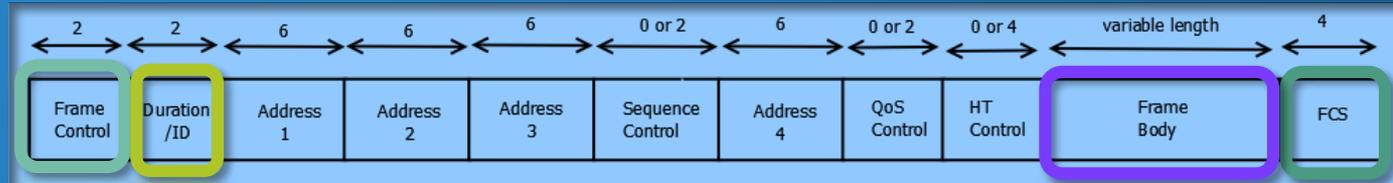
- *Medium Access Control (MAC)* → Capa 2.
- Tres tipos de trama:
 - **Management**: Sirven para establecer y mantener la **conexión** entre una estación y un AP.
 - **Control**: Controla el medio (RTS/CTS), ACKs, etc...
 - **Data**: Transportan los datos de usuario en sí. El encabezado (subtipo) especifica si la trama transporta o no **datos**:
 - 0: lleva datos de usuario
 - >0: tramas nulas (ej: Administración de energía) y QoS



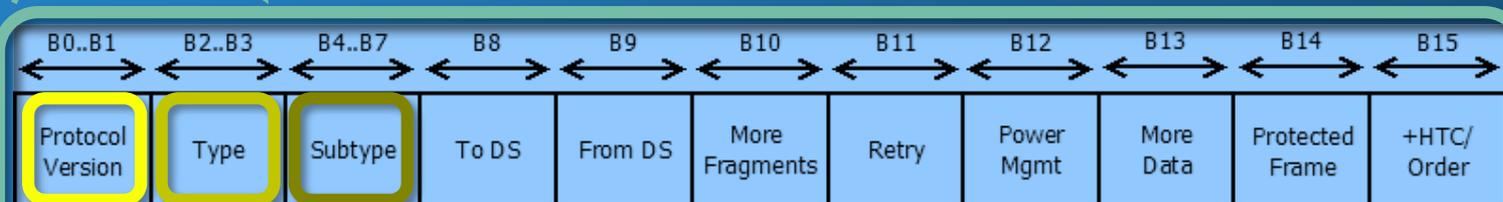
CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Tipos de tramas

Trama MAC en 802.11



Frame control



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Tipos de tramas

Tipo (Valor)	Tipo (Desc.)	Tipo (Valor)	Tipo (Desc.)
00	Management	0000	Association Request
00	Management	0001	Association Response
00	Management	0100	Probe Request
00	Management	0101	Probe Response
00	Management	1011	Authentication
00	Management	1100	Deauthentication
01	Control	1011	RTS
01	Control	1100	CTS
01	Control	1101	ACK
10	Data	0000	Data
10	Data	0100	Null (no data)

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Proceso de conexión - Descubrimiento

◆ 1 - Descubrimiento

- **Pasivo:** El AP emite una trama Beacon (aproximadamente 10 veces por segundo), con sus datos: SSID, funcionalidades soportadas, seguridad, roaming, etc...
- **Activo:** La estación transmite un “*Probe request frame*” (el cliente dice “me quiero comunicar”).
El AP manda entonces un *Probe-response* (con contenido similar al de un beacon).

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Proceso de conexión - **Autenticación**

◆ 2 - Autenticación

- Inicialmente implicaba seguridad (con WEP).
- Hoy, la STA solo pide autenticarse y el AP le da un OK, sin credenciales.
- Con fast roaming estas tramas cambiaron.
- No necesariamente la STA autentica con el primer AP que ve. Busca al “mejor” (nivel de señal, parámetros de calidad, etc...)

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Proceso de conexión - **Asociación**

◆ 3 - Asociación:

La STA envía un *Association request* y el AP contesta con *Association response*

- La respuesta podría no ser exitosa (ej: se alcanzó la cantidad máxima de cliente soportados, MAC address rechazada, etc..).

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Proceso de conexión

- 4 - Luego de esto, STA y AP **están conectados (Connected State)**.
- A pesar de esto, la STA **seguirá buscando mejores APs** (concepto básico de movilidad).

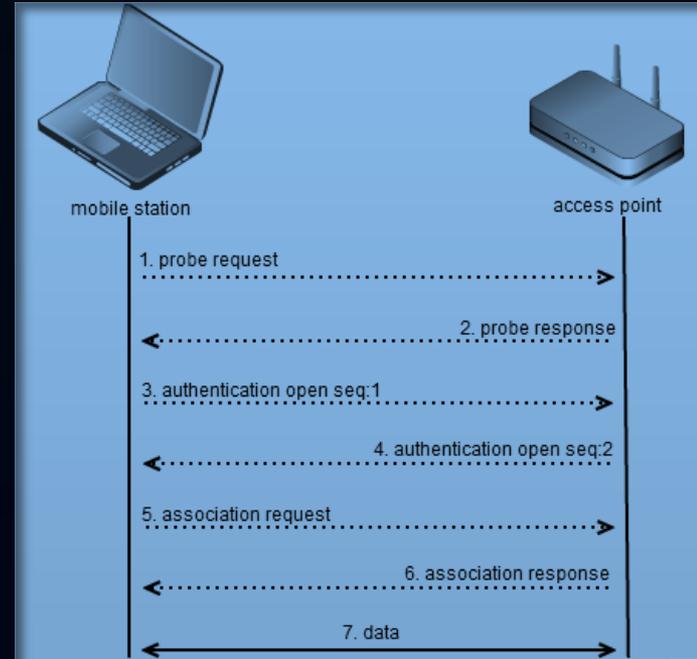


DIAGRAMA
ESCALERA

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Acknowledgments

- ◆ No hay un mecanismo de verificación de error físico como en una red Ethernet (*Collision Detection*).
- ◆ Cada vez que un dispositivo WiFi transmite información, lo siguiente que tiene que pasar es recibir un “reconocimiento” (ACK).
- ◆ Sin embargo, el ACK es obligatorio en Unicast, pero no así en multicast o broadcast.
- ◆ Esto genera un problema en Multicast, ya que no hay manera de asegurar que la información haya llegado correctamente a todos los dispositivos que tendrían que recibirla.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Distributed Coordination Function (**DCF**)

- ◆ Al usar una única frecuencia para enviar y recibir datos, WiFi duplexa usando **TDD** (Half-duplex).
- ◆ Se requiere entonces un mecanismo que **coordine** esa duplexación.
- ◆ **DCF** (*Distributed coordination function*): Especifica que una STA solo puede transmitir cuando el **canal está libre**.
- ◆ Forma parte del primer standard (802.11-1997), con mejoras en 802.11e-2005 y 802.11-2016.
- ◆ Define cuatro componentes para "asegurar" que los dispositivos compartan el medio de manera "equitativa":
 - Detección **física** de la portadora.
 - Detección **virtual** de la portadora.
 - Interframe Spaces (**IFS**).
 - **Random** Back-off timers.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Detección **física** de la portadora

- ◆ El dispositivo chequea que **no existan transmisiones** en una determinada frecuencia, para determinar si el **medio está libre** o no.
- ◆ Es un estado "casi" constante del dispositivo: solamente no se da cuando se sabe que hay una transmisión en curso.
- ◆ Una vez que **detectan** una **señal** en el aire, intentan sincronizarse con ella, mediante la detección del **preámbulo** de la trama.
- ◆ La detección física de portadora es parte del proceso de **evaluación del canal libre** (CCA)

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

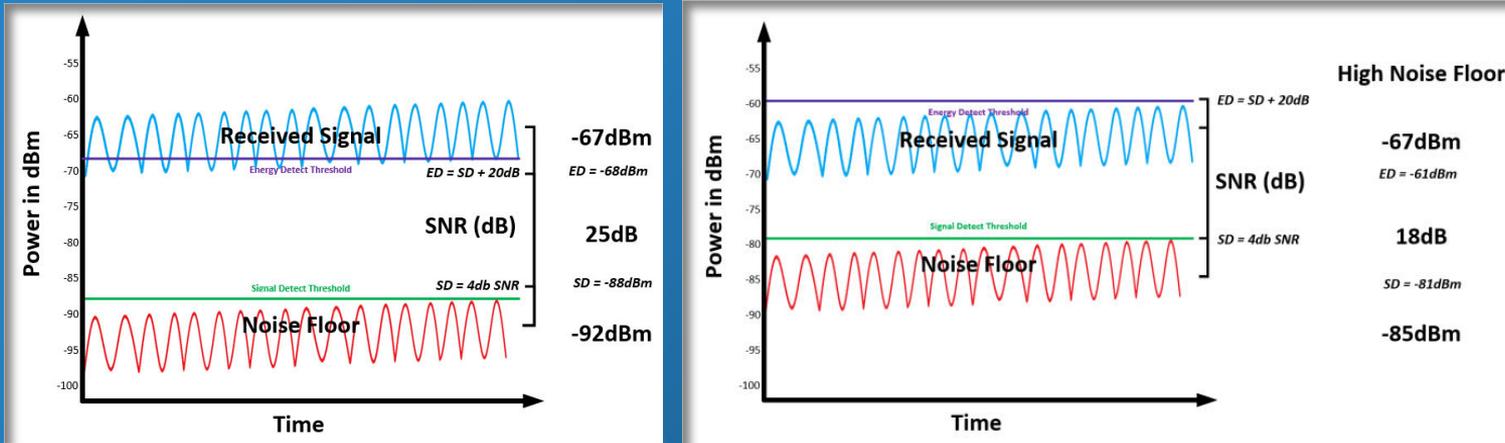
Detección **física** de la portadora

- ◆ El Clear Channel Assessment (**CCA**) es el proceso utilizado para detectar el motivo por el cual el canal está ocupado:
 - Detección de Señal (**SD**): El dispositivo trata de detectar el **preámbulo** de una trama, cuando el nivel de la señal está **4 dB por encima** del piso de **ruido**. No intentará iniciar una transmisión si detecta señal de otro dispositivo.
 - Detección de Energía (**ED**): Implica la detección de **interferencias** de fuentes no WiFi, con un umbral de **20 dB por encima** del de **señal**.
 - El proceso de detección dura aproximadamente 4 μ seg.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Detección física de la portadora

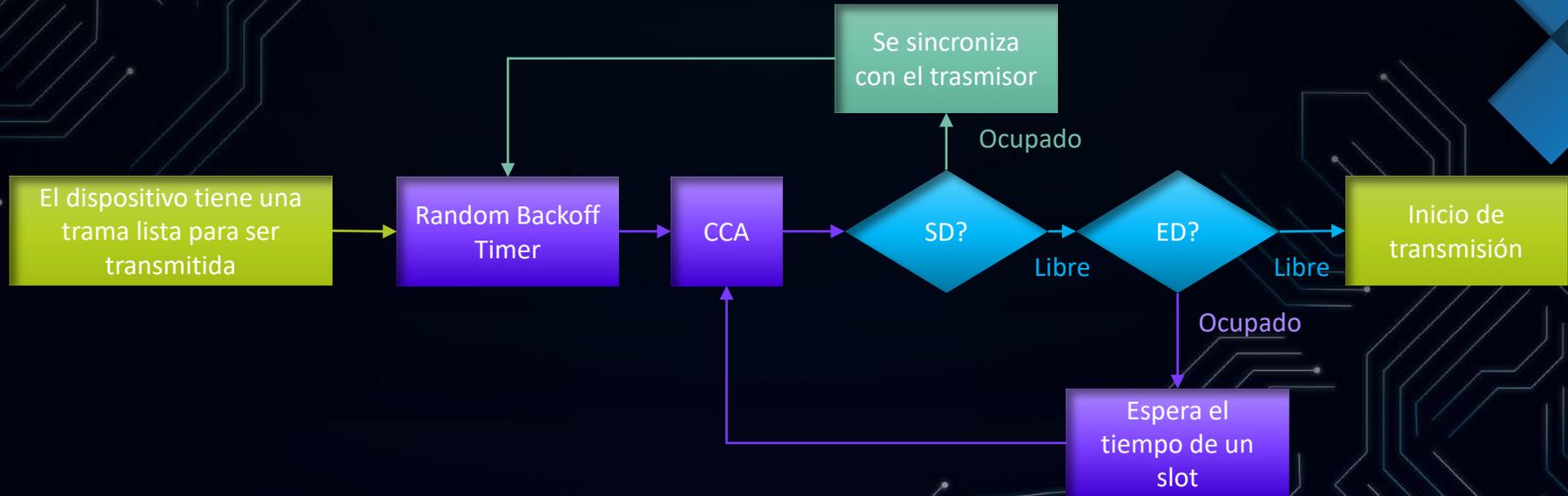
Detección de interferencias en escenarios ruidosos



ALTO PISO DE
RUIDO

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

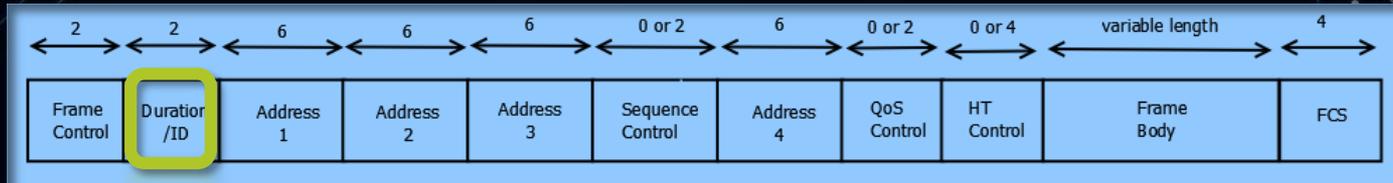
Versión simplificada del CCA



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Detección **virtual** de la portadora

- ◆ Luego de la detección física de portadoras, en el caso de detectarse señal, se "lee" la trama que hay en el aire.
- ◆ A la vez, cada vez que se realiza una transmisión, se incluye en la trama un valor de duración:

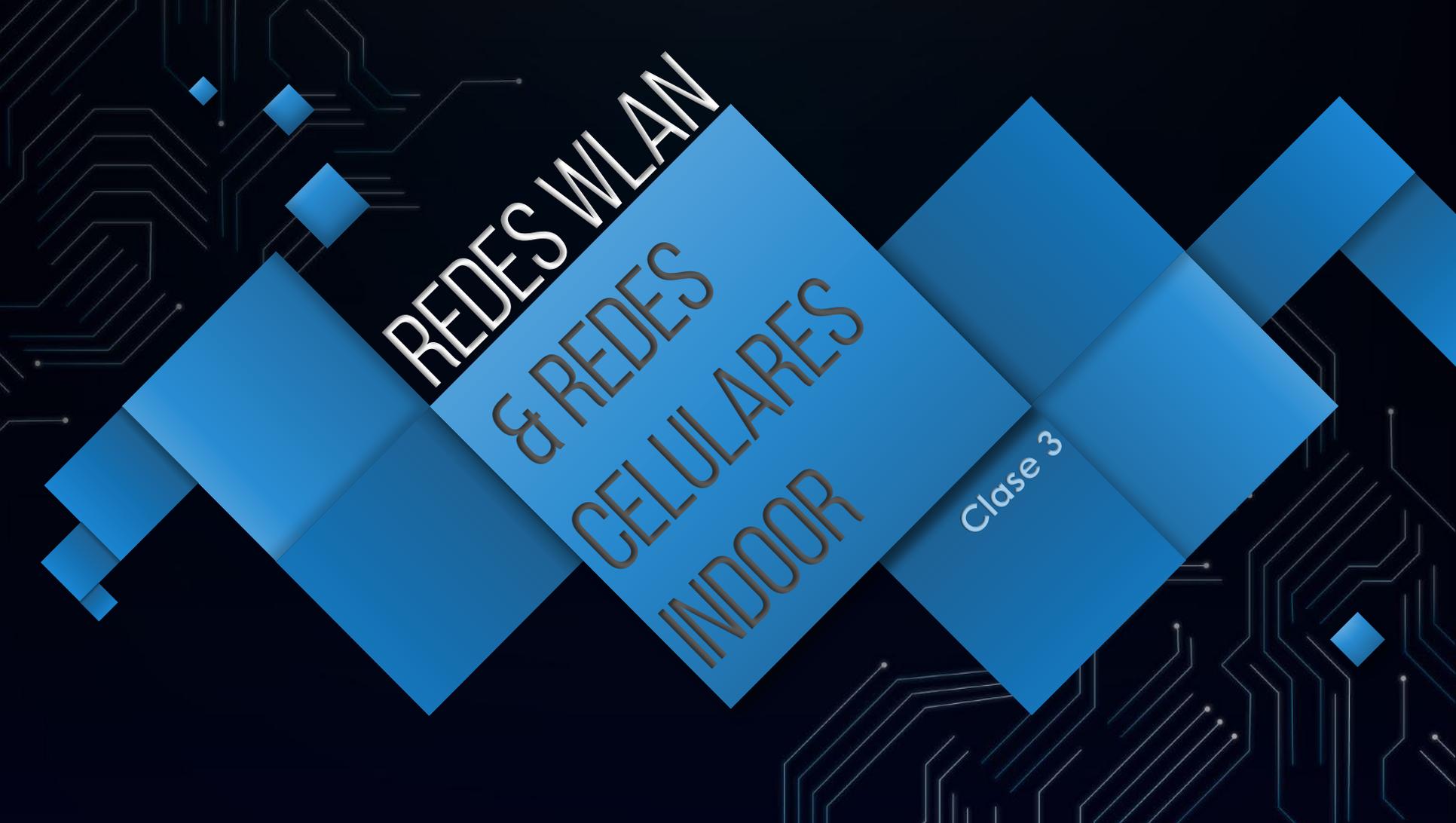


- ◆ Con este valor se indica el tiempo (en μseg) necesario hasta que se finalice el envío de la trama.
- ◆ No es solamente el tiempo de la trama de datos en sí, sino el total del proceso, incluyendo el ACK del envío.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Detección **virtual** de la portadora

- ◆ Al sincronizarse con la trama que se "escucha" y leerse el valor de duración, se setea un timer: Network Allocation Vector (**NAV**).
- ◆ No se intentará acceder al medio hasta que expire el NAV.
- ◆ Las tramas de ACK y Beacon setean la duración =0, indicando que, luego de su cierre, el medio queda disponible para ser accedido.
- ◆ Cuando una STA consideran que pueden acceder al medio, envía un Request To Send (RTS) con la duración "pretendida" para usar el medio.
- ◆ Pero el medio no queda "reservado" hasta recibir un Clear To Send (CTS) del AP.



REDES WLAN

& REDES
CELULARES
INDOOR

Clase 3

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Espacio entre tramas (**IFS**)

Interframe Spaces

"**Tiempo** transcurrido entre el **fin** del **último símbolo** de la trama **anterior** y el **inicio** del primer símbolo del preámbulo de la **subsecuente** trama que se ve en la interface de aire"

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Espacio entre tramas (IFS)

- ◆ Se denomina así al "tiempo de aire muerto" que transcurre entre transmisión y transmisión.
- ◆ Se necesitan para evitar que los dispositivos se interfieran entre sí y priorizar ciertas transmisiones.
 - **SIFS** (*Short IFS*): Cuando un terminal sabe que es su momento de transmitir.
 - **DIFS** (*DCF IFS*): Cuando un terminal quiere transmitir pero no sabe si es su turno.
 - **DIFS = SIFS + 2 * Tiempo_del_Slot**
 - *SIFS* = entre **10** y **16 μseg** dependiendo del standard y de la banda.
 - *Tiempo_del_Slot* = entre **9** y **20 μseg** dependiendo del standard y de la banda.

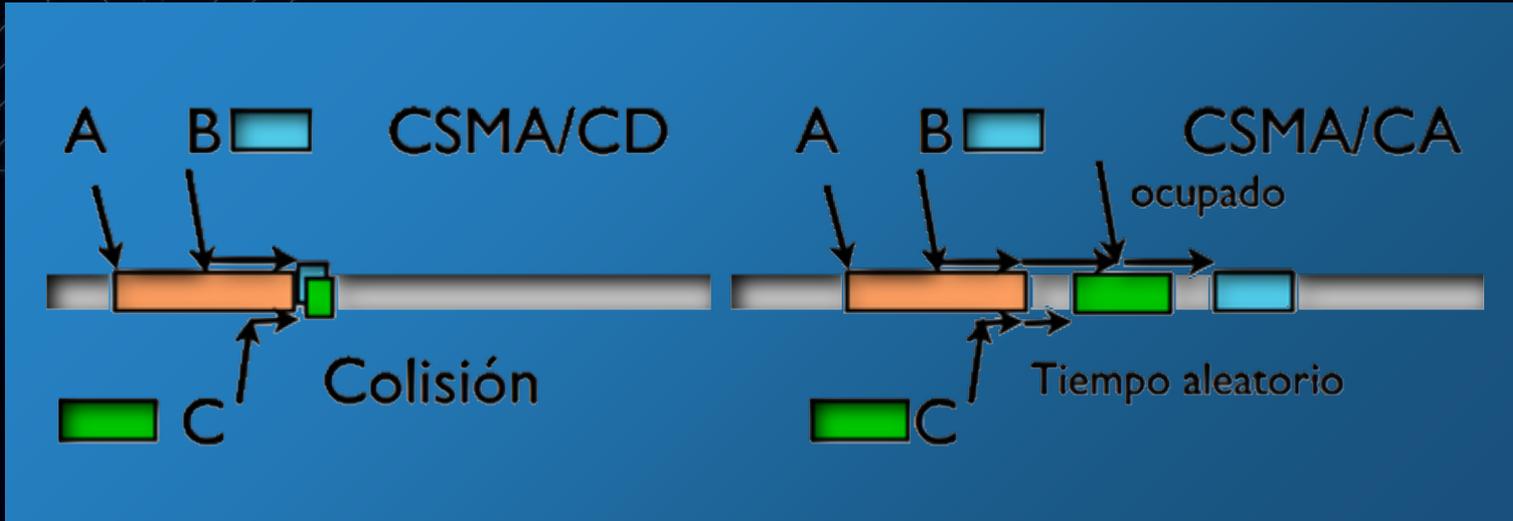
CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

CSMA/CA

- ◆ Al ser WiFi Half Duplex, no puede usar entonces CD (no se puede escuchar mientras se transmite).
- ◆ Sí utiliza, al igual que Ethernet, **CSMA** (*Carrier Sense Multiple Access*)
- ◆ CSMA es un método de *Media Access Control* con estructura **LBT** (*Listen Before Talk*)
- ◆ En lugar de CD, utiliza CSMA/CA (*Collision Avoidance*)
- ◆ Para evitar las colisiones, utiliza un **RBT** (*Random Backoff Timer*)
- ◆ Como todas las transmisiones unicast deben tener un ACK, de no recibirlo, asume que se dio una **colisión**. Reintenta entonces luego de un intervalo **pseudoaleatorio**.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

CSMA/CD vs CSMA/CA



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

CSMA/CA

- ◆ El RBT es una palabra de entre 4 bits (0 a 15) y 10 bits (0 a 1023) que cada cliente toma al azar y espera ese número x el slot time antes de transmitir.
- ◆ **Se “trata”** de evitar las colisiones, pero de todos modos pueden darse (por ejemplo, si dos STA toman el mismo número aleatorio).
- ◆ La probabilidad de colisiones será más alta cuanto más estaciones estén en una misma área sobre un mismo canal.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Línea de tiempo



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Línea de tiempo



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Secuencia

ACK

Tanto la STA A como la STA B esperan escuchar un ACK (no importa a quien esté dirigido) del AP.

DIFS

Esperan un DIFS (no usan SIFS ya que no saben si es su turno de hablar)

BackOff Timer

Toman de forma aleatoria un número n de 0 a 15 (4 bits) para el backoff timer (BOT). Ninguno sabe cual tomó el otro x que eso implicaría que hablen entre sí, por ende que transmitan, y, por ende, una colisión.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Secuencia

Datos

Después de n x slot rime, el que decrementó y llegó a 0 primero (STA B) transmite data.

CCA

El otro (STA A) al escuchar, dispara un estado negativo CCA (“¿Está libre el medio?”).

SIFS

El AP espera un SIFS (ya que sabe que es su turno) antes de transmitir el ACK.

ACK

El AP envía el ACK a la STA B, luego del cual, tanto esta como las demás estaciones que deseen transmitir, esperarán otro DIFS.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

CSMA/CA

- ◆ El valor máximo que toma el RBT se denomina Ventana de contención (**Contention Window** - CW).
- ◆ En entornos **congestionados**, al ser probable que dos o más estaciones elijan el **mismo** valor, en el siguiente intento **incrementará** el tamaño de la ventana. Teniendo así, **más** valores entre los que elegir y **menor** probabilidad de colisión.
- ◆ Es decir, el tiempo de espera recorre el intervalo $[0, CW] \cdot \text{slot time}$, dónde:
 - $CW_{\min} \leq CW \leq Cw_{\max}$
 - $CW_{\min} = 15 \text{ slots} \ \& \ Cw_{\max} = 1023 \text{ slots}$ (cambian al usar QoS)
 - Se recorre desde CW_{\min} hasta un Cw_{\max} :
 $CW = (CW_{\min} + 1) \cdot 2^n - 1$, dónde $n = 0, 1, 2, \dots$ Es el número de intento.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Contention Window



Intento inicial

Trama anterior

DIFS

0-15

1° Retransmisión

Trama anterior

DIFS

0-31

2° Retransmisión

Trama anterior

DIFS

0-63

3° Retransmisión

Trama anterior

DIFS

0-127

4° Retransmisión

Trama anterior

DIFS

0-255

6° Retransmisión

Trama anterior

DIFS

0-1023

>6° Retransmisión

Trama anterior

DIFS

0-1023

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Request to Send (**RTS**) / Clear to Send (**CTS**)

- ◆ A diferencia del RTS/CTS de un modem, en WiFi transportan información.
- ◆ Esa información es un valor de duración (en $\mu\text{seg.}$) en el que el medio debe estar “libre”.
 - Ej: “*Dame 200 microsegundos para mí*”. Los demás se quedan callados ese tiempo.
- ◆ **RTS**: 20 bytes. Lleva la MAC address de origen y destino.
- ◆ **CTS**: 14 bytes. Lleva la MAC address de destino únicamente (no se sabe quien lo envía)
- ◆ El AP puede iniciar un RTS a una STA determinado y la STA contesta con un CTS a ese AP.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

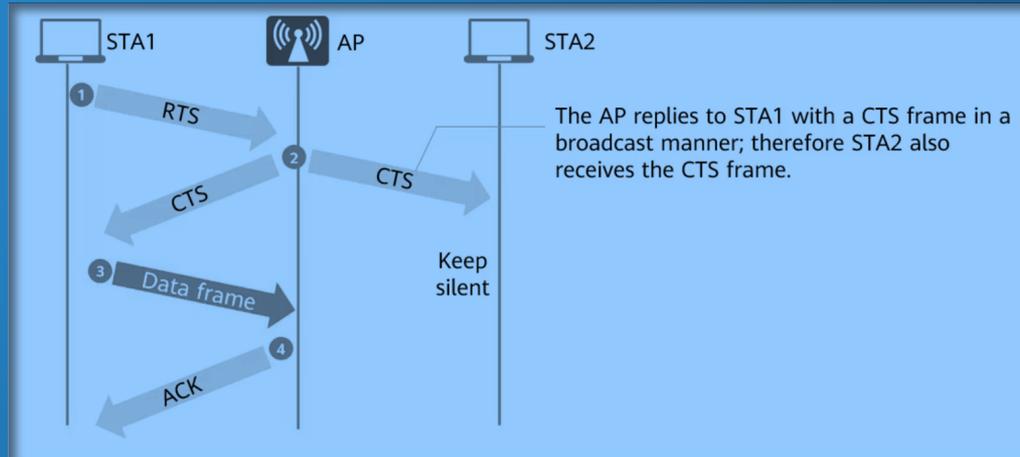
RTS/CTS

- ◆ Como el RTS de un AP puede estar dirigido a cualquier STA, las demás, al escucharlo deben “obedecer y quedarse calladas”.
- ◆ Incluso si el RTS viene de otro AP, usando el mismo canal, también la STA debe dejar limpio el medio aunque no esté conectado a ese AP.
- ◆ Un AP puede enviar un CTS con su propia MAC como destino para “Limpiar un área” (*CTS to Self*).
- ◆ El CTS puede ser usado por hackers como un ataque de denegación de servicio (*Wireless DOS – CTS Flood*).

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

RTS/CTS

Secuencia

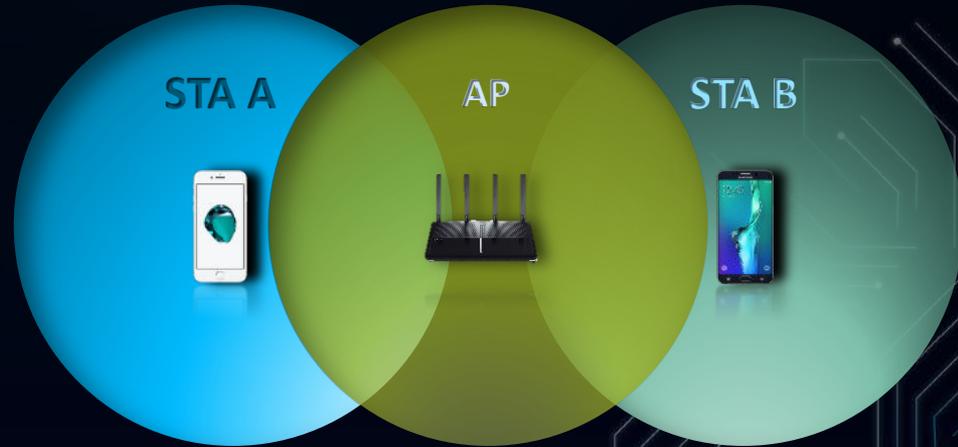


PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS OCULTOS

PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS OCULTOS

Factores que la causan

- Ocurre cuando una estación es vista desde el AP pero no desde las otras estaciones.
- Esto genera problemas en la subcapa MAC, ya que el CA no funcionará correctamente.



STA A NO VE
A STA B

PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS OCULTOS

Factores que la causan

- Puede ser causado por distintos motivos
 - Distancia
 - Obstrucciones
 - Patrones de irradiación de las antenas.
- Se puede dar con facilidad en escenarios outdoor utilizando antenas direccionales.

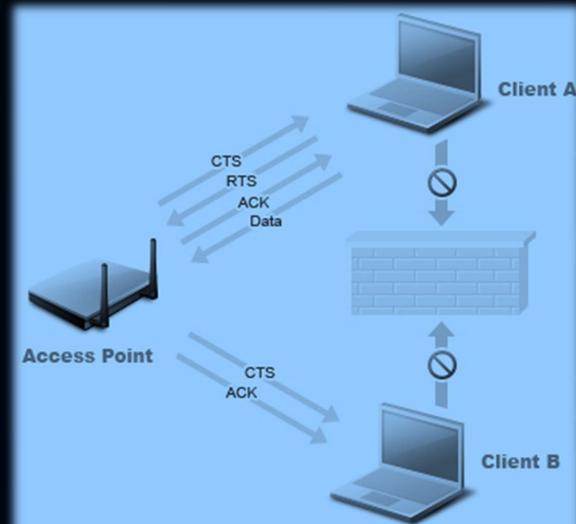


ANTENAS
DIRECCIONALES

PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS OCULTOS

Mitigar los nodos ocultos

- En el caso de nodos fijos (Outdoor):
 - Usar antenas sectoriales u omnidireccionales.
 - Incrementar la potencia de las STA.
 - Remover obstáculos.
 - Mover el nodo.
- Para clientes móviles, es menos controlable.
 - Si bien el uso de RTS/CTS no es obligatorio para el funcionamiento del DCF, se implementa desde la STA al AP.
 - La STA que quiere hablar “levanta la mano” con un RTS.
 - Solo la que recibió un OK mediante el CTS puede transmitir.

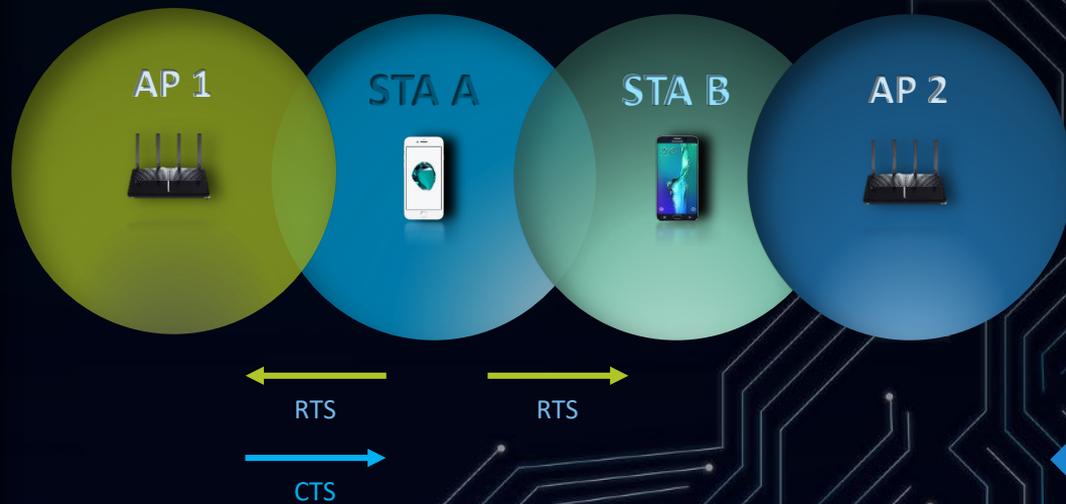


PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS EXPUESTOS

PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS EXPUESTOS

Factores que la causan

- Ocurre cuando dos estaciones conectadas a distintos APs se ven entre sí, pero no así los APs.
- En este caso, se generan RBT innecesarios, ya que STA B "escuchará" los mensajes RTS de STA A a AP 1 y no le "hablará" al AP 2 considerando que el canal está ocupado.



AP 1 NO VE
A AP 2

REDES WLAN

& REDES
CELULARES
INDOOR

Clase 4

CALIDAD DE SERVICIO

QoS EN REDES DE PAQUETES

Objetivos

- ◆ **Priorización** y mecanismos de **reservas** de recursos.
- ◆ Es la habilidad de otorgar distintas **prioridades** a distintos **usuarios, aplicaciones o flujos**.
- ◆ Se **trata** de asegurar dicha calidad, aunque **no** todos los mecanismos necesariamente la aseguran.
- ◆ Es indispensable en:
 - Servicios **inelásticos** → Ej. VoIP.
 - Cuando las capacidades de transporte de información son limitadas por el **medio** → Ej. Satelital.
 - Cuando se **compite** por el recursos → Ej. Radio frecuencia.

QoS EN REDES DE PAQUETES

Clasificación y Marcación

- ◆ Criterios de Clasificación (ejemplos):
 - **Capa 1:** Interfaz física de ingreso.
 - **Capa 2:** IEEE 802.1Q/p CoS.
 - **Capa 3:** DSCP en IPv4 - Direccionamiento.
 - **Capa 4:** Puertos TCP/UDP.
 - **Capa 7: Deep Packet Inspection** (Firmas de aplicaciones - ej. NBAR).

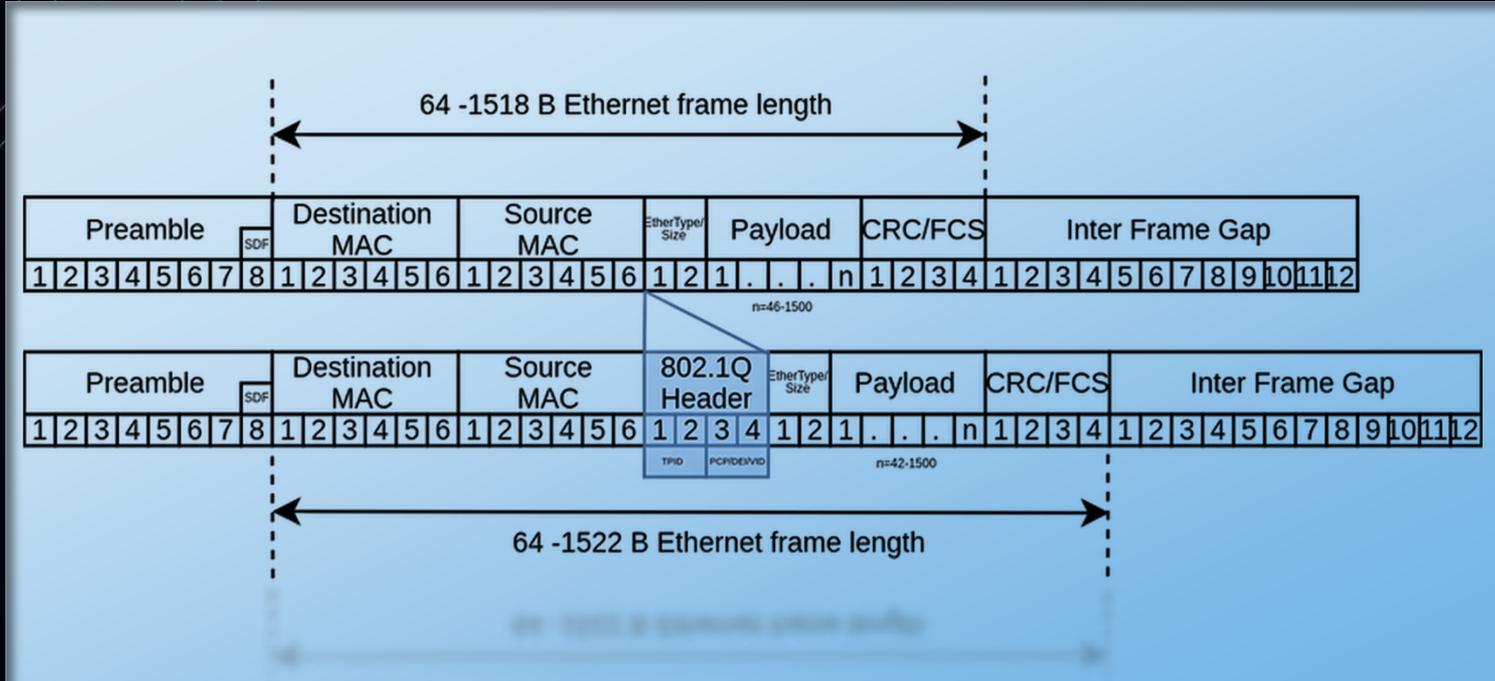
IEEE 802.1p

QoS en capa 2

- ◆ Inicialmente, Ethernet (IEEE 802.3), no contemplaba ningún mecanismo para QoS.
- ◆ IEEE 802.1p (mediante 802.1Q), provee mecanismos para implementar QoS en el **Media Access Control**.
- ◆ Se incorporó al estándar IEEE 802.1D en 1998 y luego al 802.1Q-2014.
- ◆ Se lo conoce como **Class of Service (CoS)**
- ◆ Básicamente es un campo de 3 bits (PCP – **Priority Code Point**) en el header de una trama Ethernet **cuando se utiliza una VLAN**.
- ◆ Si no se usan VLANs (y el dispositivo lo soporta), se puede usar 802.1p marcando con VLAN ID=0.

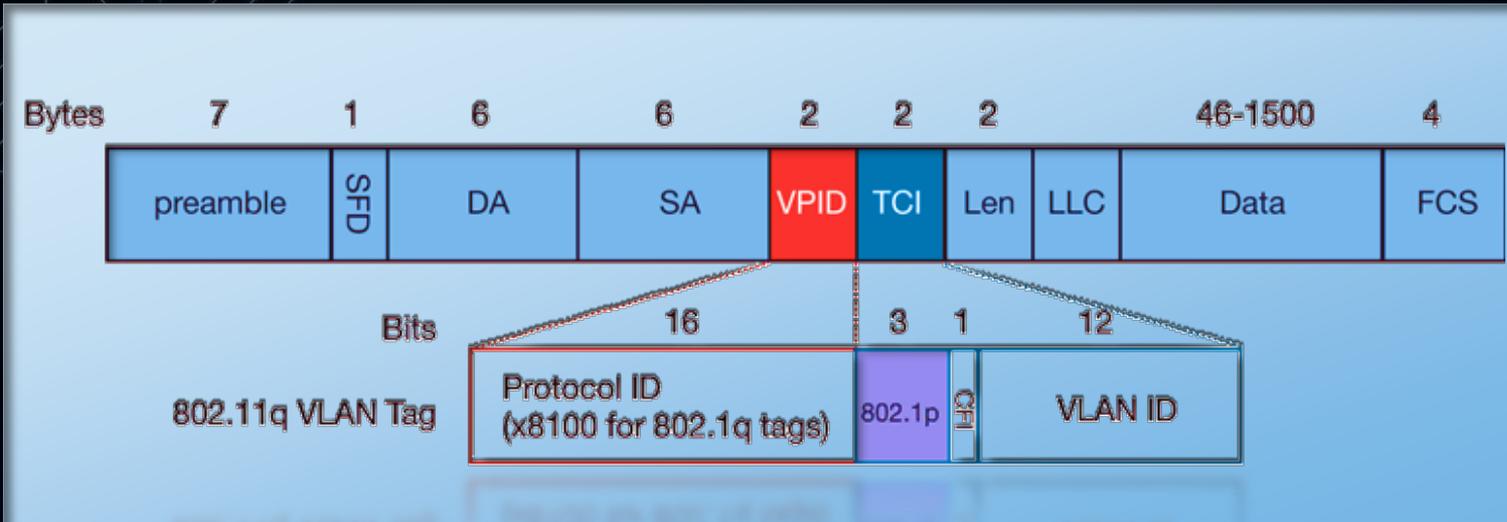
IEEE 802.1p

Trama Ethernet vs 802.1Q



IEEE 802.1p

Trama Ethernet 802.1Q



IEEE 802.1p

Niveles de prioridad

Valor de PCP	Prioridad	Acrónimo	Tipos de tráfico
1	0 (más baja)	BK	Background
0	1 (default)	BE	Best effort
2	2	EE	Excellent effort
3	3	CA	Aplicaciones Críticas
4	4	VI	Video, < 100 ms (latencia & jitter)
5	5	VO	Voz, < 10 ms (latencia & jitter)
6	6	IC	Control entre redes
7	7 (más alta)	NC	Control de la red

NIVELES DE
PCP

IEEE 802.1p

Trama Ethernet sin 802.1p

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1 15:15:28.582274000	7.7.7.1	224.0.0.10	EIGRP	74	Hello
2 15:15:29.427002000	CiscoInc	CiscoInc_79:a4:c7	LOOP	60	Reply
3 15:15:31.521122000	7.7.7.7	7.255.255.255	NBNS	92	Name query NB ACP.INE.COM<0
4 15:15:32.270240000	7.7.7.7	7.255.255.255	NBNS	92	Name query NB ACP.INE.COM<0
5 15:15:33.020487000	7.7.7.7	7.255.255.255	NBNS	92	Name query NB ACP.INE.COM<0
6 15:15:33.241818000	7.7.7.1	224.0.0.10	EIGRP	74	Hello
7 15:15:34.341873000	CiscoInc	CDP/VTP/DTP/PAaP/UDLD	CDP	369	Device ID: R1 Port ID: Fast

Frame 1: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: ciscoInc_79:a4:c7 (00:25:84:79:a4:c7), Dst: IPv4mcast_0a (01:00:5e:00:00:0a)

- Destination: IPv4mcast_0a (01:00:5e:00:00:0a)
- Source: CiscoInc_79:a4:c7 (00:25:84:79:a4:c7)
- Type: IP (0x0800)

Internet Protocol Version 4, Src: 7.7.7.1 (7.7.7.1), Dst: 224.0.0.10 (224.0.0.10)

Cisco EIGRP

```

0000  01 00 5e 00 00 0a 00 25 84 79 a4 c7 08 00 45 c0  ..^....%.y...E.
0010  00 3c 00 00 00 00 01 58 ca 98 07 07 01 e0 00  .<....X .....
0020  00 0a 02 05 ed 6e 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....n.....
0030  00 00 00 00 00 64 00 01 00 0c 01 00 01 00 00 00  .....d.....
0040  00 0f 00 04 00 08 0c 00 02 00 00 00 00 00 00  .....

```

IEEE 802.1p

Trama Ethernet con 802.1p y QinQ

```
▶ Frame 6 (50 bytes on wire, 50 bytes captured)
  ▼ Ethernet II, Src: 3com_03:04:05 (00:01:02:03:04:05), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    ▶ Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    ▶ Source: 3com_03:04:05 (00:01:02:03:04:05)
      Type: 802.1Q Virtual LAN (0x8100)
    ▼ 802.1Q Virtual LAN, PRI: 0, CFI: 0, ID: 1
      000. .... = Priority: 0
      ...0 .... = CFI: 0
      .... 0000 0000 0001 = ID: 1
      Type: 802.1Q Virtual LAN (0x8100)
    ▼ 802.1Q Virtual LAN, PRI: 0, CFI: 0, ID: 10
      000. .... = Priority: 0
      ...0 .... = CFI: 0
      .... 0000 0000 1010 = ID: 10
      Type: IP (0x0800)
    ▶ Internet Protocol, Src: 192.168.0.1 (192.168.0.1), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
      Prot
```

Calidad en el aire

- Define dos nuevas funciones de coordinación (además de la DCF):
 - EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*)
 - HCCA (*Híbrid Coordinated Channel Access*)

CALIDAD DE SERVICIO

Enhanced Distributed Channel Access

- ◆ No define si se manda primero el tráfico de tiempo real (video/voz) o el de menor prioridad. Tan solo aumenta las chances de que el tráfico más crítico acceda al medio.
- ◆ Introduce el AIFS (*Arbitrary IFS*). Es un IFS variable, cuya longitud cambia en función de la categoría del tráfico. (Voz, Video, Best Effort & Background)
- ◆ Define cuatro niveles de prioridad.
- ◆ En función del nivel, cambia la cantidad de bits usados en el BOT. Por lo tanto, a menos bits, mayor probabilidad de llegar a cero antes.
 - BOT Best Effort & Background: 0-15 (4 bits).
 - BOT Video: 0-7 (3 bits).
 - BOT Voz: 0-3 (2 bits).

CALIDAD DE SERVICIO

Enhanced Distributed Channel Access

No es un verdadero sistema QoS

Si bien **estadísticamente ganarían voz y video**, puede darse, por ejemplo, que un paquete de **background** (BOT 0,1,2), **le gane a uno de voz** (BOT 3).

CALIDAD DE SERVICIO

Enhanced Distributed Channel Access

- Mapea de forma directa con la clase de servicio de Ethernet (IEEE 802.1p).

Prioridad	802.1p			802.11e	
	Priority Code Point (PCP)	Acónimo	Tipo de tráfico	Access Category (AC)	Designación
La más baja	1	BK	Background	AC_BK	Background
	2	--	Spare	AC_BK	Background
	0	BE	Best Effort	AC_BE	Best Effort
	3	EE	Excellent Effort	AC_BE	Best Effort
	4	CL	Controlled Load	AC_VI	Video
	5	VI	Video	AC_VI	Video
	6	VO	Voice	AC_VO	Voice
La más alta	7	NC	Network Control	AC_VO	Voice

802.1P
A 802.11E

CALIDAD DE SERVICIO

Híbrid Coordinated Channel Access

- ◆ El AP dirige a los demás, usando un *Controlled Access Phase (CAP)*.
- ◆ Una STA puede solicitar parámetros de transmisión específicos (jitter, data rate, etc...).
- ◆ Fue propuesto en el estándar, pero **no se implementó** en sistemas reales.
- ◆ Incluso, si bien HCCA es parte del estándar, no es obligatorio su soporte.

CALIDAD DE SERVICIO

WMM (Wireless MultiMedia)

- ◆ Es un subconjunto de la 802.11e definido por la WFA.
- ◆ Solo especifica como obligatorias algunas de las funcionalidades de 802.11e.
- ◆ Los APs pueden (o no) soportarlo, siendo configurable su soporte. Algunos permiten definir además si se envían o no ACKs en este caso.

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

- ◆ Del lado de las STA (al menos en el caso de las móviles) resulta **crucial** minimizar el consumo energético.
- ◆ Si bien un dispositivo puede pasar a un estado de “sleep”, no puede **perder la conectividad** con el AP.
- ◆ Una solución es apagar la interface de radio un n% del tiempo.
- ◆ Existen dos maneras de administrar la energía:
 - Legacy
 - Advanced

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

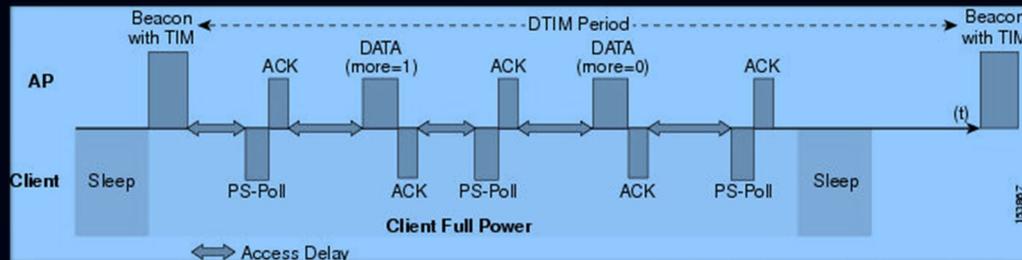
Legacy

- ◆ El cliente manda un *Null Data Frame* diciendo que “se va a dormir” (PM bit = 1).
 - El AP bufferea entonces los datos que le lleguen para ese cliente hasta que se despierte.
 - El PM bit=1 puede enviarse en una trama no nula si el cliente tiene “algo que decir antes de ir a dormir”.
- ◆ Si el cliente tiene que algo para transmitir, “se despierta solo”.
- ◆ Dentro del Beacon del AP, hay una lista de clientes con datos buffereados.

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

Legacy

- ◆ Secuencia
 - **DTIm**: Es un mensaje dentro del Beacon (el DTIm interval, es aproximadamente 500 mseg y configurable.).
 - El cliente, luego de transcurrido cada DTIm, escucha al Beacon. Cuando ve su nombre en la lista "se despierta".
 - Manda un PS-Poll (Power Save).
 - El AP manda entonces un Data Frame con el *More Data Bit* = 1 y se repite el PS Poll hasta que el *More Data Bit* = 0
- ◆ Es MUY Ineficiente debido al uso de los PS-Poll desde el cliente.
- ◆ Es LENTO debido al pedido constante de los PS-Poll.



ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

Alternative Power Save Delivery (APSD)

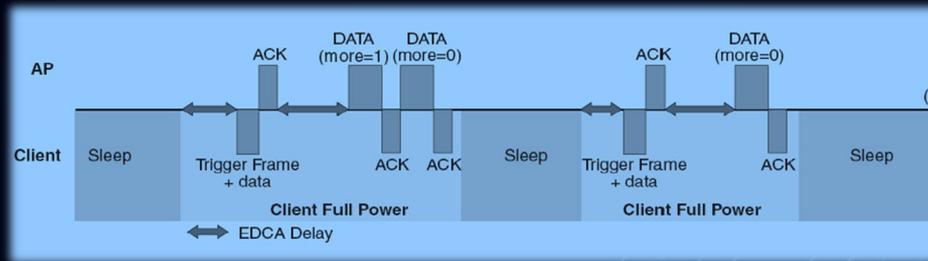
- ◆ Estandarizado dentro del WMM (WiFi MultiMedia) Power Save
- ◆ El cliente envía un *Null Data Frame* con PM bit=1.
- El AP bufferea entonces los datos que le lleguen para ese cliente hasta que se despierte.
- ◆ La estación se despierta y lee el beacon buscando su nombre en el DTIm. Si no hay nada para él vuelve a dormir (igual al legacy hasta este punto).

```
Frame 201: 40 bytes on wire (320 bits), 40 bytes captured (320 bits) on interface 0
RadioTap Header v0, Length 18
IEEE 802.11 Null function (No data), Flags: ...P...TC
Type/Subtype: Null function (No data) (0x0024)
Frame Control Field: 0x4811
....00 = Version: 0
....10.. = Type: Data frame (2)
0100.... = Subtype: 4
Flags: 0x11
....01 = DS status: Frame from STA to DS via an AP
....0.. = More Fragments: This is the last fragment
....0... = Retry: Frame is not being retransmitted
..1.... = PWR MGT: STA will go to sleep
..0.... = More Data: No data buffered
.0.. .... = Protected flag: Data is not protected
0... .... = Order flag: Not strictly ordered
.000 0000 0010 1100 = Duration: 44 microseconds
Receiver address: Cisco_af:47:4e (64:a0:e7:af:47:4e)
BSS Id: Cisco_af:47:4e (64:a0:e7:af:47:4e)
Transmitter address: Cisco_58:e6:1a (00:1b:d4:58:e6:1a)
Source address: Cisco_58:e6:1a (00:1b:d4:58:e6:1a)
Destination address: Cisco_af:47:4e (64:a0:e7:af:47:4e)
Fragment number: 0
Sequence number: 802
Frame check sequence: 0x758f04e9 [correct]
```

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

Alternative Power Save Delivery (APSD)

- ◆ Si su nombre está en el Beacon envía un Null DF con el Pmbit=0
- ◆ El AP manda todo el dato con el modo normal ("Contention") con el bit *More Data* =1.
- ◆ Cuando el AP manda *More Data*=0, el cliente vuelve al estado sleep.



ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

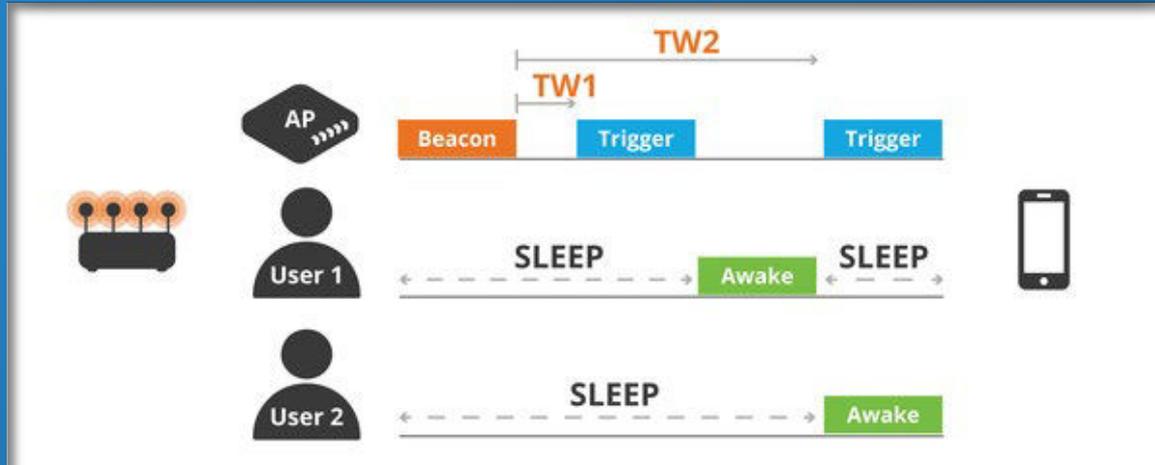
Nuevo en 802.11ax: Target WakeUp Time (TWT)

- ◆ Se incluyó por primera vez en 802.11ah (HaLow), el estándar concebido para IoT.
- ◆ **Reduce** el consumo energético, aumentando, a la vez, la **disponibilidad** del espectro.
- ◆ La STA **no** necesita ahora tener su radio encendida "casi" todo el tiempo para mantener la asociación a un AP.
- ◆ No es solo la STA ahora quien decide si pasa a Sleep.
- ◆ Entre AP y STA se realiza una **negociación** donde se establecen los tiempos de sleep, que puede ser mucho **más elevados** que el intervalo entre DTIMs.
- ◆ El AP puede entonces indicarle a la STA que pase a modo "sleep" y en que momento se tiene que encender.
- ◆ Permite un **importante ahorro** de energía en dispositivos IoT donde el consumo de WiFi puede significar hasta el 30% del total.

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

Nuevo en 802.11ax: Target WakeUp Time (TWT)

Línea de tiempo



TWT

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

Nuevo en 802.11ax: Target WakeUp Time (TWT)

- ◆ Al aumentar el tiempo en que las STA **no** están usando de forma alguna el "**recurso** aire", aumenta la disponibilidad del espectro para los demás dispositivos.
- ◆ La implementación en 802.11ax, **mejora** la inicial de 801.11ah:
 - Se incorporan las sesiones de **broadcast** de TWT y una STA solo debe despertarse ante las instrucciones del Beacon de sus sesión.
 - El TWT puede recolectar **información** útil del entorno de RF y uso de los buffers.
 - Puede **interactuar** con otras BSS para "alcanzar un consenso" y **no solapar** las agendas de encendido de los dispositivos.

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA

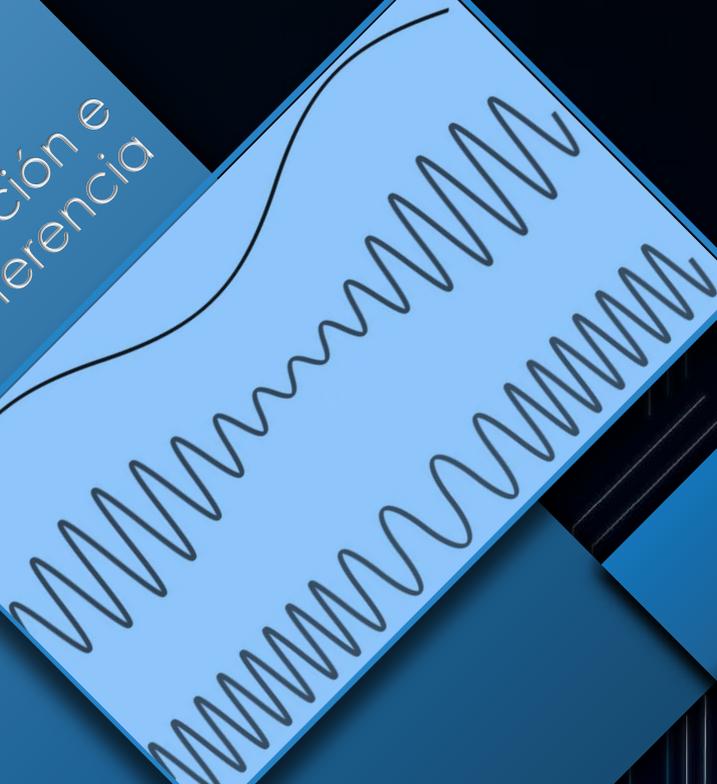
125

Nuevo en 802.11ax: Target WakeUp Time (TWT)

- ◆ La extensión de TWT **no especifica** los criterios para seleccionar que estaciones forman parte de una sesión ni los criterios para agendar los tiempos. Esto **depende** de la implementación.
- ◆ Pueden ser con trigger o sin trigger:
 - **Con** Trigger: El AP envía tramas de trigger para agendar las transmisiones de las estaciones.
 - **Sin** Trigger: Cada STA puede decidir **autónomamente** si sale del modo sleep.

INTRODUCCIÓN A RF

Propagación, modulación e
interferencia

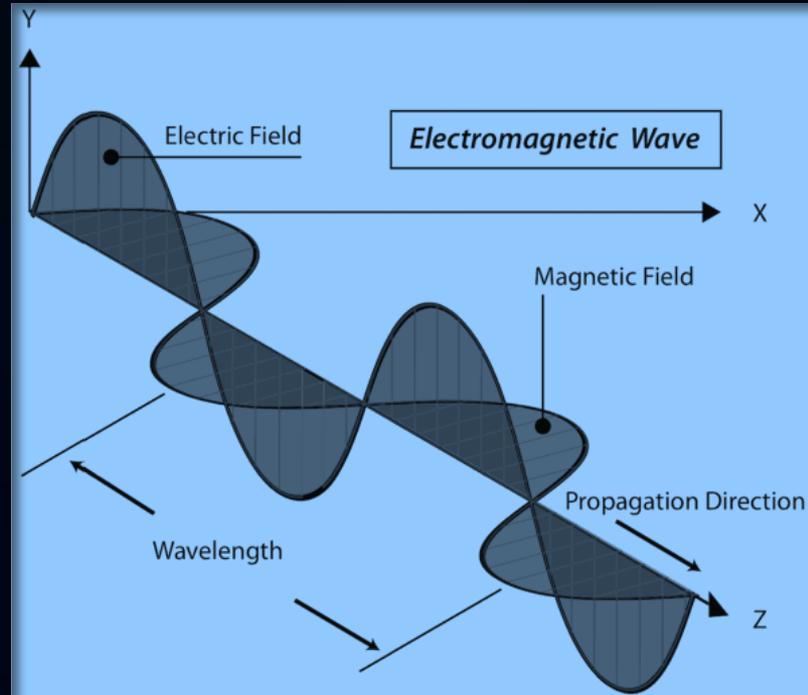


NOCIONES BÁSICAS DE PROPAGACIÓN

INTRODUCCIÓN A RF

Radiación electromagnética

- Es un tipo de campo electromagnético variable que se propaga a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.
- Puede ser representada como campos eléctricos y magnéticos, ortogonales entre sí, autopropagados en forma de onda transversal.



INTRODUCCIÓN A RF

Definiciones básicas

- ◆ **Transmisor (Tx):** Dispositivo capaz de generar radiofrecuencias y, mediante una antena, emitir ondas de radio.
- ◆ **Receptor (Rx):** Dispositivo que, mediante una antena, recibe las ondas de radio y, demodulación mediante, la entrega en forma de una señal útil.
- ◆ **Transceiver:** Transmisor y receptor a la vez.
- ◆ **Modulación:** Variación de una (o más) señal portadora con una señal modulante, la que posee la información útil a ser transmitida.

INTRODUCCIÓN A RF

Definiciones básicas

- ◆ Medio de transmisión: Material que es capaz de transportar ondas de radio (aire, cobre, etc...)
- ◆ Longitud de onda: Distancia en la que se repite un ciclo completo de la onda.
 - Es función directa de la velocidad de propagación en un medio dado.
 - Es función inversa de la frecuencia de la onda.
 - $\lambda := \frac{v}{f}$
 - En WiFi:
 - 2.4 GHz: $\lambda = 12,25$ cm
 - 5 GHz: $\lambda = 5$ cm

INTRODUCCIÓN A RF

Decibel

- Unidad logarítmica para expresar la relación entre dos valores de una magnitud física.
- Regla simple:
 - +3 dB: Doble de potencia.
 - -3 dB: Mitad de potencia.
 - -10 dB: 10% de la potencia.



INTRODUCCIÓN A RF

Decibel

- Si se expresa alguna letra luego del dB, esa relación se establece frente a una referencia previa, por lo que el valor puede interpretarse como absoluto.
- Ej: dBm=Relación frente a una referencia de 1mW

Potencia [dBm]	Potencia [mW]
33	2000
30	1000
10	10
0	1
-10	0,1



Excelente

> -50 dBm



Buena

-50 a -60 dBm



Aceptable

-50 a -70 dBm



Pobre

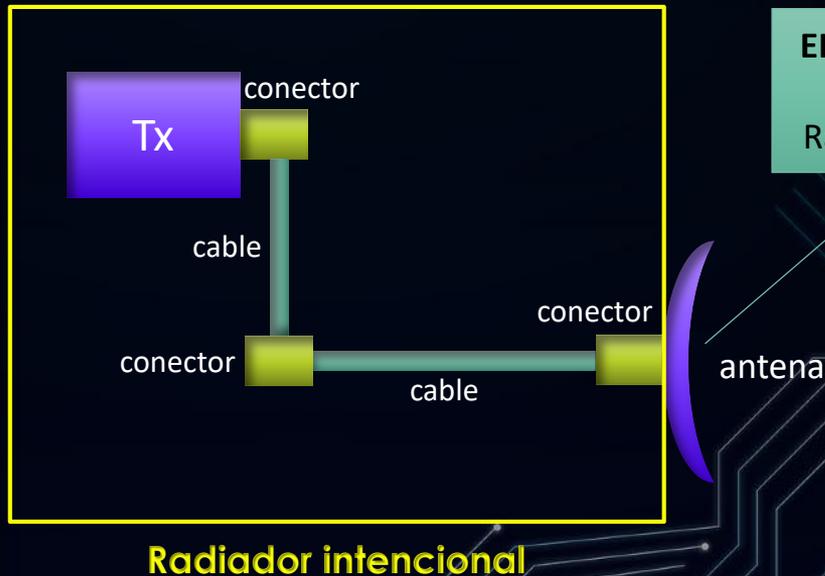
< -70 dBm

NIVELES
TÍPICOS

INTRODUCCIÓN A RF

Radiador intencional & EIRP

- La potencia del “radiador intencional” es la que se mide en el **punto de conexión** a la antena.
- En la práctica, sin embargo, el valor que se usa es el EIRP.
- El **EIRP** es la potencia efectivamente irradiada luego de las **atenuaciones** en el cableado o guía de onda y la **ganancia** de la antena frente al radiador isotrópico (dBi).



EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power

Radiador intencional

INTRODUCCIÓN A RF

Atenuación en el espacio libre

- Es la **pérdida del nivel de señal** en el espacio libre (aire) conforme aumenta la distancia desde la fuente transmisora.
- Se **expresa** habitualmente en **dB**.
- Es **función de la distancia** y de la **frecuencia**.



AE EN
WIFI

INTRODUCCIÓN A RF

Atenuación en el espacio libre

Fórmula



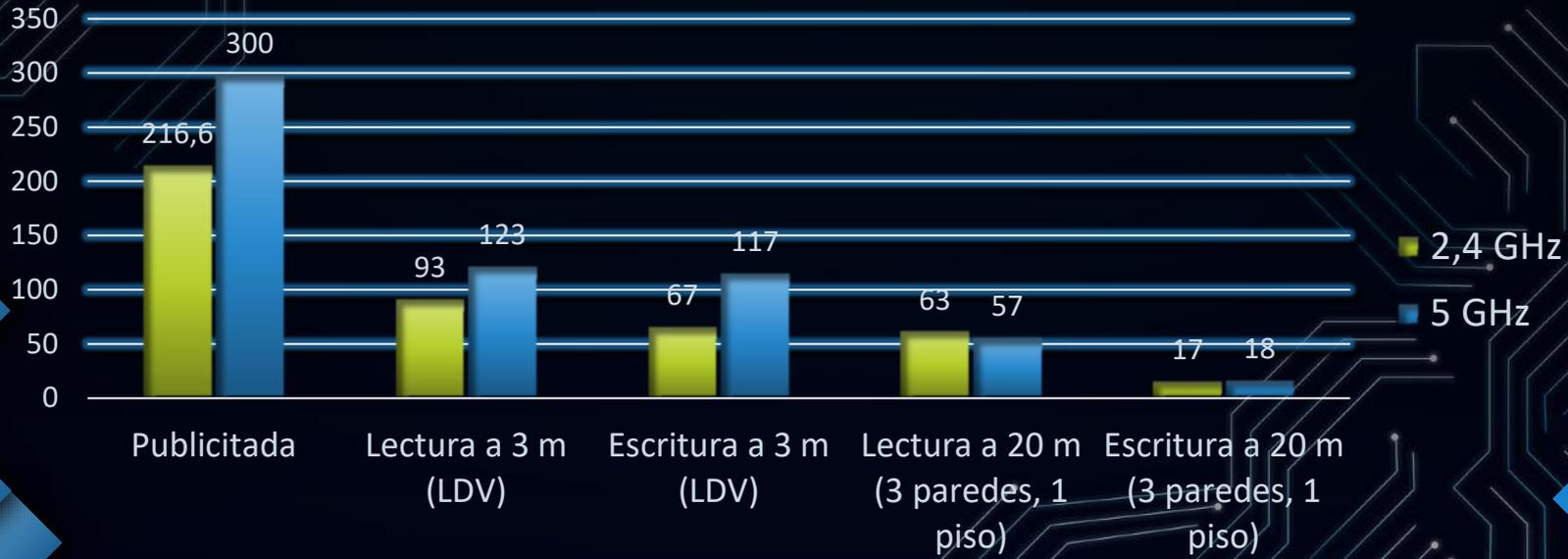
- AEL (FSPL)[dB]:
 - $20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) + 32,45$
(con d en km y f en MHz)
 - $20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) - 27,55$
(con d en m y f en MHz)

ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE



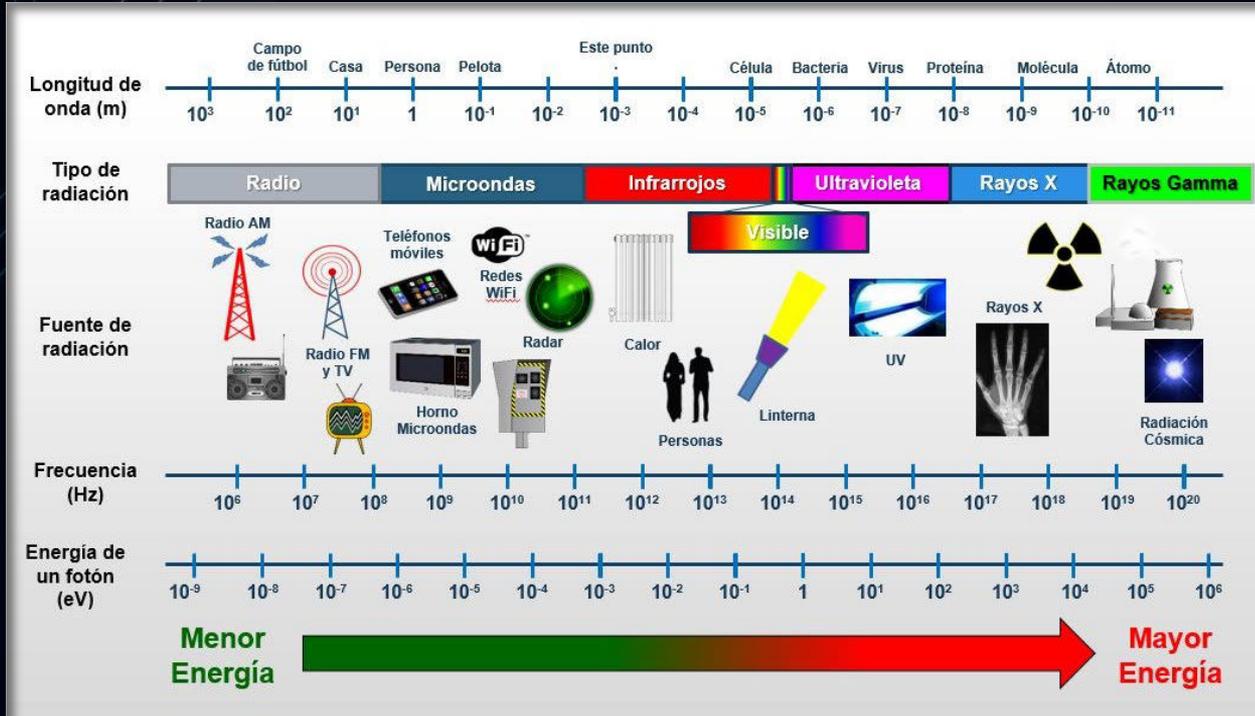
802.11n a 2.4 GHz vs. 5 GHz en el mundo real

Velocidad promedio [Mbps]



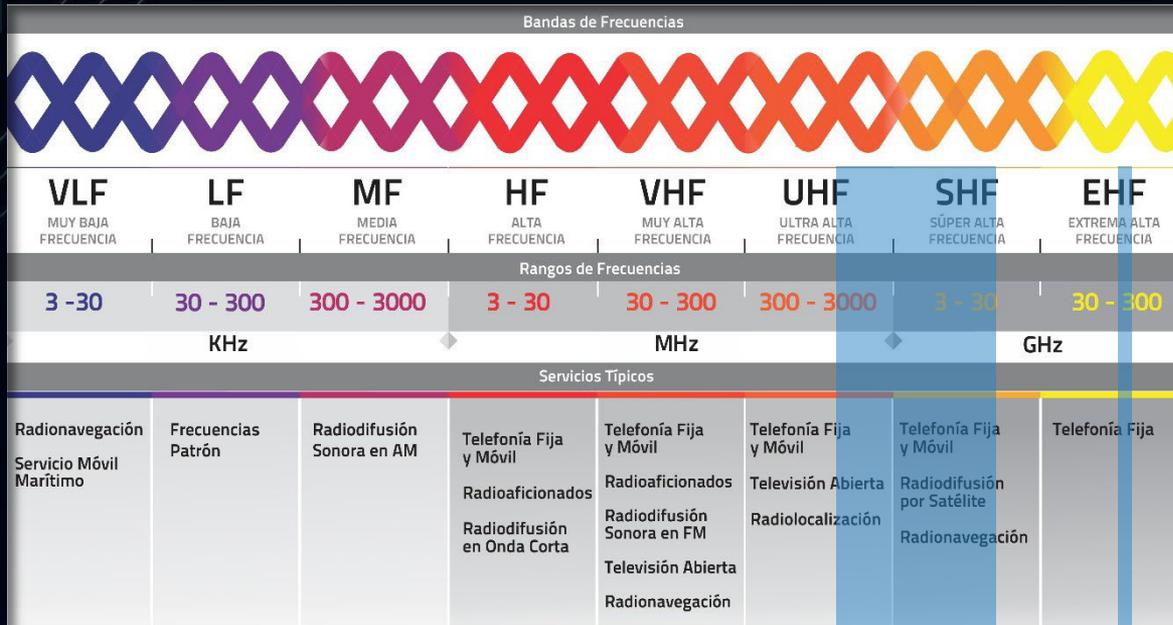
INTRODUCCIÓN A RF

Espectro electromagnético



INTRODUCCIÓN A RF

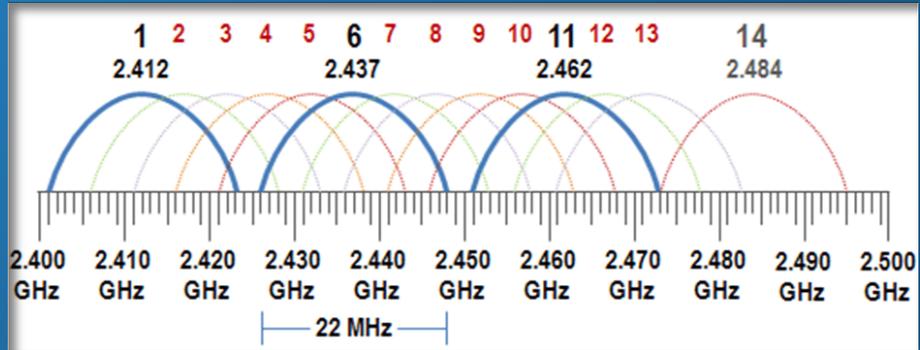
WiFi en el espectro electromagnético



ASIGNACIÓN DE CANALES

2,4 GHz (20/22 Mhz)

Canal	Frec. [MHz]	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	x	x	—		x
2	2417	x	x	—	x	x
3	2422	x	x	x	x	x
4	2427	x	x	x	x	x
5	2432	x	x	x	x	x
6	2437	x	x	x	x	x
7	2442	x	x	x	x	x
8	2447	x	x	x	x	x
9	2452	x	x	x	x	x
10	2457	x	x	—	x	x
11	2462	x	x	—	x	x
12	2467	—	x	—	—	x
13	2472	—	x	—	—	x
14	2484	—	—	—	—	x

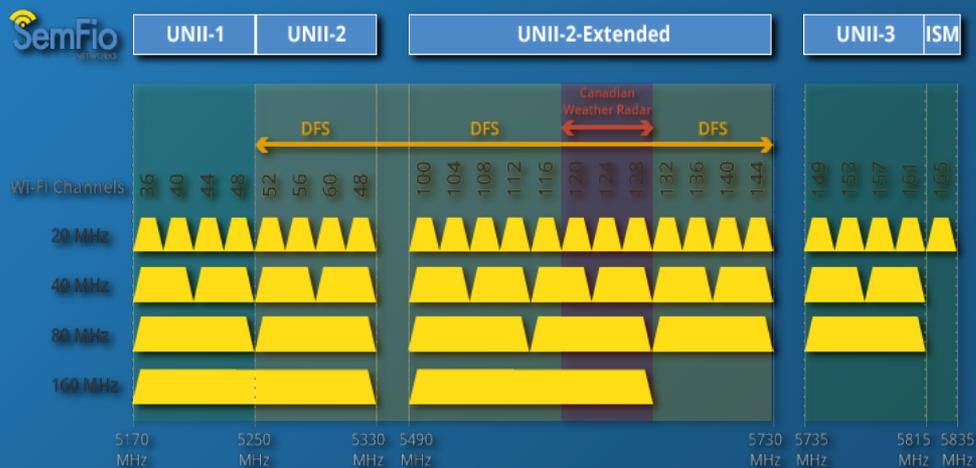


CANALES EN
2,4 GHz

ASIGNACIÓN DE CANALES

5 GHz

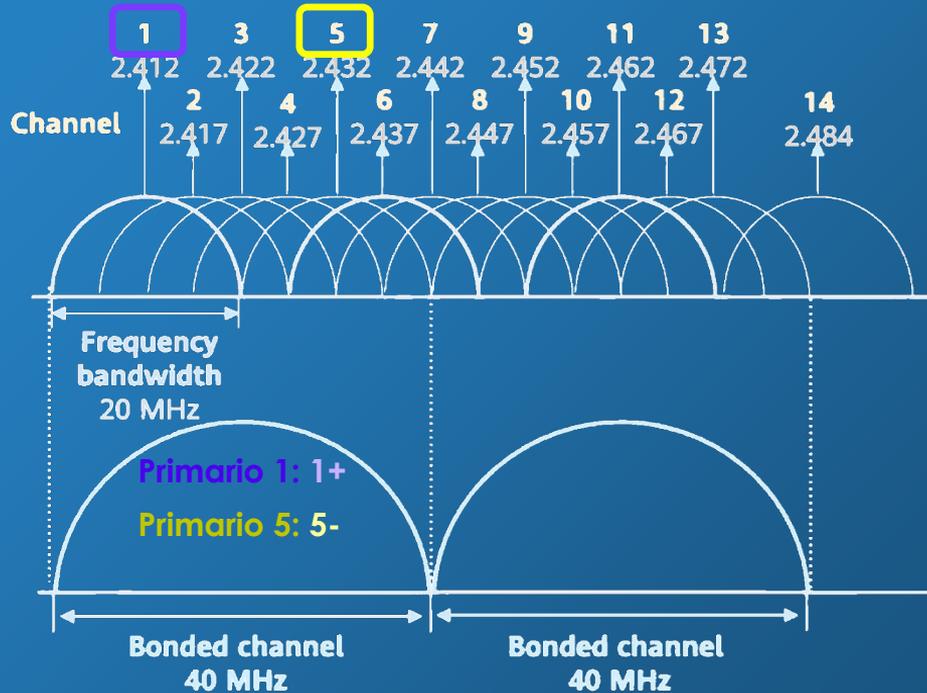
Canal	Frec. [MHz]	Dominios Reguladores			
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	Japón (-J)
34	5170	—	—	—	—
36	5180	x	x	x	—
38	5190	—	—	—	—
40	5200	x	x	x	—
42	5210	—	—	—	—
44	5220	x	x	x	—
46	5230	—	—	—	—
48	5240	x	x	x	—
52	5260	x	—	—	x
56	5280	x	—	—	x
60	5300	x	—	—	x
64	5320	x	—	—	x
149	5745	—	—	—	—
153	5765	—	—	—	—
157	5785	—	—	—	—
161	5805	—	—	—	—



CANALES EN
5 GHz

AGRUPACIÓN DE CANALES (CHANNEL BONDING)

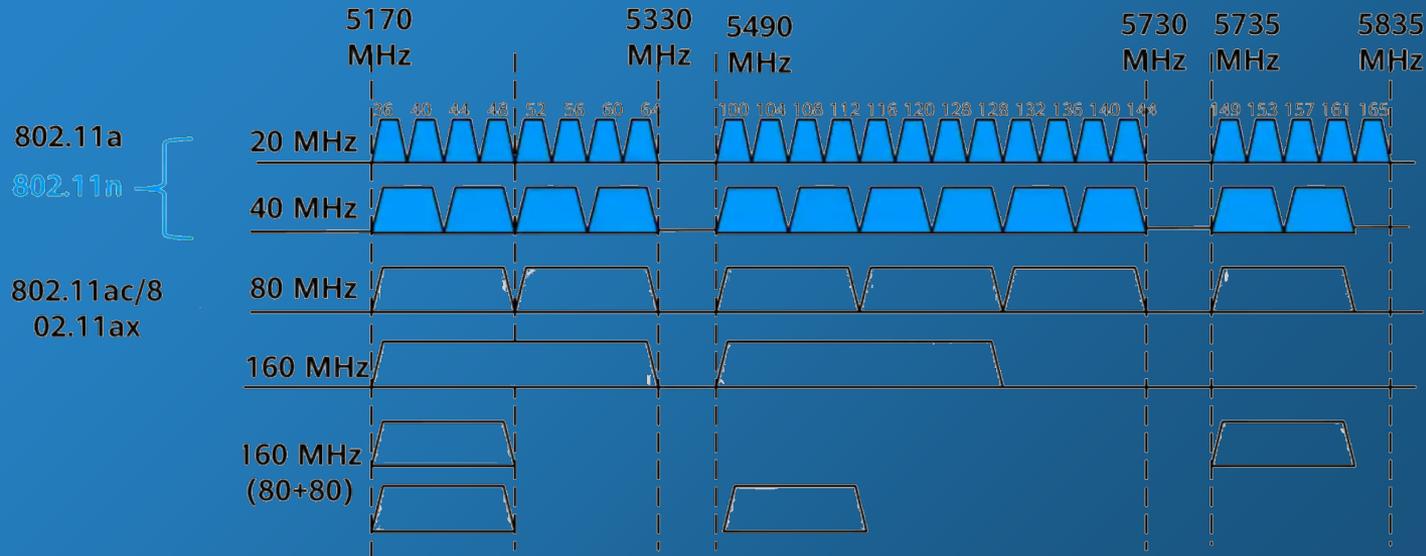
Ampliando la capacidad



BONDING EN
2.4 GHz

AGRUPACIÓN DE CANALES (CHANNEL BONDING)

Ampliando la capacidad

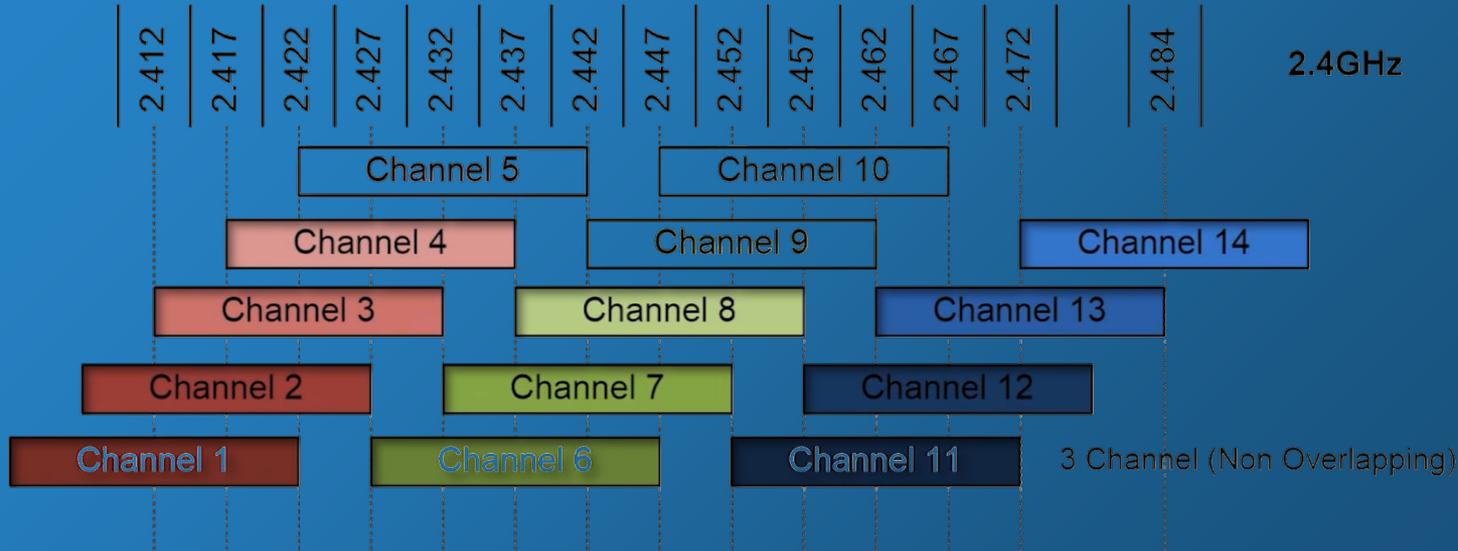


BONDING EN
5 GHz

INTERFERENCIA & SELECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CANAL

SOLAPAMIENTO DE CANALES

Banda de 2.4 GHz



CANALES EN
2.4 GHz

INTERFERENCIA

Las tres causas principales - Co-Canal

- Sobre un mismo canal intentan comunicarse distintos dispositivos.
- Cada STA y AP compite por el tiempo en el aire.
- Al compartir en el tiempo el mismo recurso, la disponibilidad para cada uno disminuye.
- Se vuelve un problema a medida que aumentan los dispositivos sobre un mismo canal.



CO-CANAL

INTERFERENCIA

Las tres causas principales – Fuentes no WiFi

La banda de 2,4 GHz es la más saturada.

- Al operar en **bandas no licenciadas**, de las que otras tecnologías hacen uso, es posible que el espectro esté "sucio".
- Estas fuentes externas **aumentan el piso de ruido**, por ende **baja la SNR**, por ende es necesario usar una **modulación más robusta**, por ende.... **baja la transferencia**.

Detectores de movimiento



Teléfonos inalámbricos



Cámaras analógicas



Bluetooth



Hornos microondas

Auriculares

Micrófonos analógicos

ZigBee

Xbox 360

SubWoofers

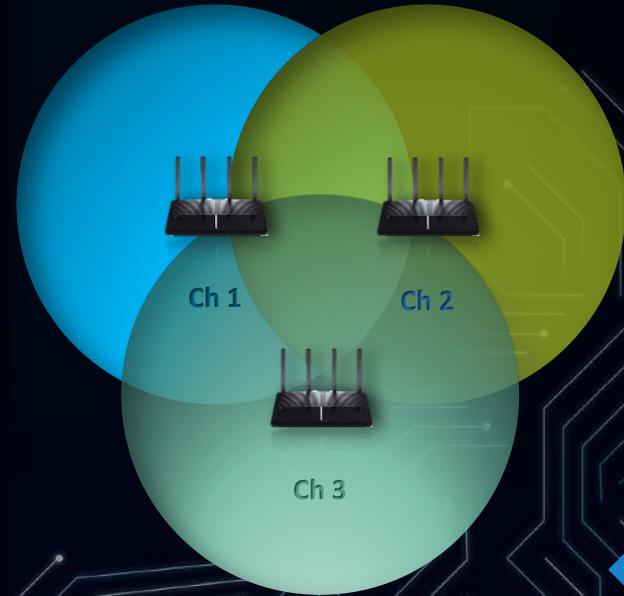
Mouse

INTERFERENCIA NO WI-FI

INTERFERENCIA

Las tres causas principales – Canal Adyacente

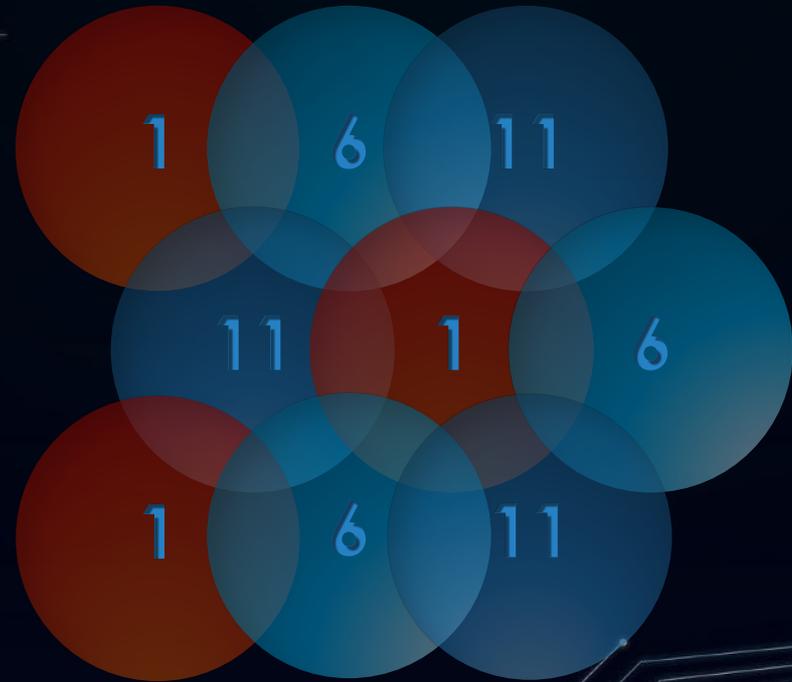
- Dado que la asignación de canales contempla solapamiento de los mismos, de encontrarse en una misma área APs utilizando canales adyacentes, se interferirán entre ellos.
- En la banda de 2.4 GHz, solo se pueden usar (excepto Japón), 3 canales sin solapamiento (1,6 & 11). Esto viene del viejo ancho de 22 MHz (no de 20 MHz).
- Se vuelve un problema a medida que aumentan los APs en una misma área.



CANAL
ADYACENTE

INTERFERENCIA

Canal adyacente en 2,4 GHz



CANALES EN
2,4 GHz

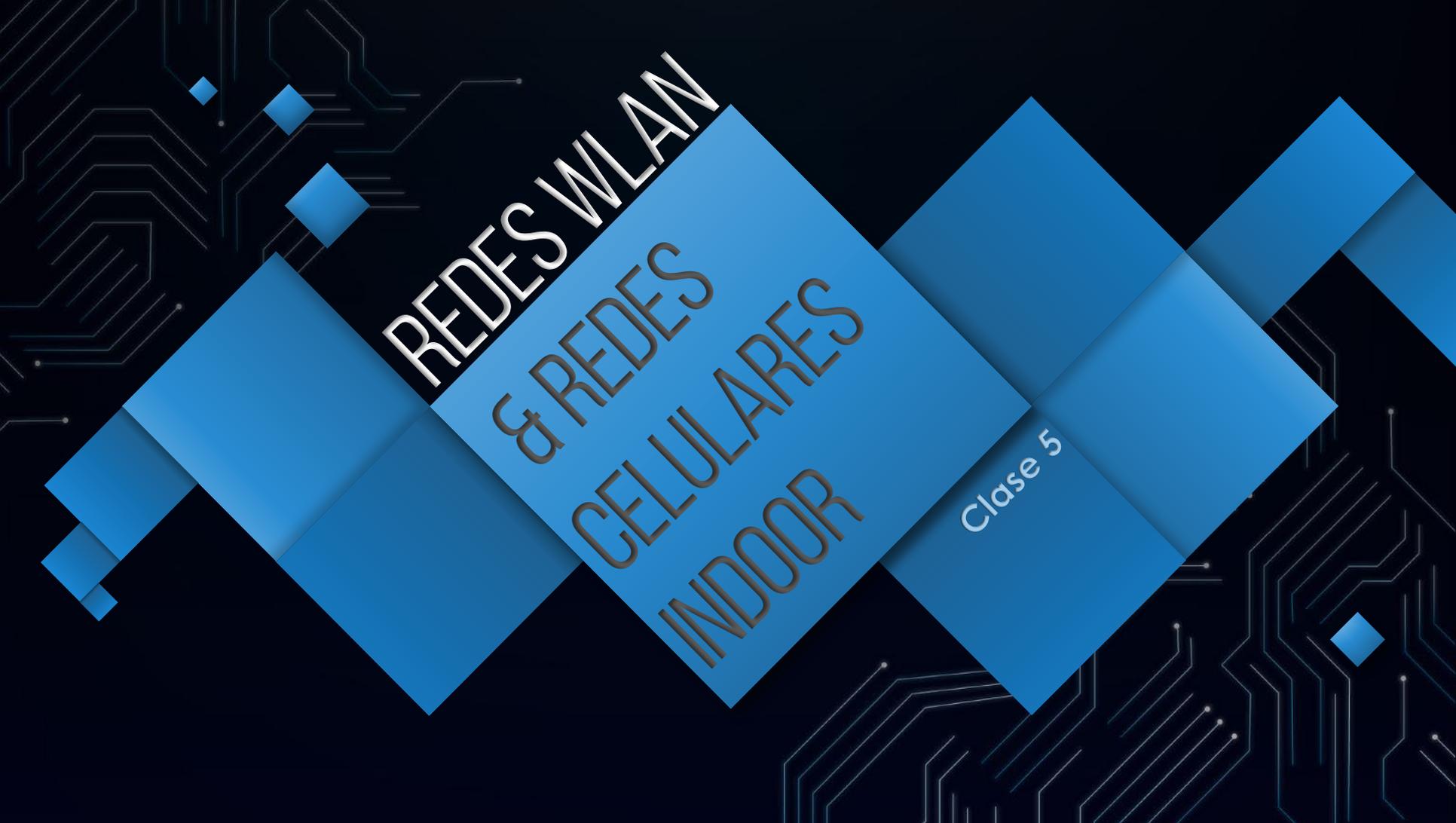
INTERFERENCIA

Canal adyacente en 5 GHz

149



CANALES EN
5 GHz

The background features a dark blue field with intricate white circuit-like patterns. Overlaid on this are several large, overlapping blue geometric shapes, primarily diamonds and rectangles, which create a layered, architectural effect. The text is positioned on these shapes, with the main title in white and the subtitle in a darker blue.

REDES WLAN & REDES CELULARES INDOOR

Clase 5

SELECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CANAL

Implementaciones - Lógica

- ♦ La lógica y algoritmos para ACS (**A**utomatic **C**hannel **S**election) no forma parte del estándar del IEEE, ni es requerimiento de la WFA.
- ♦ Es parte de la “fortaleza” de cada fabricante, donde cada uno implementa su propia lógica.

SELECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CANAL

Implementaciones - Factores para la elección

- ◆ Canal menos congestionado.
- ◆ Limitar la selección a canales sin solapamiento (1, 6 & 11).
- ◆ Nivel de ruido en cada canal (debido a interferencias externas).
- ◆ Preferir los canales centrales a los que están en el límite de la banda.
- ◆ Escaneo solo al iniciar o periódico.
- ◆ Tiempo de escaneo (a mayor tiempo de escaneo, mayor tiempo de encendido o indisponibilidad)
- ◆ En el caso de utilizar el controlador, este puede asignar los canales de cada AP en función de como se afecten unos a otros.

SELECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CANAL

OpenWRT



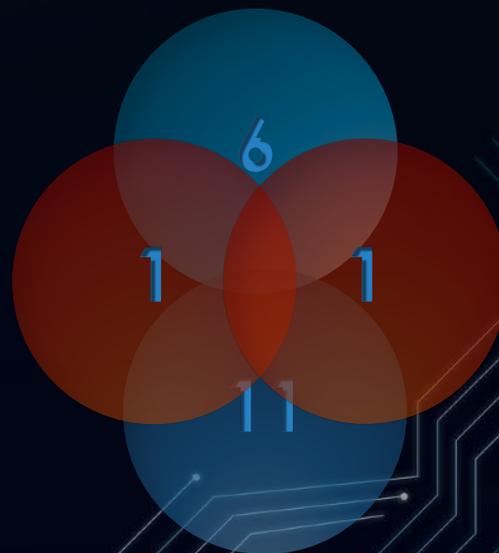
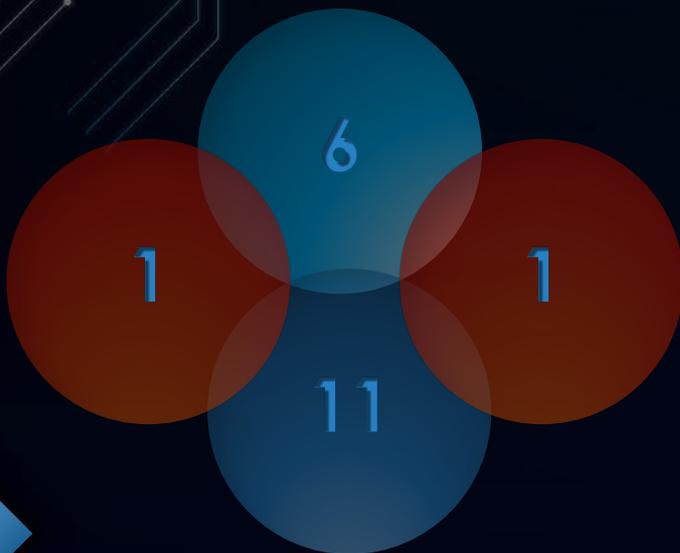
- ◆ En *OpenWRT*, la definición del algoritmo está abierta y es configurable.
- ◆ **Scan time:** Típico 100 msecs.
- ◆ **Cantidad:** 1 a 100 scans.
- ◆ Se puede especificar la “afinidad” (porcentual) para tomar un determinado canal.
- ◆ **# Defaults:**
 - #acs_num_scans=5
 - #acs_chan_bias=1:0.8 6:0.8 11:0.8

COLORES DE BSS

OBSS

Overlapping Basic Service Set

Los APs de canal 1 están tan cerca que sus coberturas **se solapan**

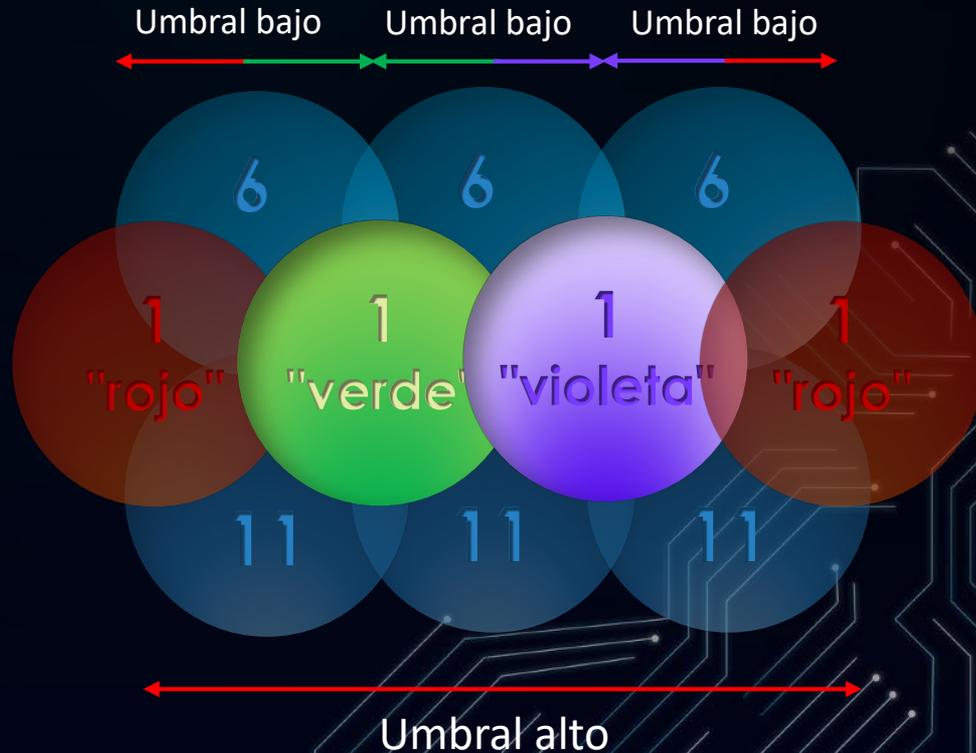


SOLAPAMIENTO
DE CANALES

COLOREADO DE BSS

Nuevo en 802.11ax: Canal + Color

- ◆ Cuando el canal es el **mismo**, pero el color es **distinto**, se aplican umbrales de interferencia **menos** estrictos, ayudando a **mitigar** la interferencia **Co-canal**.
- ◆ Si un AP **detecta** interferencia con su mismo color (colisión de colores), puede **cambiar** su color para mitigarla.



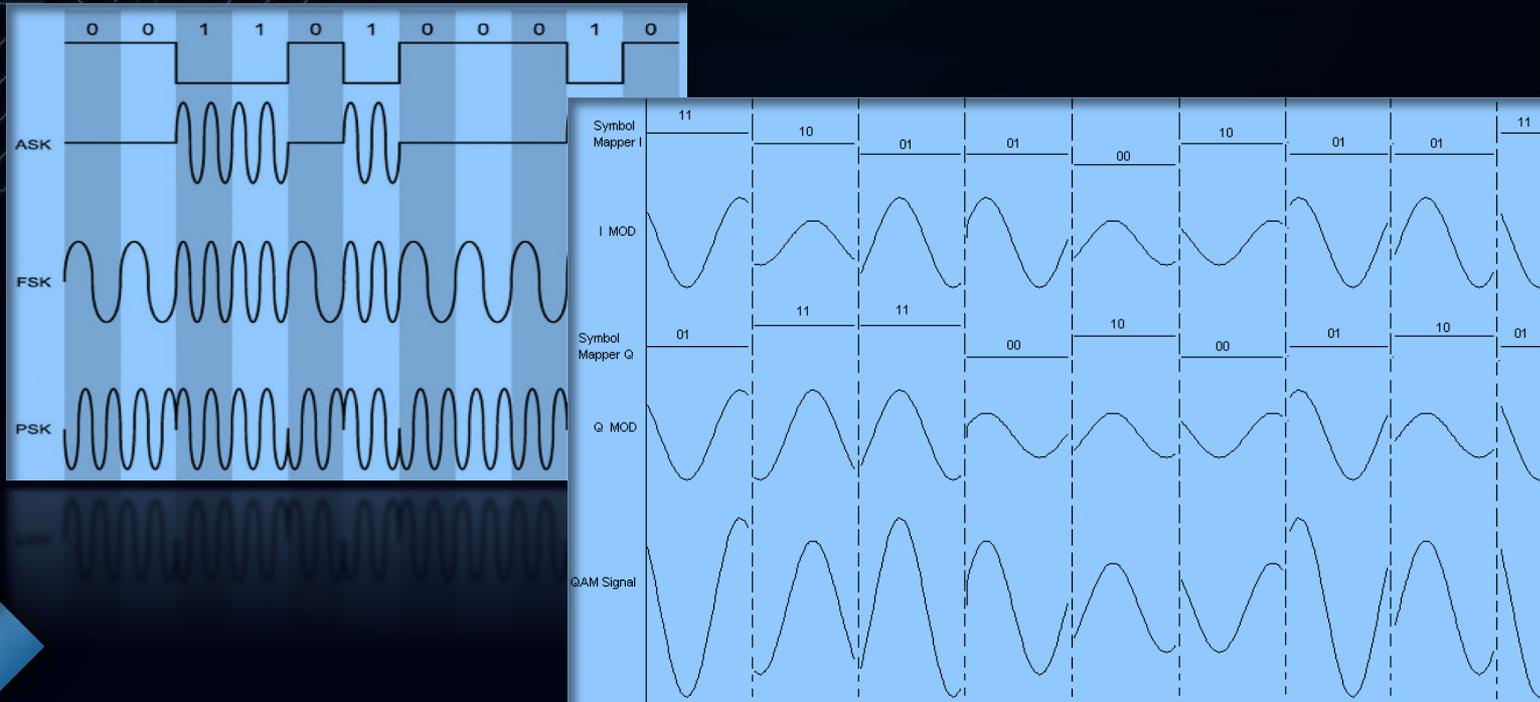
COLOREADO
DE CANALES

OFDM

ORTHOGONAL
FREQUENCY
DIVISION
MULTIPLEXING

MODULACIÓN OFDM

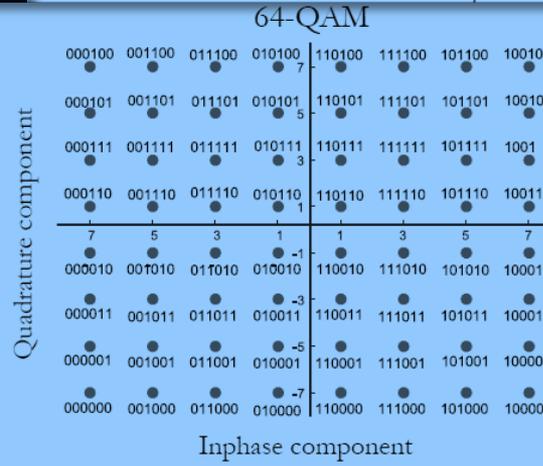
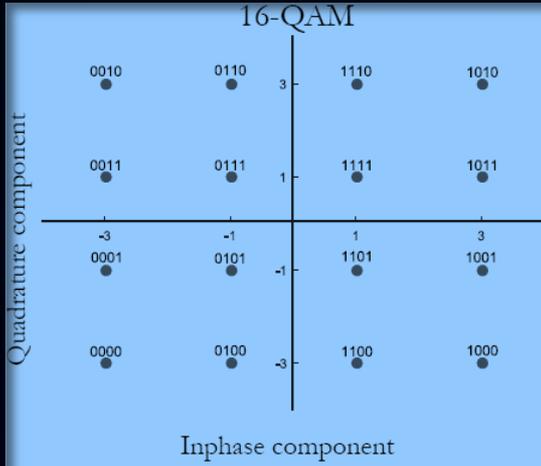
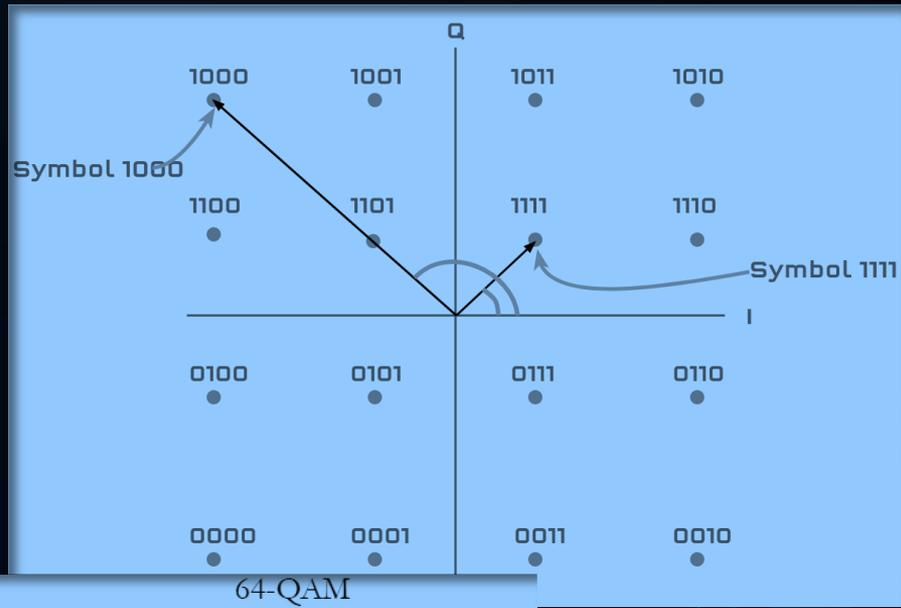
Tipos de modulación digital



DE ASK A
QAM

MODULACIÓN OFDM

Tipos de modulación digital



DE 16 QAM A 1024 QAM

MODULACIÓN OFDM

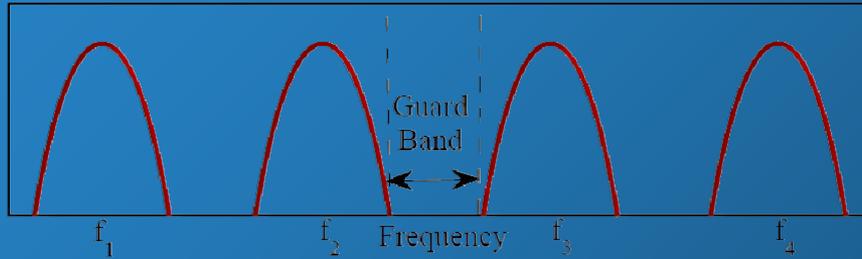
Dividiendo en Frecuencias

Los huevos en distintas canastas...

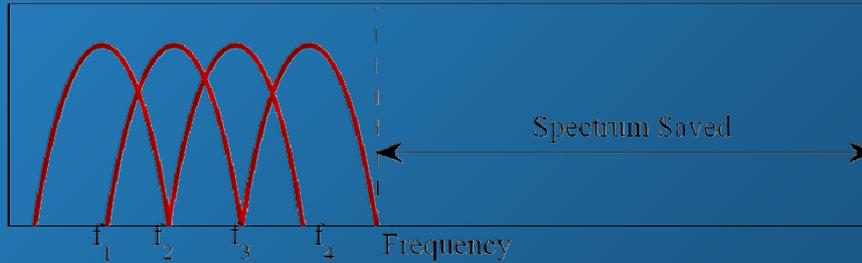


MODULACIÓN OFDM

FDM vs. OFDM



(a) Conventional FDM.

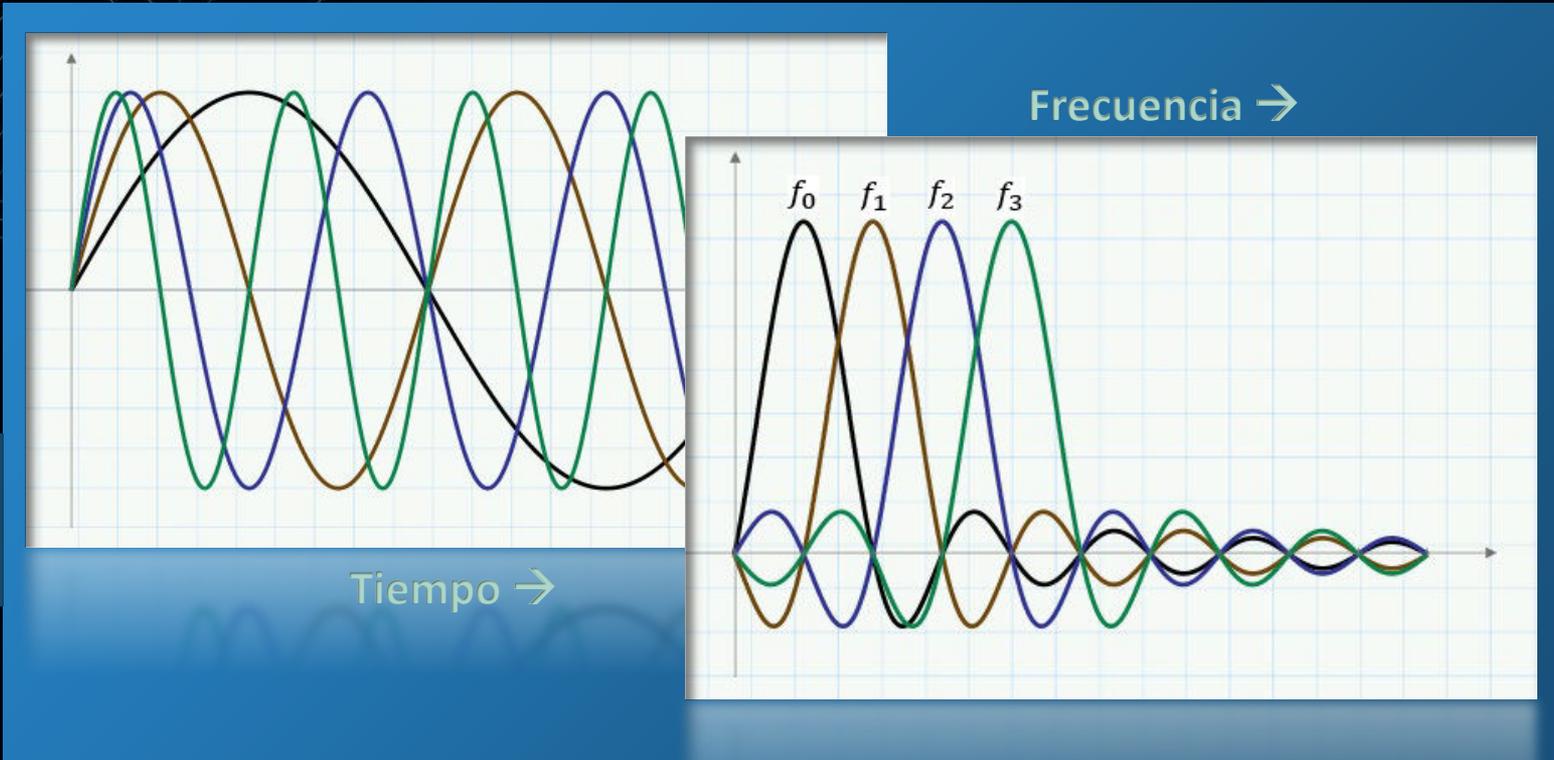


(b) Orthogonal FDM.

AHORRO DE
ESPECTRO

MODULACIÓN OFDM

Subportadoras ortogonales



AHORRO DE
ESPECTRO

MODULACIÓN OFDM

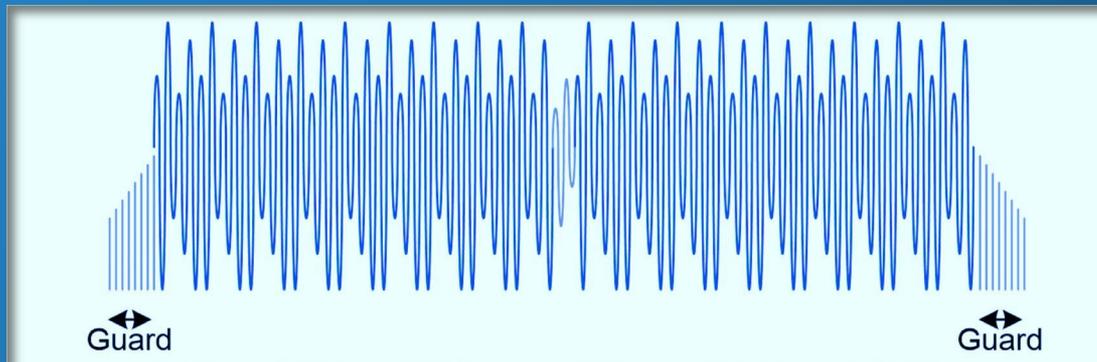
Orthogonal Frequency Division Multiplexing

- ♦ La banda de radio se divide en n subcanales (ej: 64) y la información se envía fraccionada a través de los mismos (como carriles en una autopista).
- ♦ El Tx codifica los flujos de bits en las n subportadoras usando BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) o nQAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), siendo n igual a 16, 64, 256, etc...
- ♦ Parte de la información transmitida es redundante, por lo que el Rx no necesita recibir correctamente la totalidad de las subportadoras para reconstruir el mensaje.
- ♦ OFDM se utiliza en WiFi (**a/g/n/ac**), TDT (DVB-T & ISDB-T) y downlink de LTE, entre otras tecnologías.

MODULACIÓN OFDM

Subportadoras

20 MHz – 52 Subportadoras (tonos)

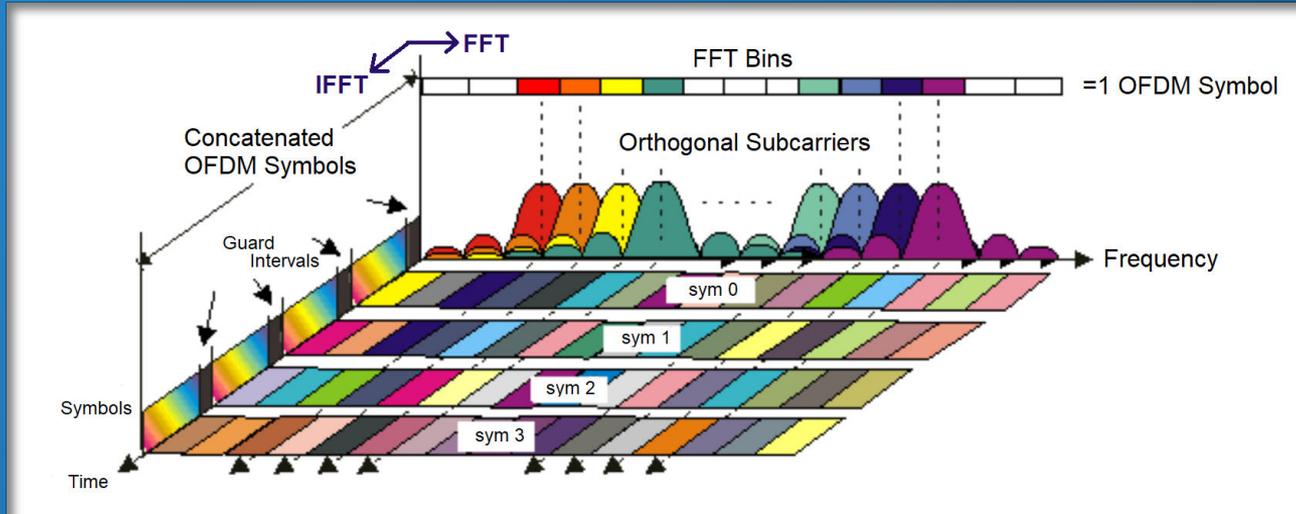


Todas las subportadoras se utilizan para una **única** estación en un momento dado

MODULACIÓN OFDM

Subportadoras

Ancho de banda del canal



MODULACIÓN OFDM



Ventajas

- Alta eficiencia espectral comparada con otros esquemas de modulación, cómo Spread Spectrum.
- Se adapta fácilmente a condiciones complejas de propagación.
- Robusta frente a interferencias.
- No se requiere que los receptores de los subcanales estén sintonizados (más económico).



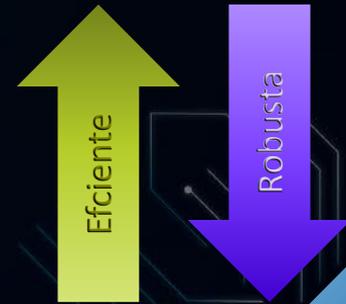
Desventajas

- Sensible al efecto Doppler.
- Ineficiente energéticamente (más consumo → duración de la batería).
- Requiere de un intervalo de guarda (temporal) para prevenir interferencias, lo que disminuye la eficiencia.

MODULACIÓN ADAPTATIVA & BIT RATE

Eficiente vs. Robusta

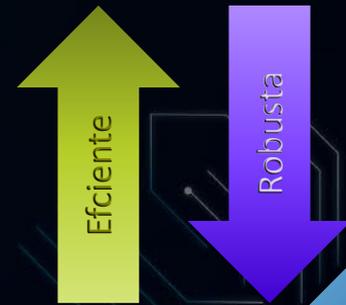
- ◆ Cuando más eficiente sea una modulación (mayor eficiencia espectral), menos inmune será a factores no deseados.
- ◆ Cambiando en tiempo real el tipo y niveles de modulación, como la redundancia en la información (niveles de corrección de errores), un mismo sistema puede adaptarse dinámicamente a las condiciones externas.
- ◆ Estas condiciones pueden ser, entre otras tantas, atenuación, interferencia, nivel de ruido (SNR) rebotes no deseados de la señal, etc...



MODULACIÓN ADAPTATIVA & BIT RATE

Eficiente vs. Robusta

- ◆ De esta forma, se puede mantener una comunicación en condiciones más adversas, a costa de la una baja en la tasa de transferencia.
- ◆ WiFi, a diferencia de Ethernet, no opera a una velocidad constante.
- ◆ Por ejemplo: 802.11n puede alcanzar un throughput (teórico) de 288.8 Mbps con modulación de 64-QAM y FEC de 5/6, y bajar a tan solo 7.2 Mbps con BPSK y FEC 1/2.



MODULACIÓN Y ESQUEMAS DE CODIFICACIÓN

Índice MCS	Modulac.	Coding	Data rate (Mbit/s)							
			20 MHz		40 MHz		80 MHz		160 MHz	
			1600 ns GI	800 ns GI	1600 ns GI	800 ns GI	1600 ns GI	800 ns GI	1600 ns GI	800 ns GI
0	BPSK	1/2	8	8.6	16	17.2	34	36.0	68	72
1	QPSK	1/2	16	17.2	33	34.4	68	72.1	136	144
2	QPSK	3/4	24	25.8	49	51.6	102	108.1	204	216
3	16-QAM	1/2	33	34.4	65	68.8	136	144.1	272	282
4	16-QAM	3/4	49	51.6	98	103.2	204	216.2	408	432
5	64-QAM	2/3	65	68.8	130	137.6	272	288.2	544	576
6	64-QAM	3/4	73	77.4	146	154.9	306	324.4	613	649
7	64-QAM	5/6	81	86.0	163	172.1	340	360.3	681	721
8	256-QAM	3/4	98	103.2	195	206.5	408	432.4	817	865
9	256-QAM	5/6	108	114.7	217	229.4	453	480.4	907	961
10	1024-QAM	3/4	122	129.0	244	258.1	510	540.4	1021	1081
11	1024-QAM	5/6	135	143.4	271	286.8	567	600.5	1134	1201

EJEMPLO EN
WIFI 6

MIMO

MULTIPLE IN
MULTIPLE OUT

MIMO

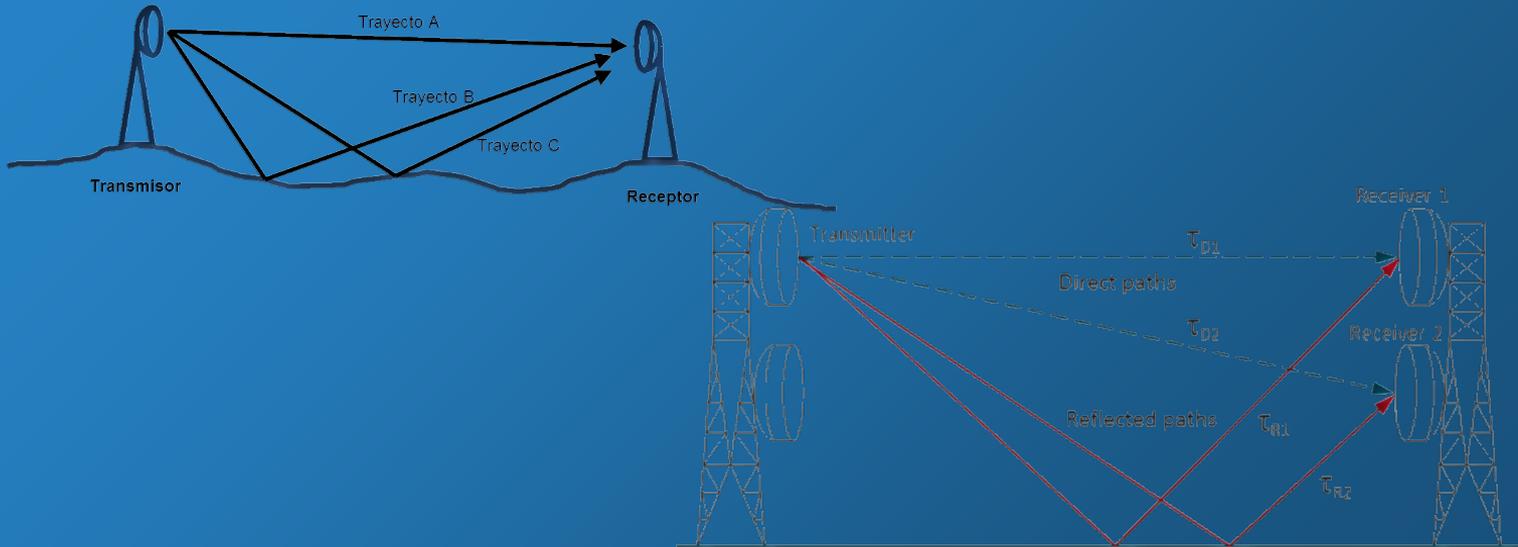
Multiple In - Multiple Out

- ◆ Se incorporó a WiFi a partir de IEEE 802.11n (SU-MIMO) y 802.11ac Wave 2 (MU-MIMO) y 802.11ax (UL MU-MIMO).
 - ◆ Se basa en los rebotes (reflexiones) de las ondas de radio al tomar contacto con las distintas superficies en el área entre Tx y Rx.
 - ◆ Utiliza distintas antenas (diversidad de espacio) para captar esos rebotes.
- MIMO: Multiple In - Multiple Out.**
- ◆ Normalmente, los rebotes son no deseados (pueden cancelar la señal si llegan a contrafase), pero MIMO saca provecho de estas.
 - ◆ Esto permite usar una técnica conocida como **“beamforming”**.

MIMO

Multipath

Reflexiones de la señal

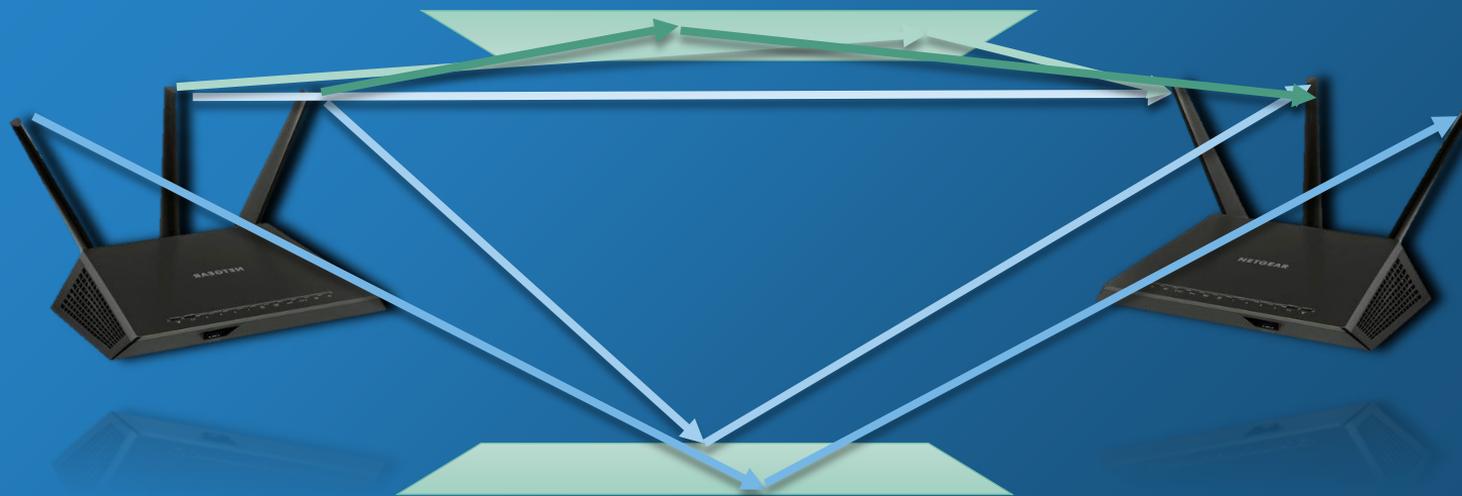


MIMO

Multipath

173

Reflexiones de la señal



MIMO
3 X 3

MIMO

Multiple In - Multiple Out

- ◆ Al tener más caminos para llegar, aumenta la confiabilidad, por ende disminuyen los reintentos, por ende sube el throughput.
- ◆ Dependiendo del dispositivo, existen distintas combinaciones de antenas (Ej. 2T2R, 3T3R).
- ◆ Por cada antena, envía un flujo distinto (ej. “Three-Stream”).
- ◆ Para usar MIMO no se requiere que tanto AP como STA tengan distintas antenas, pero la performance y **eficiencia** variará en función de cada combinación.
 - Ej: Un AP 8x8 que da servicio a una STA 2x2 tiene una eficiencia de tan **solo** 25%.
 - Y si el AP de 8x8 usa un canal de 160 MHz, pero la STA solo soporta 2x2 a 20 MHz, la eficiencia **cae** al 6,25 %.

MIMO

Access Points



MIMO

Multi User MIMO

- ◆ En SU-MIMO, los flujos de datos únicamente son transmitidos y recibidos por un único dispositivo a la vez.
- ◆ Pero que el destino sea único, permite concentrar más el “haz” del beamforming, logrando más alcance.
- ◆ En MU-MIMO, múltiples dispositivos pueden recibir de manera simultánea diferentes flujos de datos.
- ◆ Esto se logra utilizando distintos **flujos** a distintos **dispositivos**, pero cada flujo pueda dar servicio a un **único** dispositivo a la vez.
- ◆ Se aumenta así la velocidad y el rendimiento de la red.
- ◆ En .11ac, no está disponible en la banda de 2.4 GHz, se requiere .11ax para soporte de MU-MIMO en ambas bandas.
- ◆ En .11ac **solo** se soporta en el Downlink (DL MU-MIMO), se requiere .11ax para soporte también en Uplink (UL MU-MIMO).

MIMO

SISO (Single In – Single Out)

802.11a/g - 20 MHz, 54 Mbps

54 Mbps/AP

54 Mbps



MIMO

SU-MIMO

802.11n - SU-MIMO – 3x3, 40 MHz, 150Mbps/stream

450 Mbps/AP

3 x 150Mbps



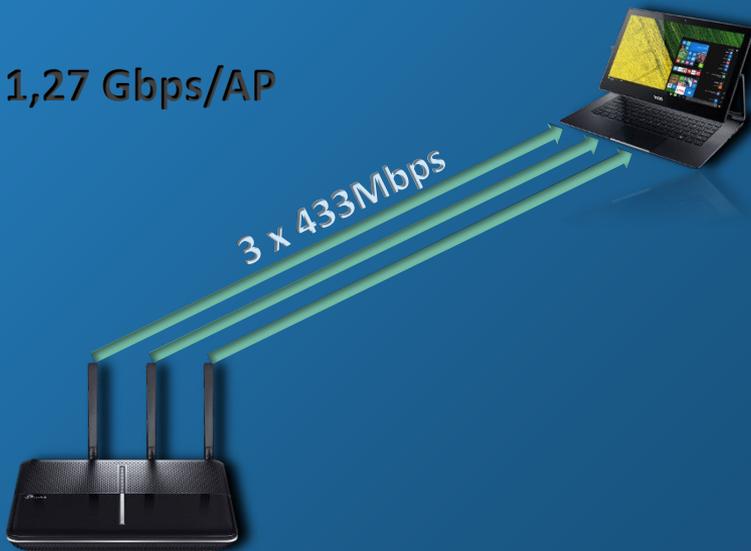
MIMO

SU-MIMO

802.11ac - SU-MIMO – 3x3, 80 MHz, 433Mbps/stream

1,27 Gbps/AP

3 x 433Mbps



MIMO

MU con un stream por dispositivo

802.11ac - MU-MIMO – 4x4, 80 MHz, 433Mbps/stream



1,69 Gbps/AP



433Mbps

433Mbps



433Mbps

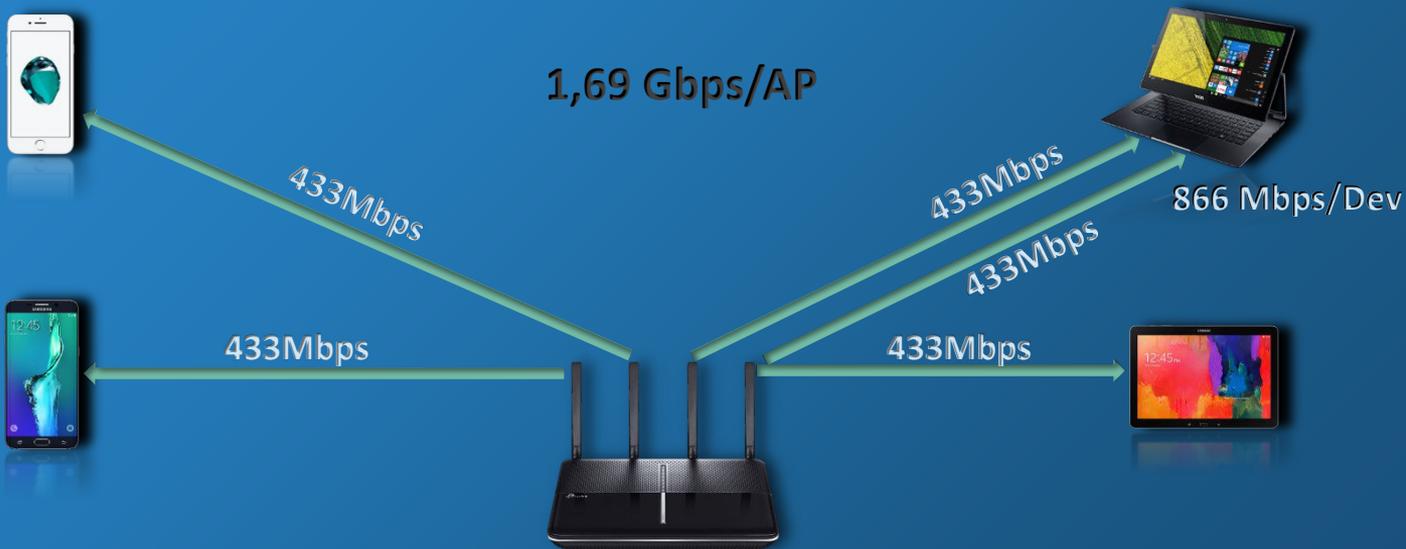
433Mbps



MIMO

MU con más de un stream por dispositivo

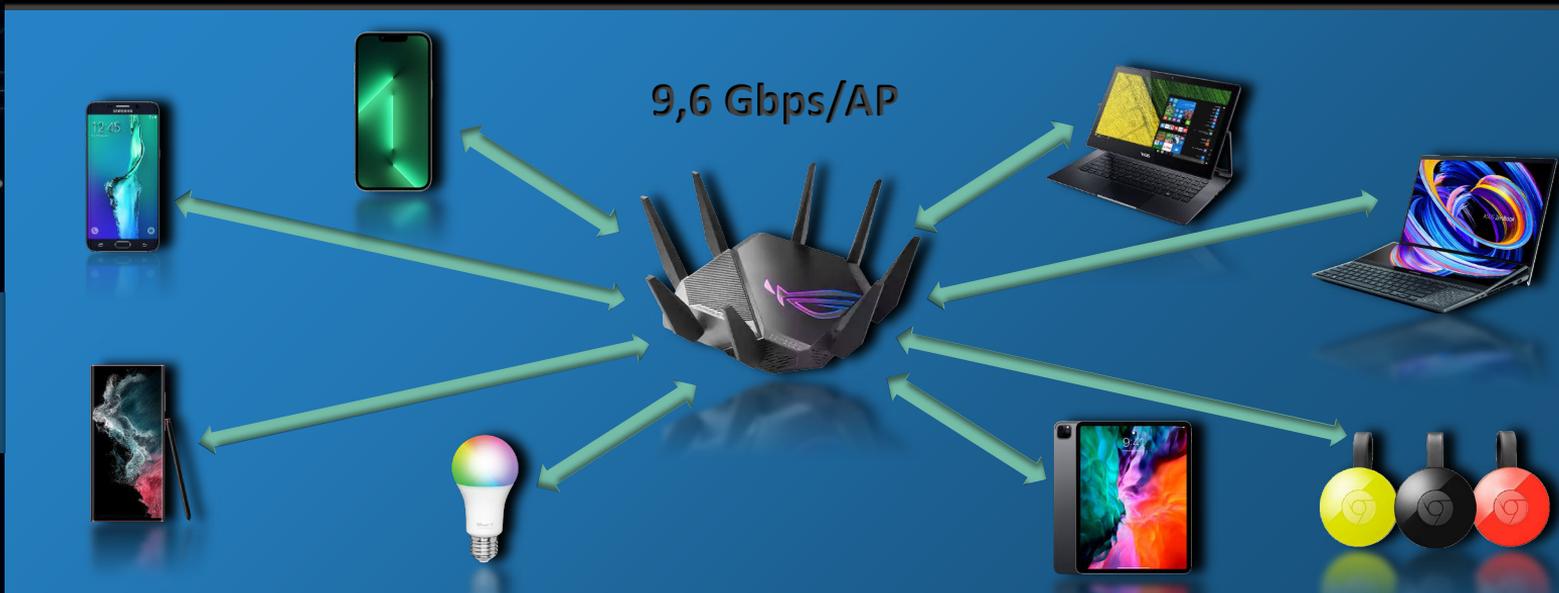
802.11ac - MU-MIMO – 4x4, 80 MHz, 433Mbps/stream



MIMO

En 802.11ax, se soporta mimo en Downlink y **Uplink**

802.11ax - MU-MIMO – 8x8, 1600 MHz, 1201 Mbps/stream





No todo lo que brilla es oro...

- En la práctica, se requiere diversidad espacial entre los dispositivos para alcanzar la performance óptima.



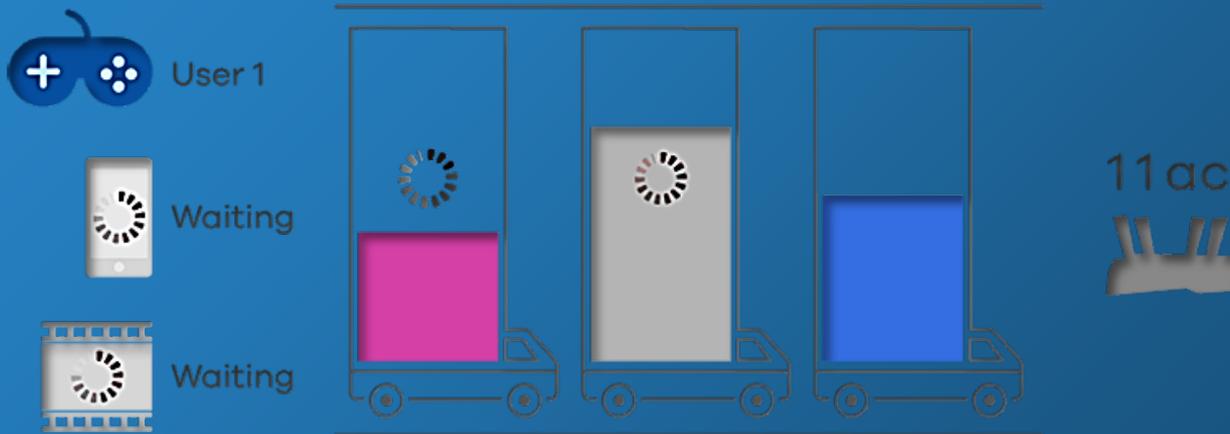
ACÁ NO APORTA
MIMO...

OFDMA

ORTHOGONAL
FREQUENCY
DIVISION MULTIPLE
ACCESS

OFDMA

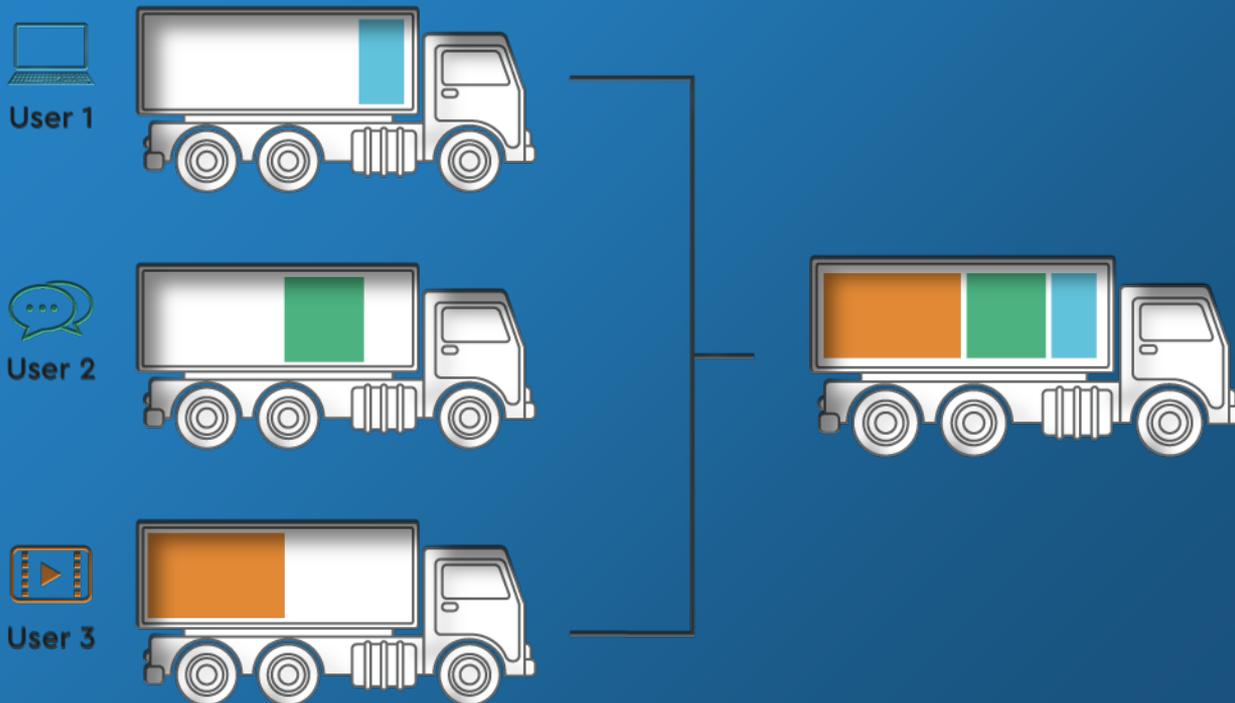
OFDM: 1 sola STA a la vez usa todo el BW del canal



USO
INEFICIENTE

OFDMA

De la fuerza bruta a la eficiencia



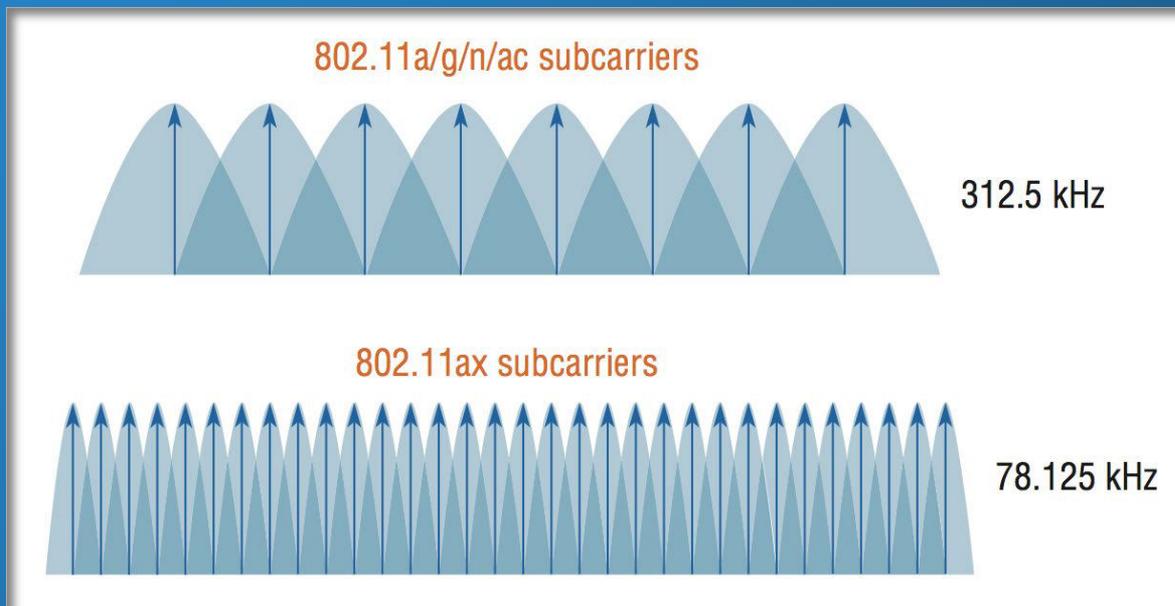
WIFI 5 Vs.
WIFI 6

OFDMA

Nuevo en 802.11ax

- ◆ Es un esquema de acceso **múltiple** ya **utilizado** en las redes móviles 4G y 5G.
- ◆ Ya **no** se asigna **todo** el ancho de banda a la vez a **una sola** STA.
- ◆ Se **subdivide** el canal en RUs (*Resource Units*).
- ◆ Cada RU puede ser asignado a una STA en particular.
- ◆ El **AP** ahora tiene **control** sobre las STA cuando estas le quieren enviar datos y cuanto BW pueden utilizar.
- ◆ Muy útil para **IoT**, ya que requieren muy poco BW ("*Connected Homes*", *industria*, etc...)
- ◆ El canal puede **dividirse** en RUs de **distinto** tamaño (BW).
- ◆ El ancho de cada subportadora es, de por sí 4 veces más angosto que en 802.11ac.

Ancho de las subportadoras

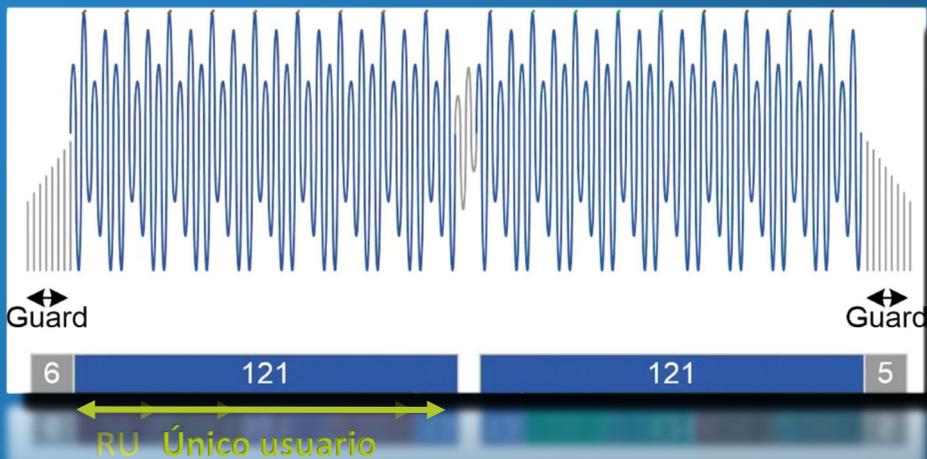


WIFI5 vs.
WIFI 6

OFDMA

Resource Units

20 MHz – Espacio de subportadoras de 78,125 kHz



OFDMA

Cantidad de dispositivos simultáneos

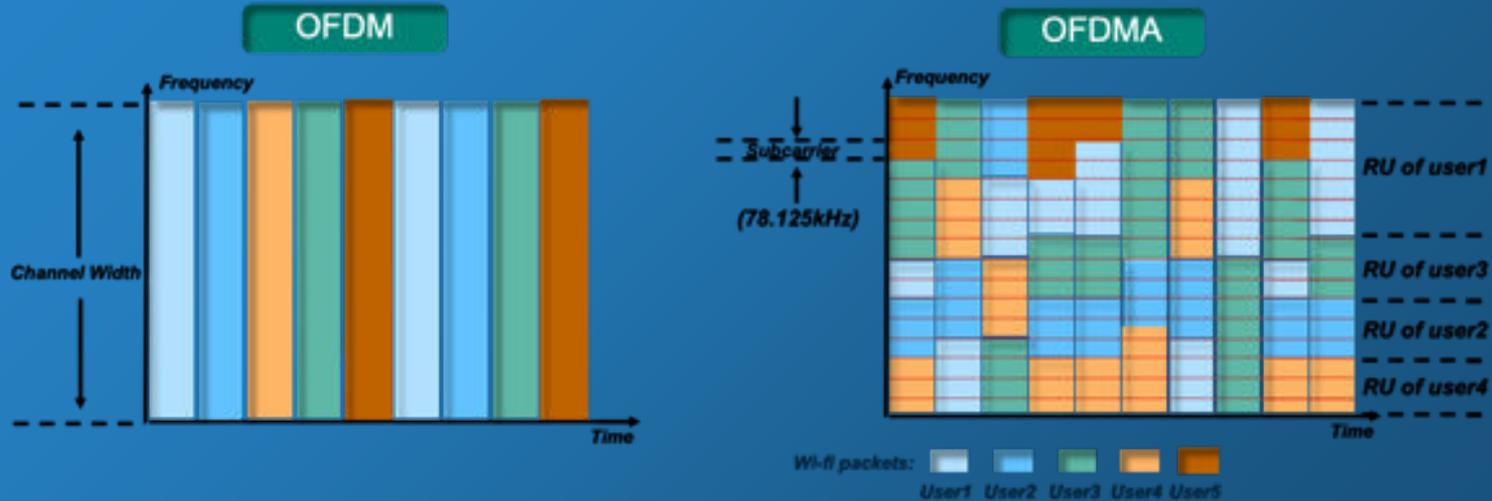
RUs por canal	Ancho del canal			
	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz
26	9	18	37	74
52	4	8	16	32
106	2	4	8	16
242	1	2	4	8
484	—	1	2	4
996	—	—	1	2
1992	—	—	—	1

- Dependiendo de la cantidad de RUs en las que se **subdivide** un canal, se puede incrementar la cantidad de dispositivos por canal • el bit rate entregado a cada dispositivo (inversamente proporcionales).
- A su vez, con Channel bonding, se puede incrementar aún más esta cantidad (a costa de menos canales por área de cobertura)
- De esta forma, combinando los RUs con el ancho del canal, un único AP puede dar servicio, de manera **simultánea**, desde 1 hasta 74 STA a la vez.

STAs vs.
RUs y BW

OFDMA

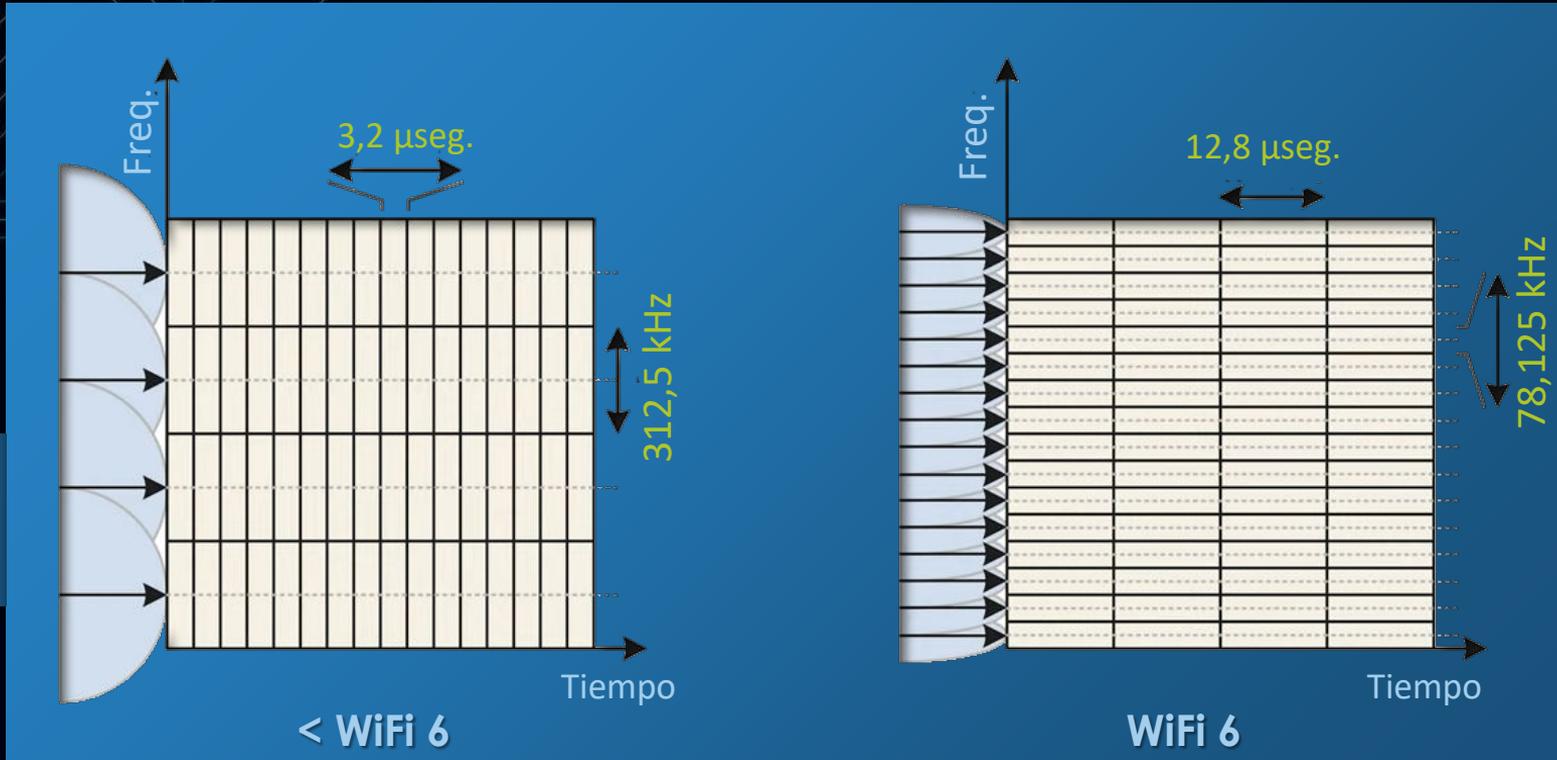
Acceso múltiple en WiFi 5 vs WiFi 6



OFDM VS.
OFDMA

OFDMA

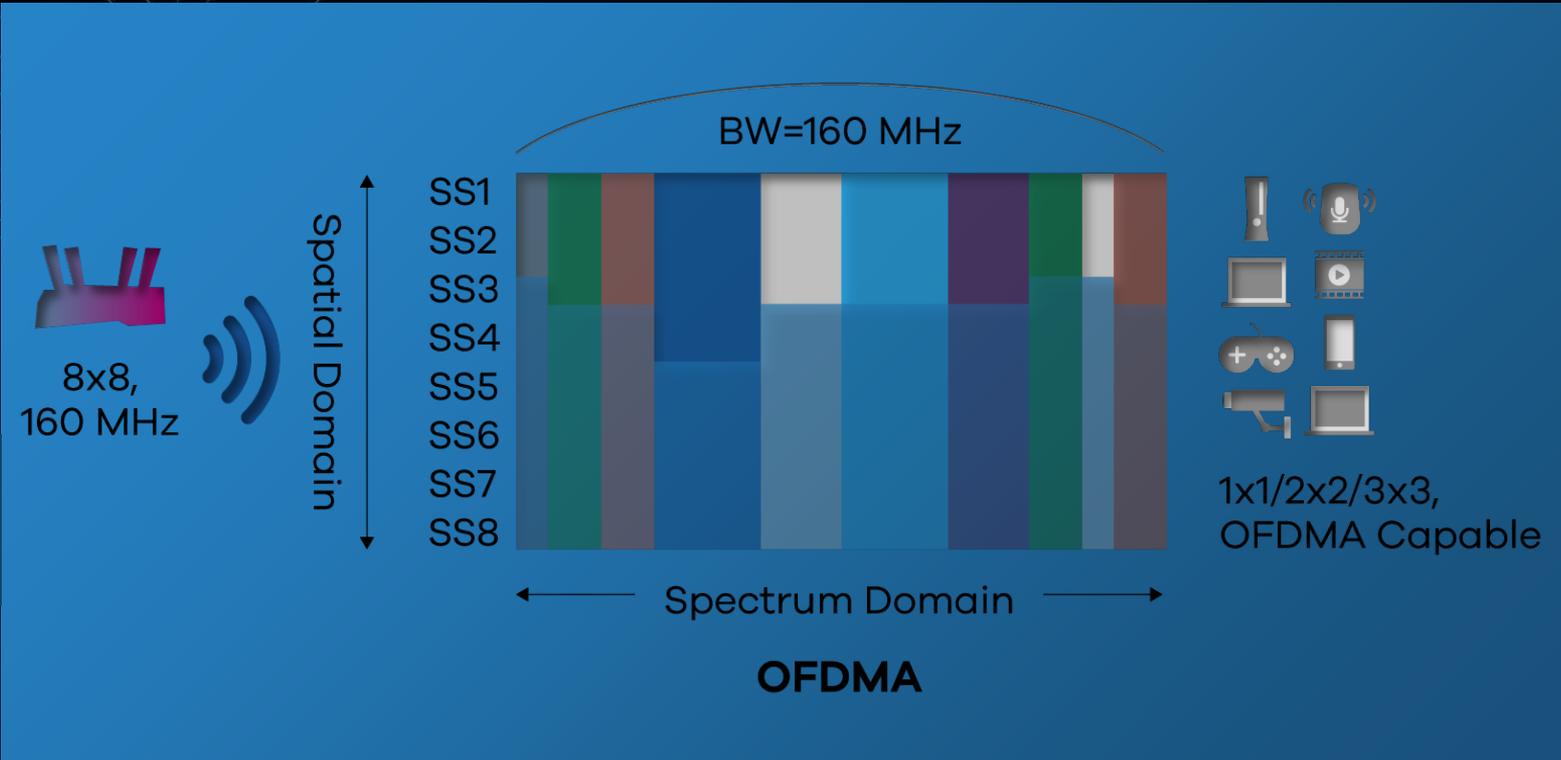
Menos BW durante más tiempo → Más inmunidad



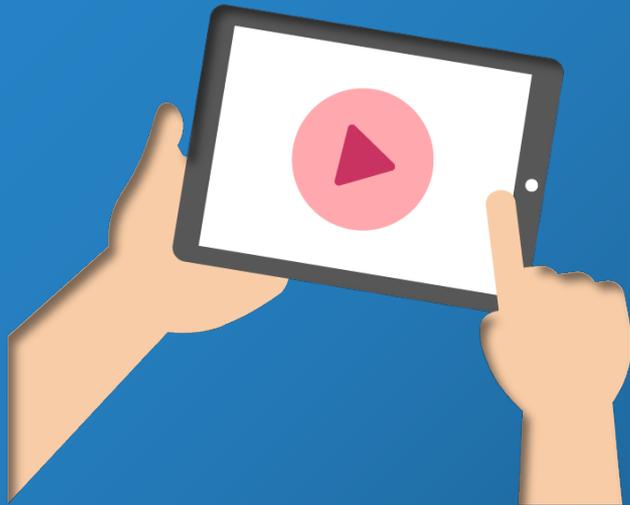
WIFI5 vs.
WIFI6

MIMO + OFDMA

Múltiple acceso en el espacio y el espectro

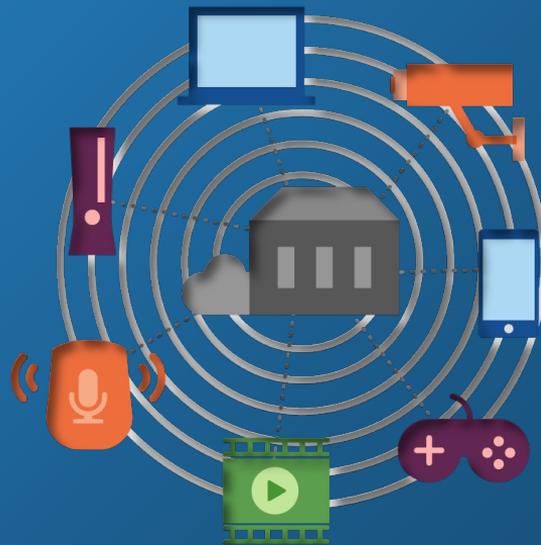


MIMO vs OFDMA



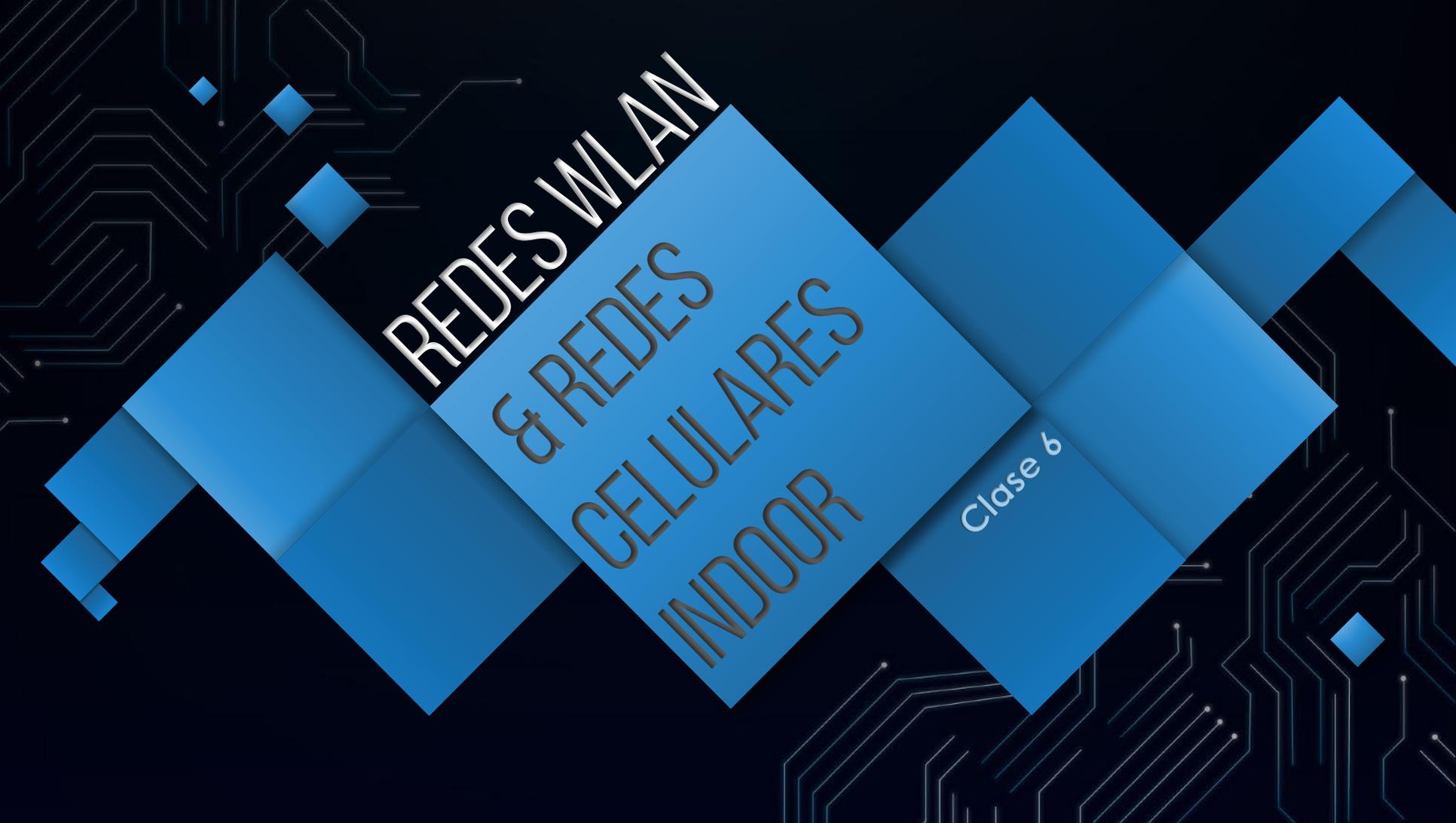
MU-MIMO

Aplicaciones de alta velocidad



OFDMA

Aplicaciones de baja velocidad o mixtas



REDES WLAN

& REDES
CELULARES
INDOOR

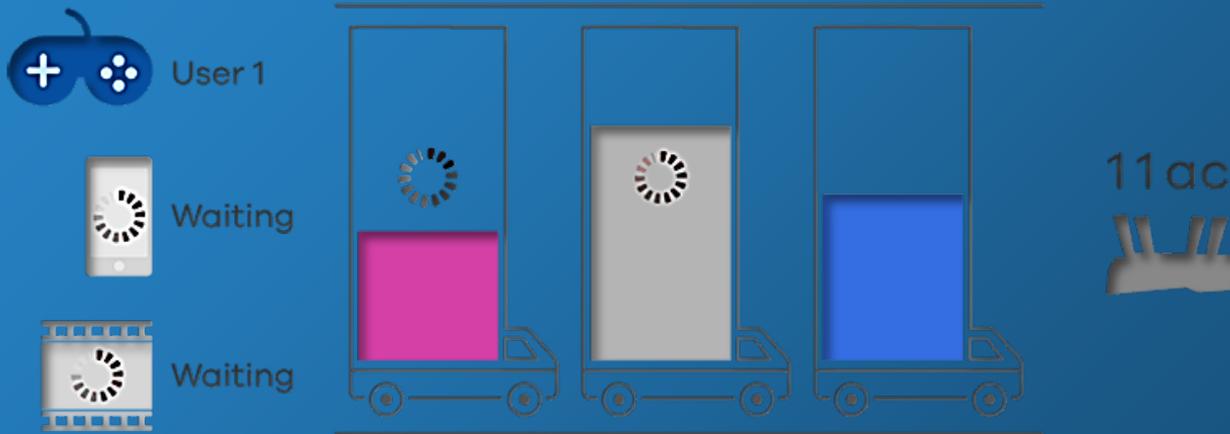
Clase 6

OFDMA

ORTHOGONAL
FREQUENCY
DIVISION MULTIPLE
ACCESS

OFDMA

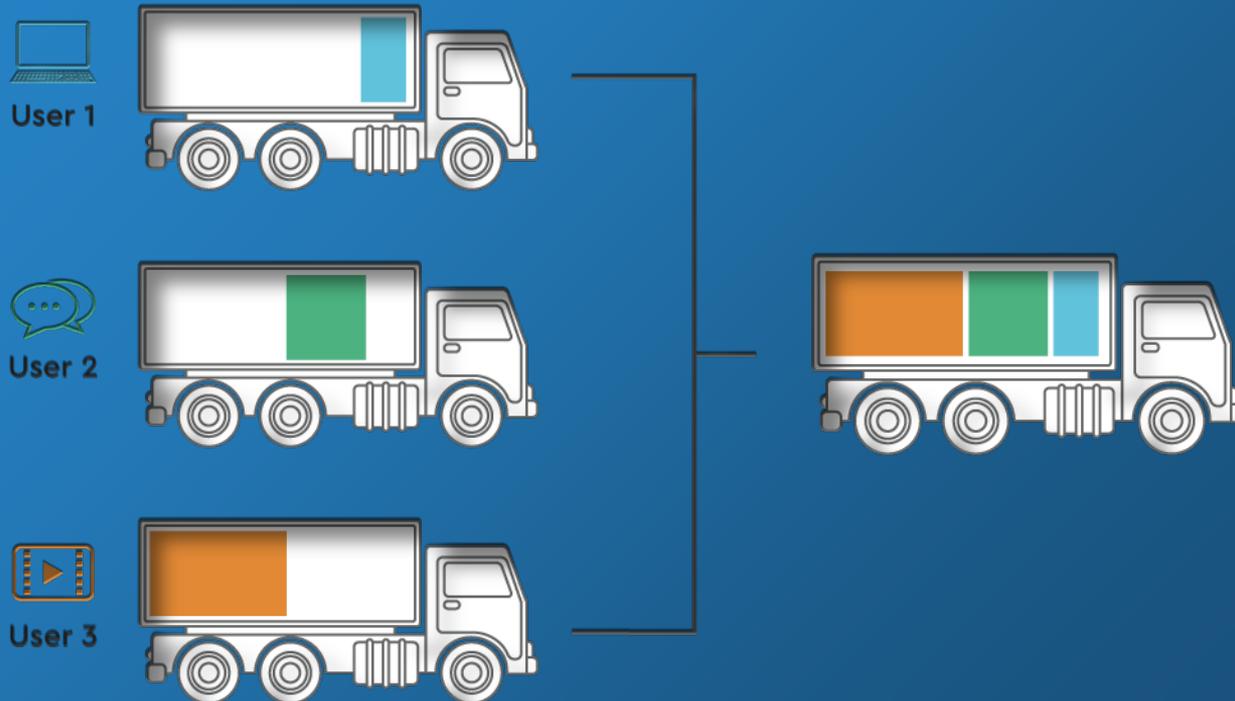
OFDM: 1 sola STA a la vez usa todo el BW del canal



USO
INEFICIENTE

OFDMA

De la fuerza bruta a la eficiencia



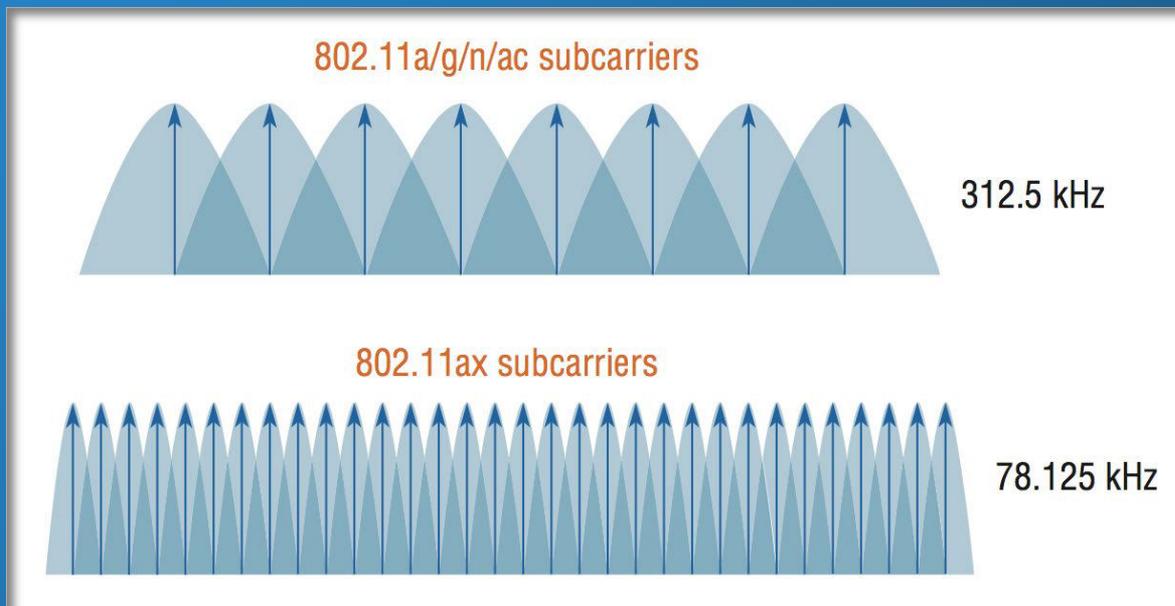
WIFI 5 Vs.
WIFI 6

OFDMA

Nuevo en 802.11ax

- ◆ Es un esquema de acceso **múltiple** ya **utilizado** en las redes móviles 4G y 5G.
- ◆ Ya **no** se asigna **todo** el ancho de banda a la vez a **una sola** STA.
- ◆ Se **subdivide** el canal en RUs (*Resource Units*).
- ◆ Cada RU puede ser asignado a una STA en particular.
- ◆ El **AP** ahora tiene **control** sobre las STA cuando estas le quieren enviar datos y cuanto BW pueden utilizar.
- ◆ Muy útil para **IoT**, ya que requieren muy poco BW ("*Connected Homes*", *industria*, etc...)
- ◆ El canal puede **dividirse** en RUs de **distinto** tamaño (BW).
- ◆ El ancho de cada subportadora es, de por sí 4 veces más angosto que en 802.11ac.

Ancho de las subportadoras

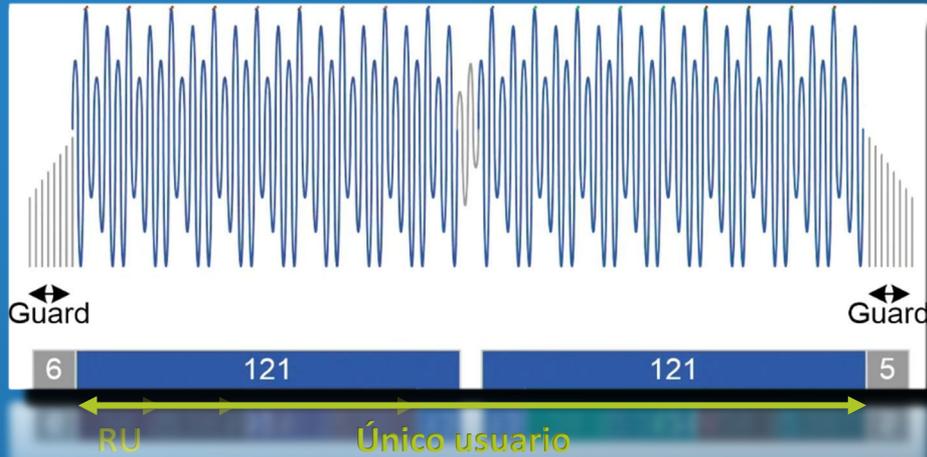


WIFI5 vs.
WIFI 6

OFDMA

Resource Units

20 MHz – Espacio de subportadoras de 78,125 kHz



OFDMA

Cantidad de dispositivos simultáneos

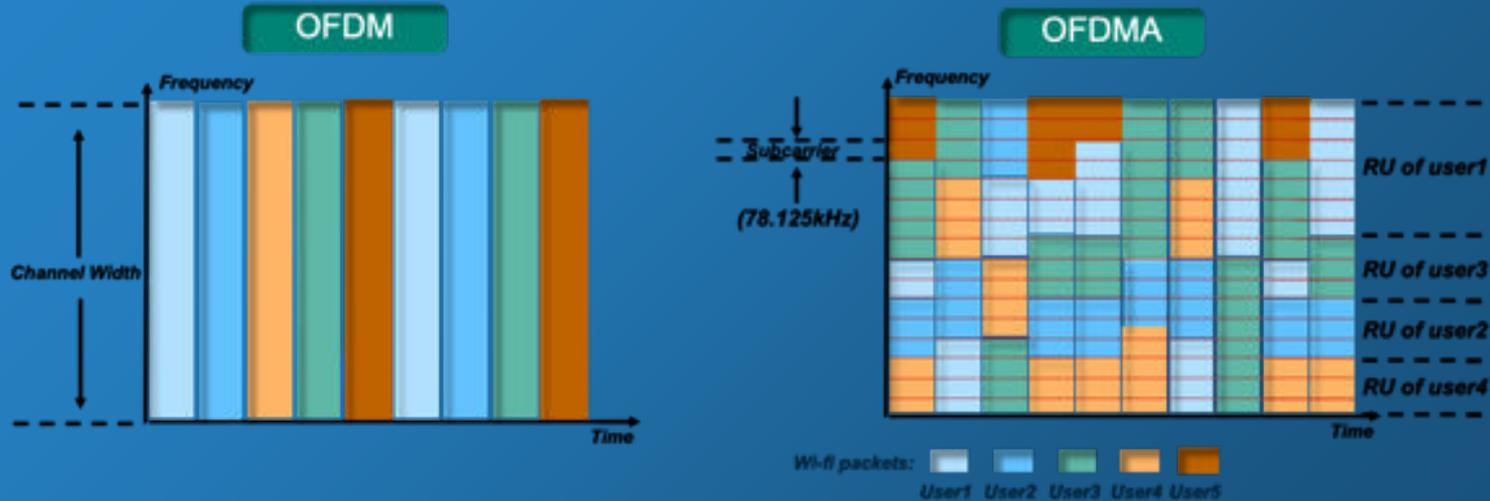
RUs por canal	Ancho del canal			
	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz
26	9	18	37	74
52	4	8	16	32
106	2	4	8	16
242	1	2	4	8
484	—	1	2	4
996	—	—	1	2
1992	—	—	—	1

- Dependiendo de la cantidad de RUs en las que se **subdivide** un canal, se puede incrementar la cantidad de dispositivos por canal • el bit rate entregado a cada dispositivo (inversamente proporcionales).
- A su vez, con Channel bonding, se puede incrementar aún más esta cantidad (a costa de menos canales por área de cobertura)
- De esta forma, combinando los RUs con el ancho del canal, un único AP puede dar servicio, de manera **simultánea**, desde 1 hasta 74 STA a la vez.

STAs vs.
RUs y BW

OFDMA

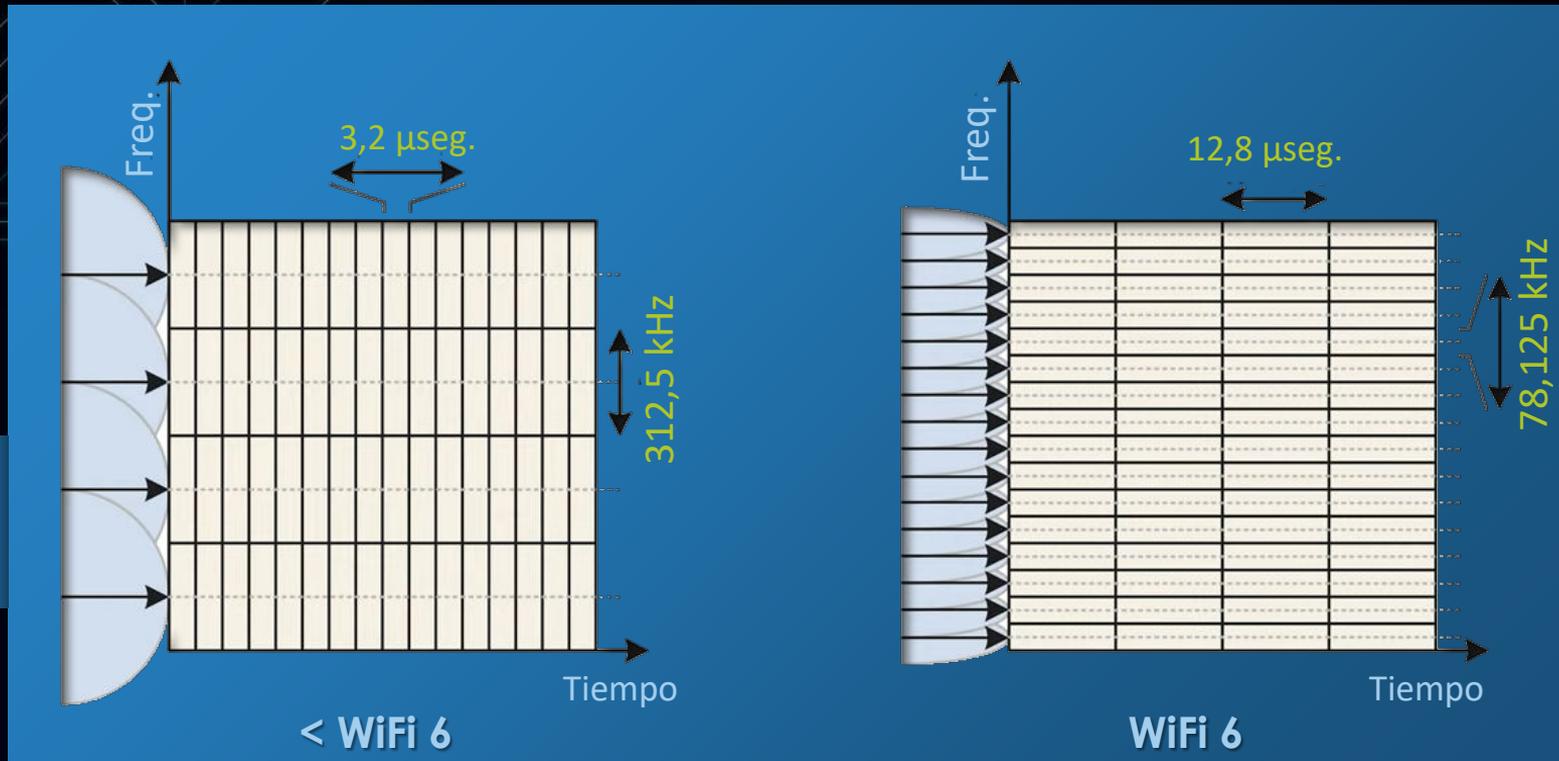
Acceso múltiple en WiFi 5 vs WiFi 6



OFDM VS.
OFDMA

OFDMA

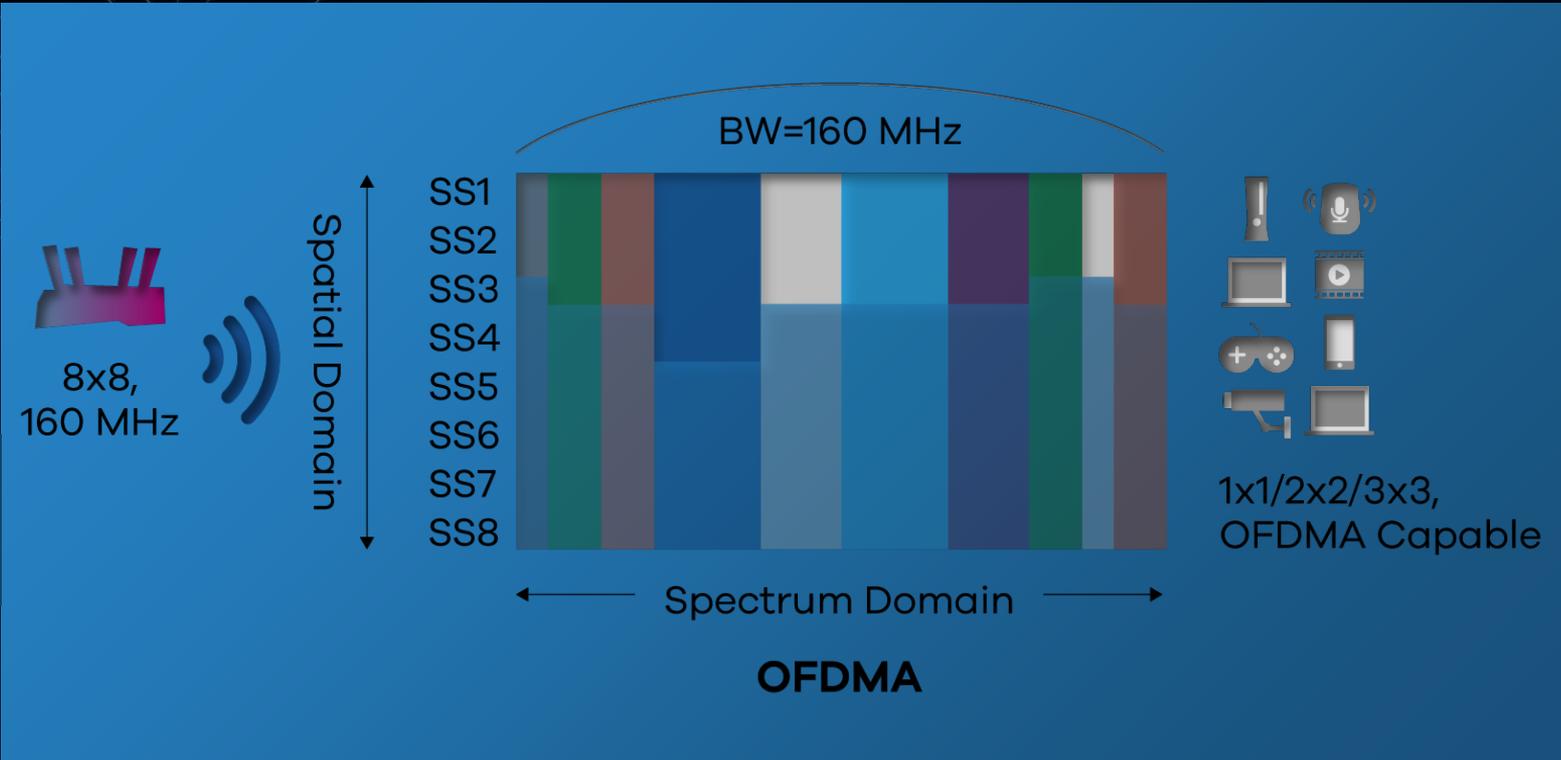
Menos BW durante más tiempo → Más inmunidad

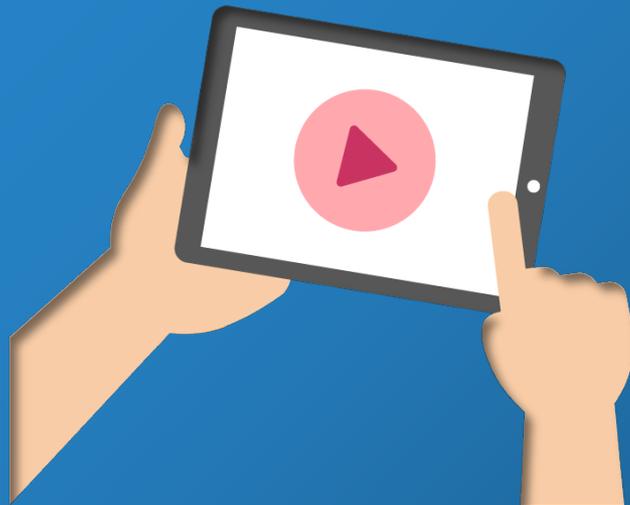


WIFI5 vs.
WIFI6

MIMO + OFDMA

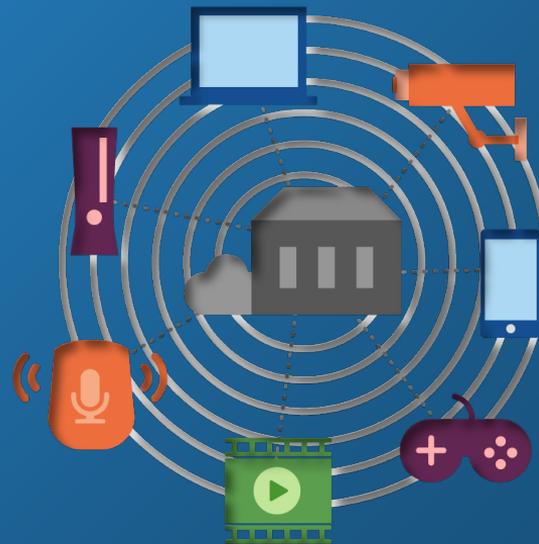
Múltiple acceso en el espacio y el espectro





MU-MIMO

Aplicaciones de alta velocidad



OFDMA

Aplicaciones de baja velocidad o mixtas

REPASO DE WIFI

◆ Infraestructura

- La estación se comunica con otras redes (LAN, Internet...) mediante un AP.
- Es la modalidad más usada.
- Múltiples APs pueden compartir el SSID → En ese caso el cliente se conecta a la red con SSID y elige el “mejor AP”.

◆ Ad Hoc

- Las estaciones se comunican directamente entre sí en modalidad peer-to-peer.

CANTIDAD DE RADIOS DE UN AP



2,4 GHz
o 5 GHz

Único

Todas las STA deben estar en
la misma banda



2,4 GHz



5 GHz

Dual

Permite cobertura completa
de dispositivos en cualquier
banda



5 GHz

5 GHz



2,4 GHz

Triple

Escenarios con conectividad
inalámbrica entre APs

PRINCIPALES ESTÁNDARES DE IEEE 802.11

Gen.	Estándar	Fecha	Banda [GHz]	Vel. (Teórica) [Mbps]	Veloc. (Real) [Mbps]	Modulación	Introduce
-	802.11	1997	2,4	2	1	DSSS FHSS	
-	802.11a	1999	5	54	22	OFDM	64 QAM
-	802.11b	1999	2,4	11	6	HR-DSSS	
-	802.11g	2003	2,4	54	22	OFDM HR-DSSS	
WiFi 4	802.11n	2009	2,4 5	600/450	350	HR-DSSS HT-OFDM	SU-MIMO (4x4) 40MHz - WPA
-	802.11ad	2012	60	6,7 Gbps			Alta velocidad
WiFi 5	802.11ac	2013 (wave 1) 2015 (wave 2)	5	3,74 Gbps (wave 1) / 6,9 Gbps (wave 2)	1300/1750	VHT-OFDM	80 & 160 MHz MU-MIMO (8x8) (Wave 2) - 256 QAM
WiFi HaLow	802.11ah	2017	0.9	347	78	OFDM	Largo alcance
WiFi 6	802.11ax	2019	2,4 5	1,15 Gbps (2,4) 9,6 Gbps (5)	6,25 Gbps / 9,6 Gbps (?)	OFDMA	1024-QAM MU-MIMO en uplink
WiFi 6e		2020	6				OFDMA

DESDE 1997
A 2022....

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11e – QOS & 802.11u – Offload

◆ 802.11e

- Calidad de servicio.
- Considera dos variantes, pero solo se implementó la más básica, que no asegura la prioridad en todos los casos.

◆ 802.11u

- Tiene como objeto permitir la conexión automática de un cliente WiFi (estación) a una red, sin intervención del usuario.
- Utilizando IEEE 802.21 (handover transparente entre distintos tipos de redes), habilita el WiFi Offload de las redes móviles.
- En ese caso, autentica usando la SIM del móvil, de modo transparente y seguro.
- En el beacon frame (“faro” con anuncios periódicos) se envían los datos del operador móvil (dato oculto al usuario).

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11ad – **Wireless Gigabit Alliance** & 802.11ah – **Wi-Fi HaLow**

◆ 802.11ad

- Utiliza la banda no licenciada de 60 GHz.
- La velocidad (teórica...) es de 6,7 Gbps.
- Incluye la extensión WiGig Display Extension, que permite la transmisión de vídeo en tiempo real (HDMI & DisplayPort).
- No ha tenido gran aceptación hasta ahora...

◆ 802.11ah

- Utiliza la banda no licenciada de **900 MHz**.
- La velocidad máxima es de **347 Mbps**.
- Pone el foco en el **ahorro** energético (compitiendo con Bluetooth), inaugurando el mismo mecanismo (TWT) que luego se usaría en .11ax.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11r – **Roaming** & 802.11k – Administración de los recursos de **radio**

◆ 802.11r

- Antes de WPA2, la conexión era más rápida (e insegura...). La seguridad aumentó el tiempo de conexión y, por ende, el tiempo sin servicio al cambiar de AP.
- Este tiempo puede no afectar sesiones de datos, pero resulta **crítico** para comunicaciones en tiempo real (VoIP, V2oIP) y muy importante para servicios de streaming.

◆ 802.11k

- Le permite a un cliente encontrar el mejor AP disponible.
- Operación:
 - El AP determina que el cliente se aleja.
 - Le informa al cliente que se prepare para conmutar a otro AP.
 - El cliente solicita una lista de los APs cercanos.
 - El AP envía un reporte del sitio.
 - Con este reporte, el cliente se conecta al mejor AP.

ENMIENDAS Y EXTENSIONES

802.11v – **Administración** del cliente & Wi-Fi CERTIFIED Voice Program

◆ 802.11v

- En condiciones normales, el AP no tiene control alguno sobre el cliente.
- .11.v permite intercambiar con los clientes información del entorno de RF y de la topología de la red

◆ **Wi-Fi CERTIFIED Voice Program**

- Programa de certificación de la WFA que define los requerimientos de calidad **corporativa** para:
 - Voz
 - Movilidad
 - Seguridad
 - Eficiencia energética.
- Utiliza los estándares .11r/k/v, aunque el .v no es imprescindible.
- Publica la lista de los dispositivos certificados.

WI-FI 6

Principales características

- ◆ Un **mismo** canal puede ser compartido entre distintas estaciones **simultáneamente**.
- ◆ Se aumenta la posibilidad de **re-uso** de una misma frecuencia en una misma área (Coloreo de BSS).
- ◆ Se mejora la **eficiencia** energética de la STA permitiéndole a las mismas “dormir” cuando no necesitan estar activas (Target WakeUp Time).
- ◆ Se aumenta la **eficiencia** de la modulación (256 QAM → 1024 QAM) → Aumenta la velocidad de transferencia.
- ◆ El acceso simultáneo con múltiples flujos (MIMO) se soporta también desde la STA al AP (uplink).

SOPORTE 802.11AX

Solamente en dispositivos muy recientes

- **ASUS RT-AX88U:**
"WiFi 6 (802.11ax) (2.4GHz) : up to 1148 Mbps - (5GHz) : up to 4804 Mbps"
- **Lenovo Yoga C940:** "Hasta 2X2 AX / Y hasta Wifi 6 (opcional, no disponible en todos los modelos)"
- **Iphone 11:**
802.11ax Wi Fi 6 con MIMO 2x2
- **Samsung Galaxy S10:**
Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac/ax (2.4/5GHz), VHT80 MU-MIMO, 1024QAM - **Up to 1.2Gbps** Download / Up to 1.2Gbps Upload



NO TODO SE
CUMPLE...

La primera adición de banda en 2 décadas

- En WiFi 6e se incorpora la banda de 6 GHz.
- No es una modificación del standard en sí.
- Es la adición de espectro no licenciando por parte de las autoridades regulatorias (FCC, ENACOM, etc...)

WIFI 6E

Incremento del ancho de banda disponible

Unlicensed Spectrum and Channel Allocations



2.4 GHz Channels **80 MHz**

ISM Band 2407 + 5 X Ch. Number Wavelength 12.5cm - 4.9" to 12.0cm - 4.7"

Channel	f	k	11
Center Freq	2.412	2.424	2.436

5 GHz Channels **500 MHz**

Frequency 5000 + 5 X Ch. Number Wavelength 5.8cm - 2.3" to 5.1cm - 2.0"

Radio Band	DFS Channels												TDWR				U-NII-3			
	U-NII-1				U-NII-2a				U-NII-2c (Extended)				U-NII-3							
Center Freq	5.180	5.200	5.220	5.240	5.300	5.320	5.340	5.360	5.420	5.440	5.460	5.480	5.540	5.560	5.580	5.600	5.700	5.720	5.740	5.760
20 MHz	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112
40 MHz	38	46	54	62	102	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160
80 MHz	42	58	106	114	122	138	142	155	159	165	171	177	183	189	195	201	207	213	219	225
160 MHz	50	114	122	138	142	155	159	165	171	177	183	189	195	201	207	213	219	225	231	237

6 GHz Channels **1,200 MHz**

FCC - USA 5950 + 5 X Ch. Number Wavelength 5.1cm - 2.0" to 4.2cm - 1.6"

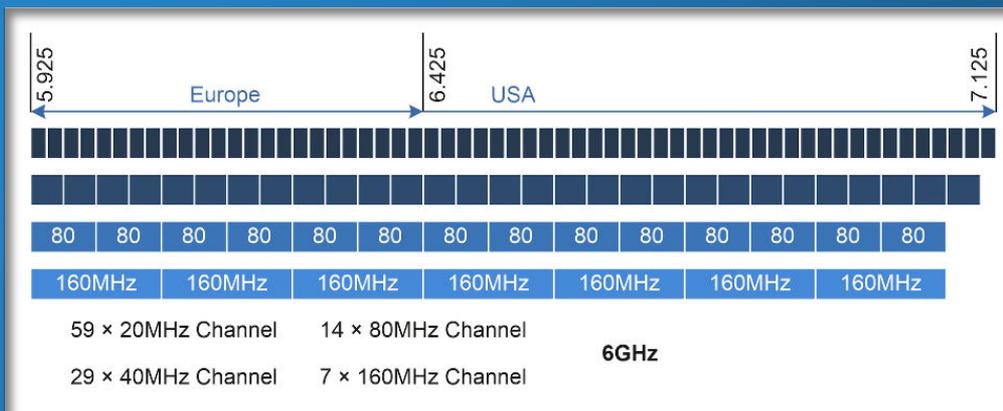
Low Power Indoor 5dBm/MHz - Net EIRP 18dBm

Radio Band	U-NII-5												U-NII-6												U-NII-7												U-NII-8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Center Freq	5.905	5.925	5.945	5.965	5.985	6.005	6.025	6.045	6.065	6.085	6.105	6.125	6.145	6.165	6.185	6.205	6.225	6.245	6.265	6.285	6.305	6.325	6.345	6.365	6.385	6.405	6.425	6.445	6.465	6.485	6.505	6.525	6.545	6.565	6.585	6.605	6.625	6.645	6.665	6.685	6.705	6.725	6.745	6.765	6.785	6.805	6.825	6.845	6.865	6.885	6.905	6.925	6.945	6.965	6.985	7.005	7.025	7.045	7.065	7.085	7.105	7.125																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20 MHz	1	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205	209	213	217	221	225	229	233	237	241	245	249	253	257	261	265	269	273	277	281	285	289	293	297	301	305	309	313	317	321	325	329	333	337	341	345	349	353	357	361	365	369	373	377	381	385	389	393	397	401	405	409	413	417	421	425	429	433	437	441	445	449	453	457	461	465	469	473	477	481	485	489	493	497	501	505	509	513	517	521	525	529	533	537	541	545	549	553	557	561	565	569	573	577	581	585	589	593	597	601	605	609	613	617	621	625	629	633	637	641	645	649	653	657	661	665	669	673	677	681	685	689	693	697	701	705	709	713	717	721	725	729	733	737	741	745	749	753	757	761	765	769	773	777	781	785	789	793	797	801	805	809	813	817	821	825	829	833	837	841	845	849	853	857	861	865	869	873	877	881	885	889	893	897	901	905	909	913	917	921	925	929	933	937	941	945	949	953	957	961	965	969	973	977	981	985	989	993	997	1001	1005	1009	1013	1017	1021	1025	1029	1033	1037	1041	1045	1049	1053	1057	1061	1065	1069	1073	1077	1081	1085	1089	1093	1097	1101	1105	1109	1113	1117	1121	1125	1129	1133	1137	1141	1145	1149	1153	1157	1161	1165	1169	1173	1177	1181	1185	1189	1193	1197	1201	1205	1209	1213	1217	1221	1225	1229	1233	1237	1241	1245	1249	1253	1257	1261	1265	1269	1273	1277	1281	1285	1289	1293	1297	1301	1305	1309	1313	1317	1321	1325	1329	1333	1337	1341	1345	1349	1353	1357	1361	1365	1369	1373	1377	1381	1385	1389	1393	1397	1401	1405	1409	1413	1417	1421	1425	1429	1433	1437	1441	1445	1449	1453	1457	1461	1465	1469	1473	1477	1481	1485	1489	1493	1497	1501	1505	1509	1513	1517	1521	1525	1529	1533	1537	1541	1545	1549	1553	1557	1561	1565	1569	1573	1577	1581	1585	1589	1593	1597	1601	1605	1609	1613	1617	1621	1625	1629	1633	1637	1641	1645	1649	1653	1657	1661	1665	1669	1673	1677	1681	1685	1689	1693	1697	1701	1705	1709	1713	1717	1721	1725	1729	1733	1737	1741	1745	1749	1753	1757	1761	1765	1769	1773	1777	1781	1785	1789	1793	1797	1801	1805	1809	1813	1817	1821	1825	1829	1833	1837	1841	1845	1849	1853	1857	1861	1865	1869	1873	1877	1881	1885	1889	1893	1897	1901	1905	1909	1913	1917	1921	1925	1929	1933	1937	1941	1945	1949	1953	1957	1961	1965	1969	1973	1977	1981	1985	1989	1993	1997	2001	2005	2009	2013	2017	2021	2025	2029	2033	2037	2041	2045	2049	2053	2057	2061	2065	2069	2073	2077	2081	2085	2089	2093	2097	2101	2105	2109	2113	2117	2121	2125	2129	2133	2137	2141	2145	2149	2153	2157	2161	2165	2169	2173	2177	2181	2185	2189	2193	2197	2201	2205	2209	2213	2217	2221	2225	2229	2233	2237	2241	2245	2249	2253	2257	2261	2265	2269	2273	2277	2281	2285	2289	2293	2297	2301	2305	2309	2313	2317	2321	2325	2329	2333	2337	2341	2345	2349	2353	2357	2361	2365	2369	2373	2377	2381	2385	2389	2393	2397	2401	2405	2409	2413	2417	2421	2425	2429	2433	2437	2441	2445	2449	2453	2457	2461	2465	2469	2473	2477	2481	2485	2489	2493	2497	2501	2505	2509	2513	2517	2521	2525	2529	2533	2537	2541	2545	2549	2553	2557	2561	2565	2569	2573	2577	2581	2585	2589	2593	2597	2601	2605	2609	2613	2617	2621	2625	2629	2633	2637	2641	2645	2649	2653	2657	2661	2665	2669	2673	2677	2681	2685	2689	2693	2697	2701	2705	2709	2713	2717	2721	2725	2729	2733	2737	2741	2745	2749	2753	2757	2761	2765	2769	2773	2777	2781	2785	2789	2793	2797	2801	2805	2809	2813	2817	2821	2825	2829	2833	2837	2841	2845	2849	2853	2857	2861	2865	2869	2873	2877	2881	2885	2889	2893	2897	2901	2905	2909	2913	2917	2921	2925	2929	2933	2937	2941	2945	2949	2953	2957	2961	2965	2969	2973	2977	2981	2985	2989	2993	2997	3001	3005	3009	3013	3017	3021	3025	3029	3033	3037	3041	3045	3049	3053	3057	3061	3065	3069	3073	3077	3081	3085	3089	3093	3097	3101	3105	3109	3113	3117	3121	3125	3129	3133	3137	3141	3145	3149	3153	3157	3161	3165	3169	3173	3177	3181	3185	3189	3193	3197	3201	3205	3209	3213	3217	3221	3225	3229	3233	3237	3241	3245	3249	3253	3257	3261	3265	3269	3273	3277	3281	3285	3289	3293	3297	3301	3305	3309	3313	3317	3321	3325	3329	3333	3337	3341	3345	3349	3353	3357	3361	3365	3369	3373	3377	3381	3385	3389	3393	3397	3401	3405	3409	3413	3417	3421	3425	3429	3433	3437	3441	3445	3449	3453	3457	3461	3465	3469	3473	3477	3481	3485	3489	3493	3497	3501	3505	3509	3513	3517	3521	3525	3529	3533	3537	3541	3545	3549	3553	3557	3561	3565	3569	3573	3577	3581	3585	3589	3593	3597	3601	3605	3609	3613	3617	3621	3625	3629	3633	3637	3641	3645	3649	3653	3657	3661	3665	3669	3673	3677	3681	3685	3689	3693	3697	3701	3705	3709	3713	3717	3721	3725	3729	3733	3737	3741	3745	3749	3753	3757	3761	3765	3769	3773	3777	3781	3785	3789	3793	3797	3801	3805	3809	3813	3817	3821	3825	3829	3833	3837	3841	3845	3849	3853	3857	3861	3865	3869	3873	3877	3881	3885	3889	3893	3897	3901	3905	3909	3913	3917	3921	3925	3929	3933	3937	3941	3945	3949	3953	3957	3961	3965	3969	3973	3977	3981	3985	3989	3993	3997	4001	4005	4009	4013	4017	4021	4025	4029	4033	4037	4041	4045	4049	4053	4057	4061	4065	4069	4073	4077	4081	4085	4089	4093	4097	4101	4105	4109	4113	4117	4121	4125	4129	4133	4137	4141	4145	4149	4153	4157	4161	4165	4169	4173	4177	4181	4185	4189	4193	4197	4201	4205	4209	4213	4217	4221	4225	4229	4233	4237	4241	4245	4249	4253	4257	4261	4265	4269	4273	4277	4281	4285	4289	4293	4297	4301	4305	4309	4313	4317	4321	4325	4329	4333	4337	4341	4345	4349	4353	4357	4361	4365	4369	4373	4377	4381	4385	4389	4393	4397	4401	4405	4409	4413	4417	4421	4425	4429	4433	4437	4441	4445	4449	4453	4457	4461	4465	4469	4473	4477	4481	4485	

WIFI 6E

Asignación de canales dependiendo de la región

Canales en la banda de 6 GHz



Asignación de banda **no licenciada de 6GHz** en Argentina

Top 5 de hoy | Argentina | Espectro

jueves 05 de agosto de 2021

Enacom reevalúa su primera propuesta sobre WiFi 6 y ahora analiza atribuir 1.200 MHz

En diciembre de 2020 se sometió a consulta pública la atribución de 5.925-6.425 MHz para WiFi 6, es decir, **solo 500 Mhz** (Resolución 102/2020). Sin embargo, frente a la inclinación de **varios países de la región por la atribución de 1.200 MHz** (Perú, Chile, Colombia, Brasil, Costa Rica), el regulador analiza como parte de su trabajo en un futuro plan de espectro alinearse con la tendencia en América latina.

El coordinador de Asuntos Técnicos de Enacom, Sergio D'Uva, explicó a **Convergencialatina** que inicialmente se planteó liberar 500 MHz y aguardar a la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2023 (CMR-23) de la UIT para decidir sobre los restantes 700 MHz en la banda de 6 GHz.

"Ante los avances en otros países, estamos evaluando la decisión. Nos tomó por sorpresa la definición de Perú", admitió. A fin de abril, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del país andino modificó el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, habilitando TV White Spaces (TVWS), HAPS, la identificación de 1.200 MHz para WiFi 6 y 1.200 MHz para un próximo concurso en 26 GHz, y la operación en Banda E (71 - 76 y 81 - 86 GHz), entre otros cambios.

En relación a la consulta pública sobre reglamentación de WiFi 6, lanzada por la Secretaría de Innovación Pública y finalizada en febrero con 29 respuestas, aún está pendiente la difusión del informe sobre los comentarios recibidos.

Fuente: Convergencialatina | Artículo original

UL

Estar

NAP

Hi

so

en

Estar

NA

po

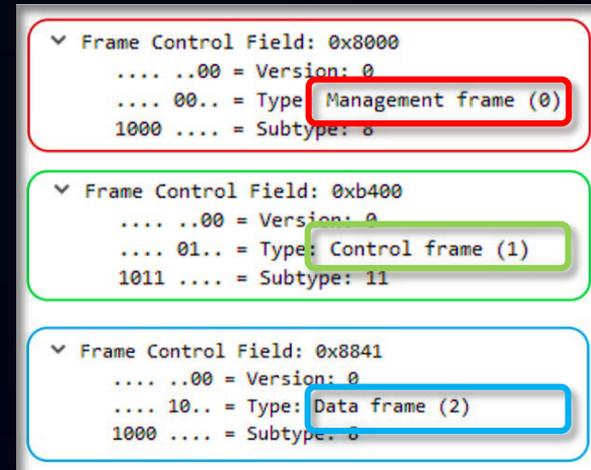
ado

Per

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Tipos de tramas

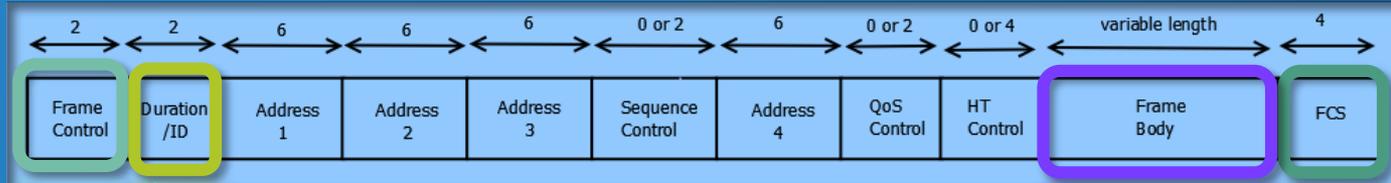
- *Medium Access Control (MAC)* → Capa 2.
- Tres tipos de trama:
 - **Management**: Sirven para establecer y mantener la **conexión** entre una estación y un AP.
 - **Control**: Controla el medio (RTS/CTS), ACKs, etc...
 - **Data**: Transportan los datos de usuario en sí. El encabezado (subtipo) especifica si la trama transporta o no **datos**:
 - 0: lleva datos de usuario
 - >0: tramas nulas (ej: Administración de energía) y QoS



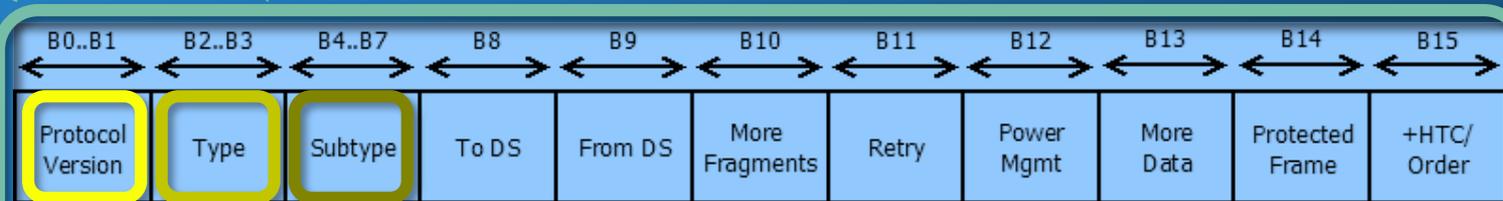
CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Tipos de tramas

Trama MAC en 802.11



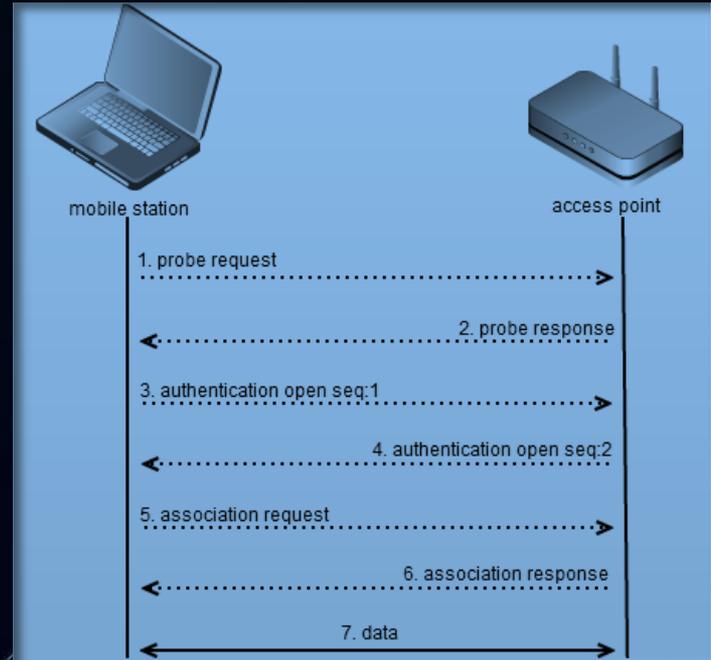
Frame control



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Proceso de conexión

- ◆ 1 - Descubrimiento
 - **Pasivo:** El AP emite una trama Beacon con sus datos
 - **Activo:** La estación transmite un "Probe request frame" y El AP manda entonces un Probe-response
- ◆ 2 - Autenticación
 - La STA pide autenticarse y el AP le da un OK.
 - Busca al "mejor" (nivel de señal, parámetros de calidad, etc...)
- ◆ 3 - Asociación:
 - La respuesta podría no ser exitosa
- ◆ 4 - Luego de esto, STA y AP están conectados (*Connected State*).
- ◆ A pesar de esto, la STA seguirá buscando mejores APs.



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

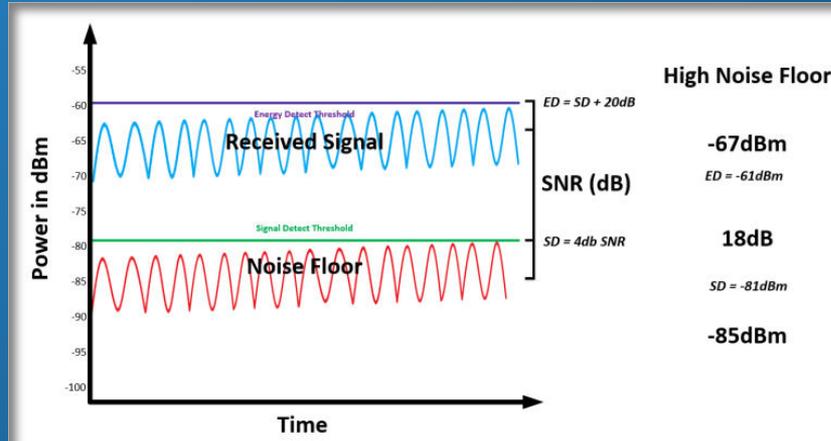
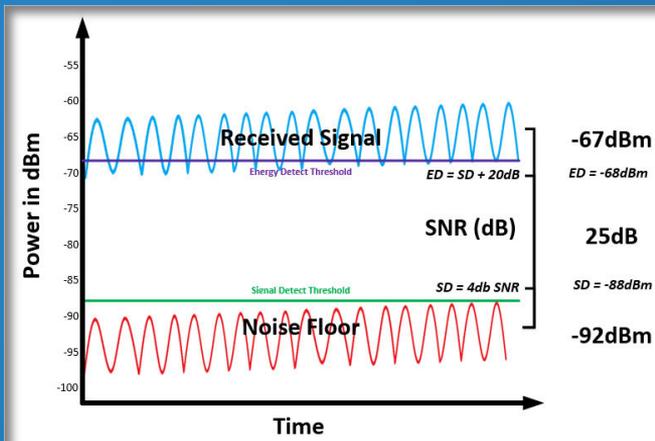
Distributed Coordination Function (**DCF**)

- ◆ Al usar una única frecuencia para enviar y recibir datos, WiFi duplexa usando **TDD** (Half-duplex).
- ◆ No hay un mecanismo de verificación de error físico como en una red Ethernet (*Collision Detection*).
- ◆ Cada vez que un dispositivo WiFi transmite información, lo siguiente que tiene que pasar es recibir un "reconocimiento" (ACK).
- ◆ Se requiere entonces un mecanismo que **coordine** esa duplexación.
- ◆ **DCF** (*Distributed coordination function*): Especifica que una STA solo puede transmitir cuando el **canal está libre**.
- ◆ Define cuatro componentes para "asegurar" que los dispositivos compartan el medio de manera "equitativa":
 - Detección **física** de la portadora.
 - Detección **virtual** de la portadora.
 - Interframe Spaces (**IFS**).
 - **Random** Back-off timers.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Detección física de la portadora

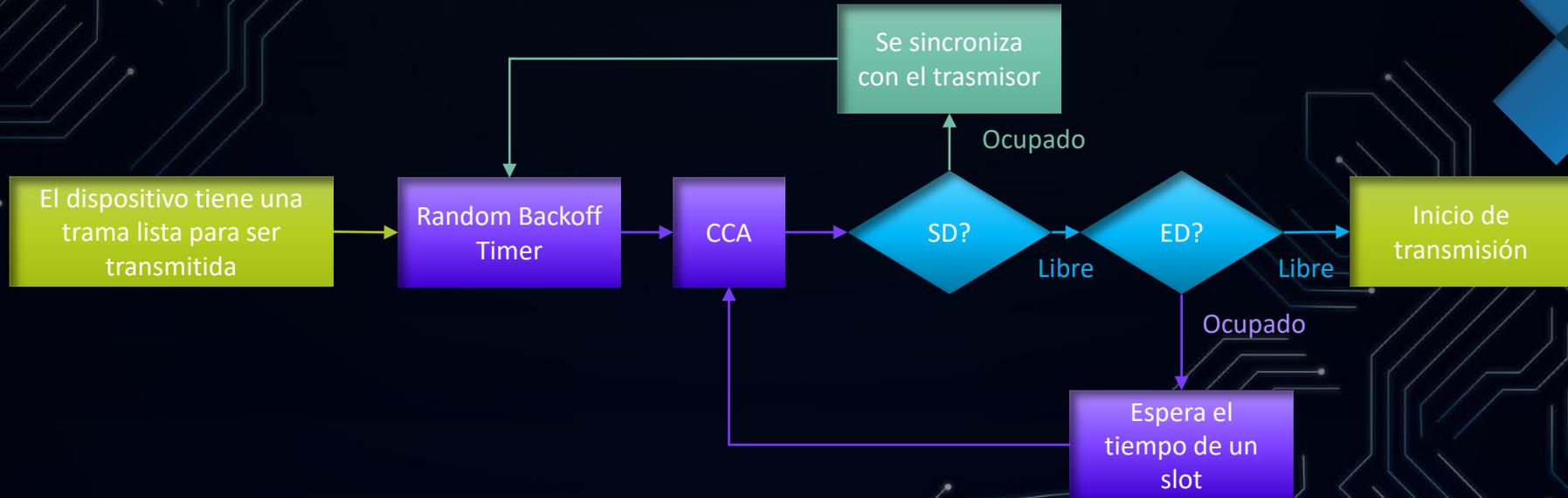
Detección de interferencias en escenarios ruidosos



ALTO PISO DE
RUIDO

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

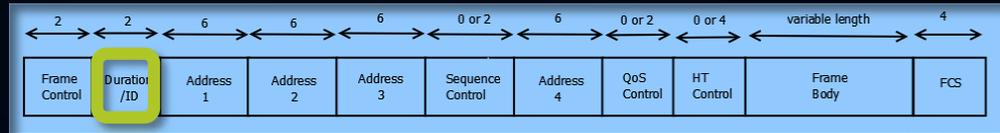
Versión simplificada del CCA



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Detección **virtual** de la portadora

- ◆ Cada vez que se realiza una transmisión, se incluye en la trama un valor de duración:



- ◆ No es solamente el tiempo de la trama de datos en sí, sino el total del proceso, incluyendo el ACK del envío.
- ◆ Al sincronizarse con la trama que se "escucha" y leerse el valor de duración, se setea un timer: Network Allocation Vector (**NAV**).
- ◆ No se intentará acceder al medio hasta que expire el NAV.
- ◆ Las tramas de ACK y Beacon setean la duración =0, indicando que, luego de su cierre, el medio queda disponible para ser accedido.

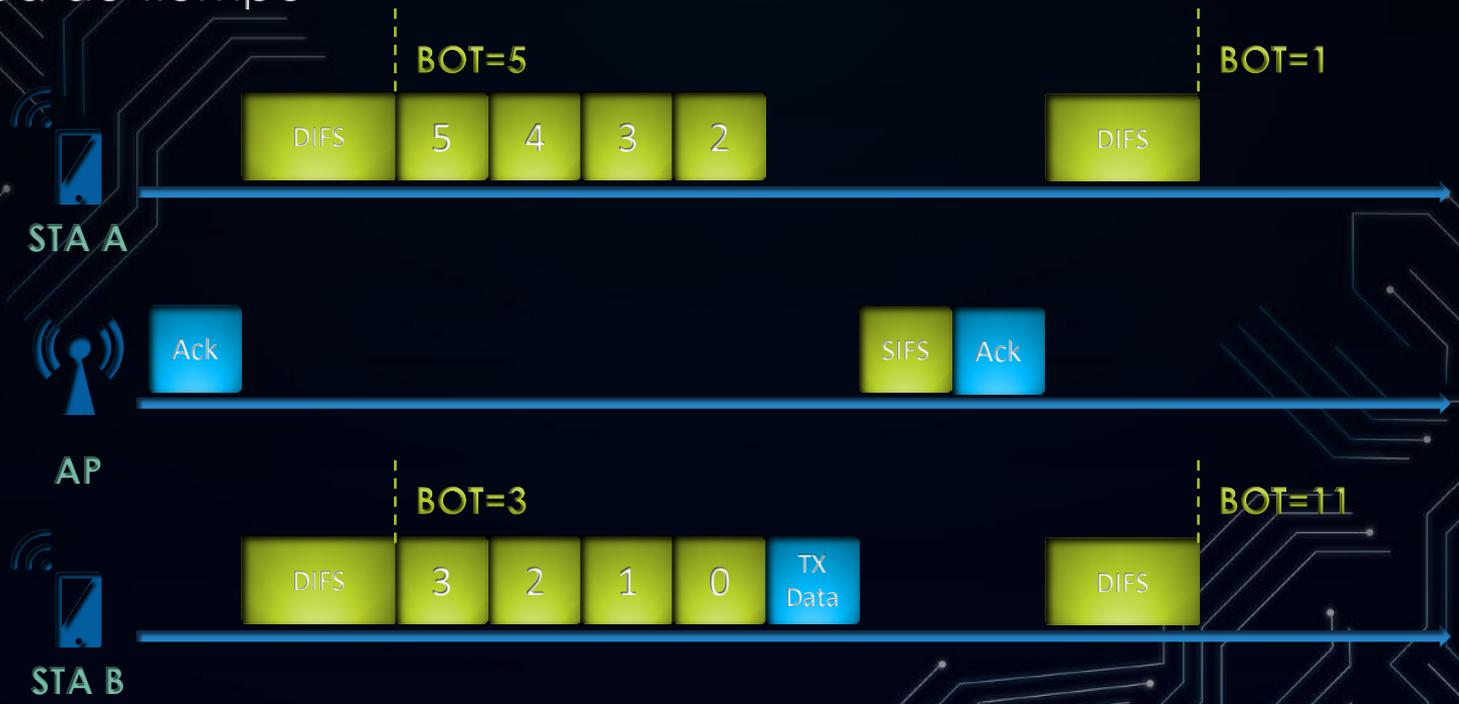
CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Espacio entre tramas (IFS)

- ◆ Se denomina así al "tiempo de aire muerto" que transcurre entre transmisión y transmisión.
- ◆ Se necesitan para evitar que los dispositivos se interfieran entre sí y priorizar ciertas transmisiones.
 - **SIFS** (*Short IFS*): Cuando un terminal sabe que es su momento de transmitir.
 - **DIFS** (*DCF IFS*): Cuando un terminal quiere transmitir pero no sabe si es su turno.
 - **DIFS = SIFS + 2 * Tiempo_del_Slot**
 - *SIFS* = entre **10** y **16 μseg** dependiendo del standard y de la banda.
 - *Tiempo_del_Slot* = entre **9** y **20 μseg** dependiendo del standard y de la banda.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Línea de tiempo



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Línea de tiempo



CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

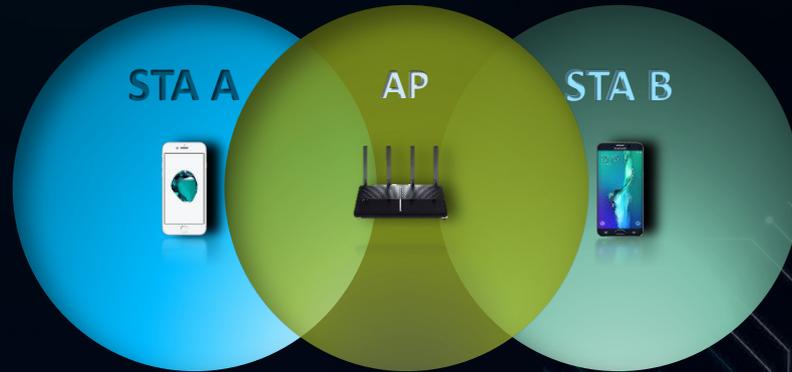
Contention Window



PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS OCULTOS

Factores que la causan

- Ocurre cuando una estación es vista desde el AP pero no desde las otras estaciones.
- Puede ser causado por distintos motivos
 - Distancia
 - Obstrucciones
 - Patrones de irradiación de las antenas.
- Se puede dar con facilidad en escenarios outdoor utilizando antenas direccionales.

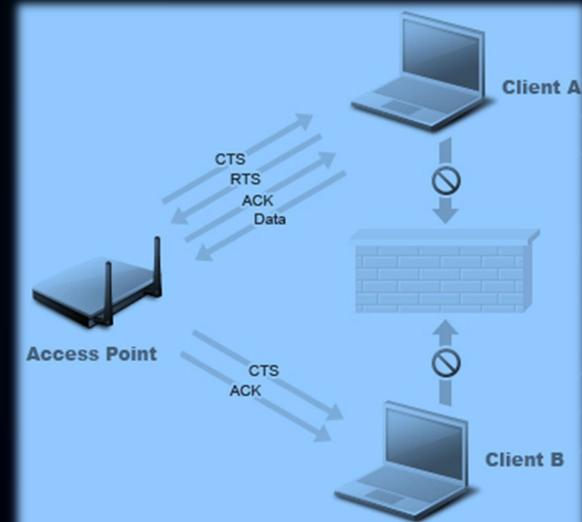


STA A NO VE
A STA B

PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS OCULTOS

Mitigar los nodos ocultos

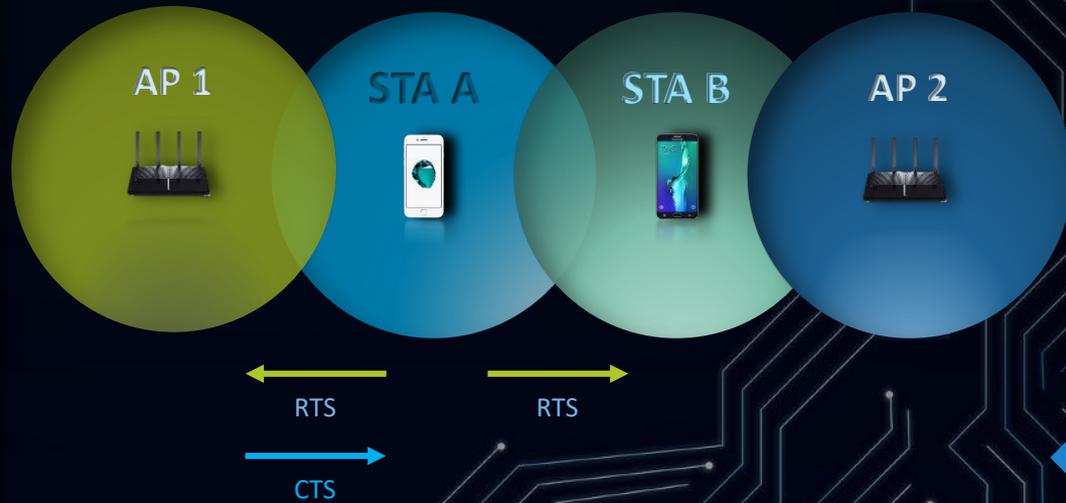
- En el caso de nodos fijos (Outdoor):
 - Usar antenas sectoriales u omnidireccionales.
 - Incrementar la potencia de las STA.
 - Remover obstáculos.
 - Mover el nodo.
- Para clientes móviles, es menos controlable.
 - Si bien el uso de RTS/CTS no es obligatorio para el funcionamiento del DCF, se implementa desde la STA al AP.
 - La STA que quiere hablar “levanta la mano” con un RTS.
 - Solo la que recibió un OK mediante el CTS puede transmitir.



PROBLEMÁTICA DE LOS NODOS EXPUESTOS

Factores que la causan

- Ocurre cuando dos estaciones conectadas a distintos APs se ven entre sí, pero no así los APs.
- En este caso, se generan RBT innecesarios, ya que STA B "escuchará" los mensajes RTS de STA A a AP 1 y no le "hablará" al AP 2 considerando que el canal está ocupado.



AP 1 NO VE
A AP 2

CALIDAD DE SERVICIO

Enhanced Distributed Channel Access

- ◆ No define si se manda primero el tráfico de tiempo real (video/voz) o el de menor prioridad. Tan solo aumenta las chances de que el tráfico más crítico acceda al medio.
- ◆ Introduce el AIFS (*Arbitrary IFS*). Es un IFS variable, cuya longitud cambia en función de la categoría del tráfico. (Voz, Video, Best Effort & Background)
- ◆ Define cuatro niveles de prioridad.
- ◆ En función del nivel, cambia la cantidad de bits usados en el BOT. Por lo tanto, a menos bits, mayor probabilidad de llegar a cero antes.
 - BOT Best Effort & Background: 0-15 (4 bits).
 - BOT Video: 0-7 (3 bits).
 - BOT Voz: 0-3 (2 bits).

CALIDAD DE SERVICIO

Enhanced Distributed Channel Access

- Mapea de forma directa con la clase de servicio de Ethernet (IEEE 802.1p).

Prioridad	802.1p			802.11e	
	Priority Code Point (PCP)	Acónimo	Tipo de tráfico	Access Category (AC)	Designación
La más baja	1	BK	Background	AC_BK	Background
	2	--	Spare	AC_BK	Background
	0	BE	Best Effort	AC_BE	Best Effort
	3	EE	Excellent Effort	AC_BE	Best Effort
	4	CL	Controlled Load	AC_VI	Video
	5	VI	Video	AC_VI	Video
	6	VO	Voice	AC_VO	Voice
La más alta	7	NC	Network Control	AC_VO	Voice

802.1P
A 802.11E

CALIDAD DE SERVICIO

Híbrido Coordinated Channel Access

- ◆ El AP dirige a los demás, usando un *Controlled Access Phase (CAP)*.
- ◆ Una STA puede solicitar parámetros de transmisión específicos (jitter, data rate, etc...).
- ◆ Fue propuesto en el estándar, pero **no se implementó** en sistemas reales.
- ◆ Incluso, si bien HCCA es parte del estándar, no es obligatorio su soporte.

CALIDAD DE SERVICIO

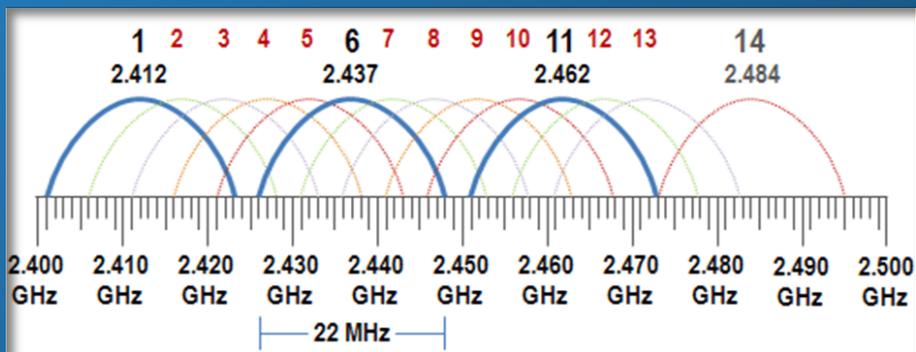
WMM (Wireless MultiMedia)

- ◆ Es un subset de la 802.11e definido por la WFA.
- ◆ Solo especifica como obligatorios algunas de las funcionalidades de 802.11e.
- ◆ Los APs pueden (o no) soportarlo, siendo configurable su soporte. Algunos permiten definir además si se envían o no ACKs en este caso.

ASIGNACIÓN DE CANALES

2,4 GHz (20/22 Mhz)

Canal	Frec. [MHz]	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	x	x	—		x
2	2417	x	x	—	x	x
3	2422	x	x	x	x	x
4	2427	x	x	x	x	x
5	2432	x	x	x	x	x
6	2437	x	x	x	x	x
7	2442	x	x	x	x	x
8	2447	x	x	x	x	x
9	2452	x	x	x	x	x
10	2457	x	x	—	x	x
11	2462	x	x	—	x	x
12	2467	—	x	—	—	x
13	2472	—	x	—	—	x
14	2484	—	—	—	—	x

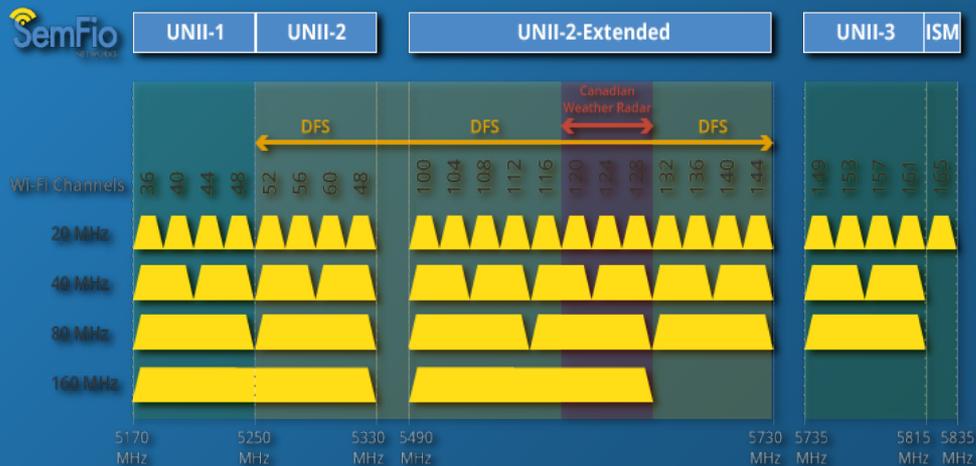


CANALES EN
2,4 GHz

ASIGNACIÓN DE CANALES

5 GHz

Canal	Frec. [MHz]	Dominios Reguladores			
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	Japón (-J)
34	5170	—	—	—	—
36	5180	x	x	x	—
38	5190	—	—	—	—
40	5200	x	x	x	—
42	5210	—	—	—	—
44	5220	x	x	x	—
46	5230	—	—	—	—
48	5240	x	x	x	—
52	5260	x	—	—	x
56	5280	x	—	—	x
60	5300	x	—	—	x
64	5320	x	—	—	x
149	5745	—	—	—	—
153	5765	—	—	—	—
157	5785	—	—	—	—
161	5805	—	—	—	—

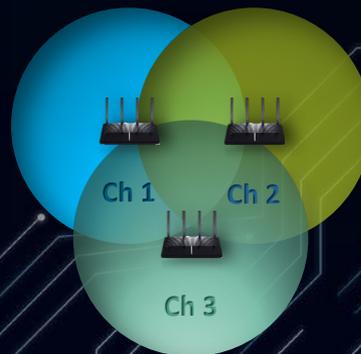


CANALES EN
5 GHz

INTERFERENCIA

Las tres causas principales

- Co-Canal
 - Cada STA y AP compite por el tiempo en el aire.
 - Se vuelve un problema a medida que aumentan los dispositivos sobre un mismo canal.
- Fuentes no WiFi
 - Aumentan el piso de ruido, por ende baja la SNR, por ende es necesario usar una modulación más robusta, por ende.... baja la transferencia.
- Canal Adyacente
 - Se vuelve un problema a medida que aumentan los APs en una misma área.



INTERFERENCIA

Canal adyacente en 2,4 GHz



CANALES EN
2,4 GHz

INTERFERENCIA

Canal adyacente en 5 GHz

233



CANALES EN 5 GHz

SELECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CANAL

234

Implementaciones

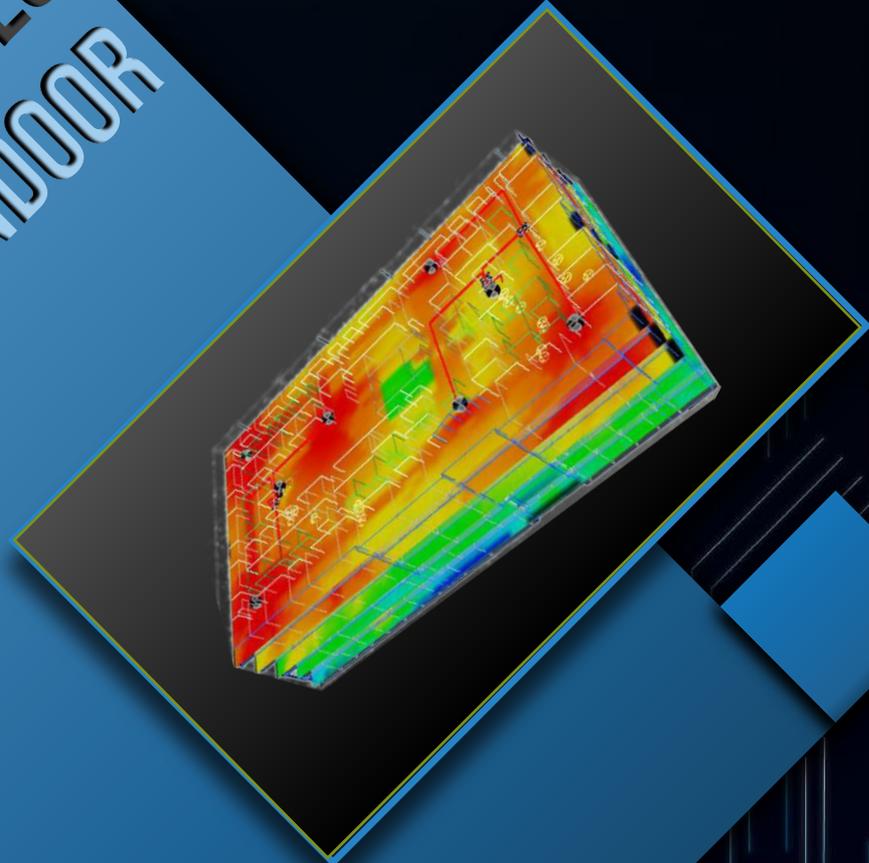
- ◆ La lógica y algoritmos para ACS (**A**utomatic **C**hannel **S**election) no forma parte del estándar del IEEE, ni es requerimiento de la WFA.
- ◆ Factores para la elección
 - Canal menos congestionado.
 - Limitar la selección a canales sin solapamiento (1, 6 & 11).
 - Nivel de ruido en cada canal (debido a interferencias externas).
 - Preferir los canales centrales a los que están en el límite de la banda.
 - Escaneo solo al iniciar o periódico.
 - Tiempo de escaneo (a mayor tiempo de escaneo, mayor tiempo de encendido o indisponibilidad)
- ◆ En el caso de utilizar el controlador, este puede asignar los canales de cada AP en función de como se afecten unos a otros.
- ◆ Se puede especificar la “afinidad” (porcentual) para tomar un determinado canal.



REDES WLAN
& REDES
CELULARES
INDOOR

Clase 7

REDES WIFI & CELULARES INDOOR



ANTENAS

ANTENAS

Ganancia

- ◆ La **ganancia** de una antena se calcula en relación al radiador **isotrópico**.
- ◆ Se expresa en **dBi**, como una relación frente al mismo.
- ◆ El valor expresado por los fabricantes refiere a la ganancia máxima en **una dirección** dada, no en todas.
- ◆ La ganancia en cada dirección dependerá de cada tipo de antena y modelo en particular.

Fórmula

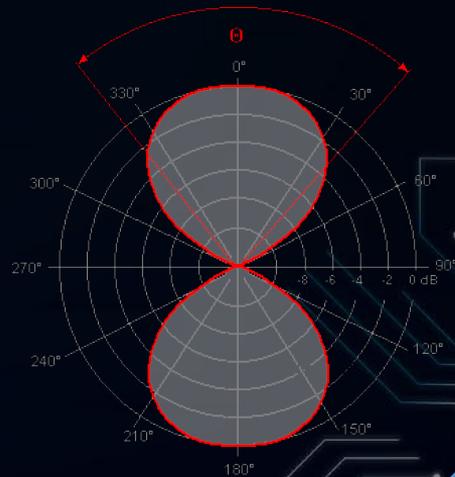


$$\text{Ganancia[dBi]} = 10 * \log \frac{P_{max}}{P_{iso}}$$

ANTENAS

Ancho del haz

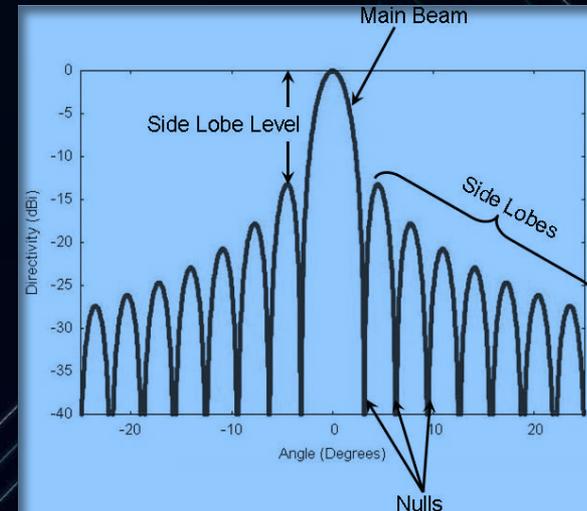
- ◆ Una antena **direccional** es aquella que emite o recibe un haz de radiación en una o más direcciones **específicas**.
- ◆ El **ancho** de este haz se define como el **ángulo** entre los puntos en los que la **potencia** emitida baja a la **mitad** (aproximadamente -3 dB).
- ◆ Esto se conoce como "Ángulo de potencia mitad".
- ◆ Un dipolo de media longitud de onda tienen un ancho del haz de 79° en un plano y 360° en el otro.



ANTENAS

Lóbulos

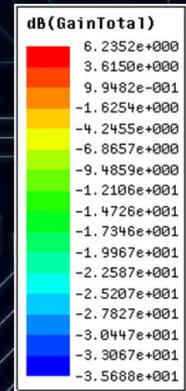
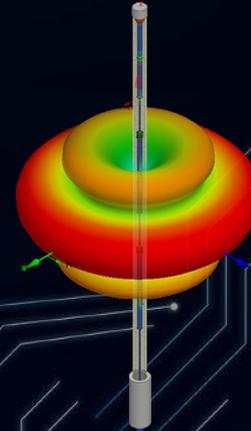
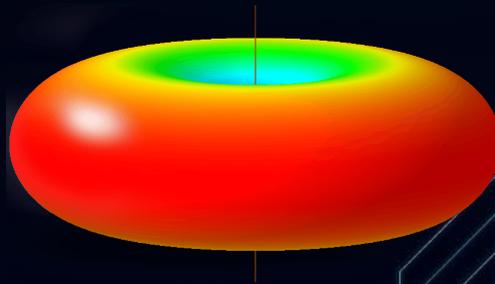
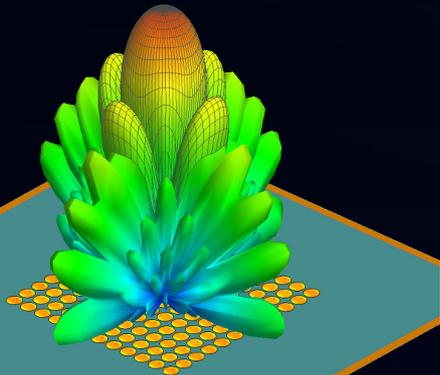
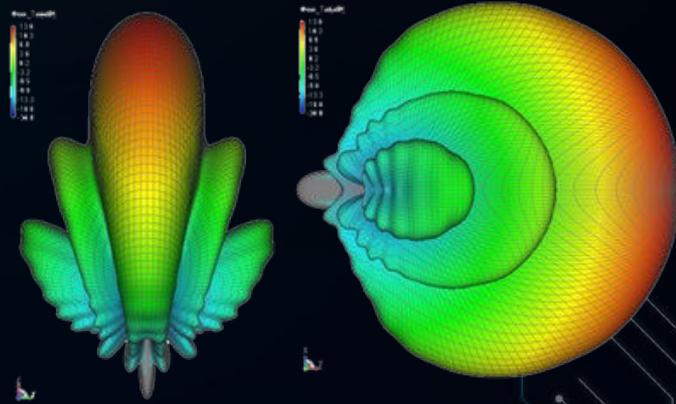
- ◆ Aunque la antena direccional ideal concentraría toda su energía en **una sola** dirección, en la práctica existen lóbulos **principales**, secundario, traseros ("espalda").
- ◆ Cada uno de estos lóbulos tiene una ganancia u ancho del haz dado.
- ◆ Cuando más reducido es el **ángulo** del lóbulo principal, mayor es la **ganancia** de la antena.
- ◆ La **relación frente-espalda**, expresa la ganancia que tiene una antena en la dirección intencional frente a la emitida en la dirección opuesta.



ANTENAS

Patrones de radiación

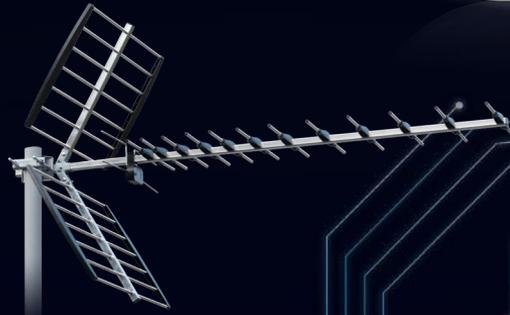
- ◆ Representan la ganancia que tiene una antena dada en cada dirección.
- ◆ Suelen ser representados en dos diagramas polares (Azimuth y Elevación o Zenith) pero también pueden representarse tridimensionalmente.



ANTENAS

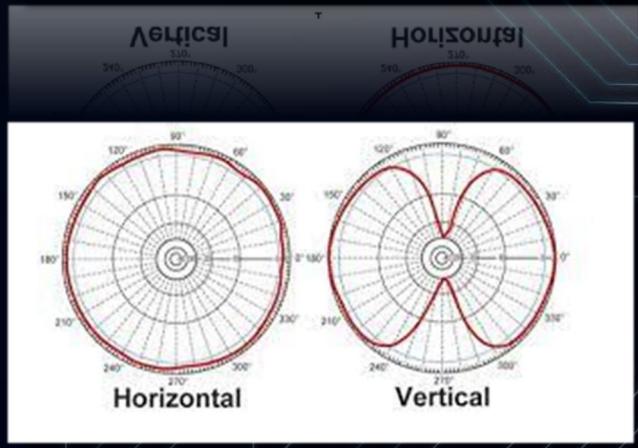
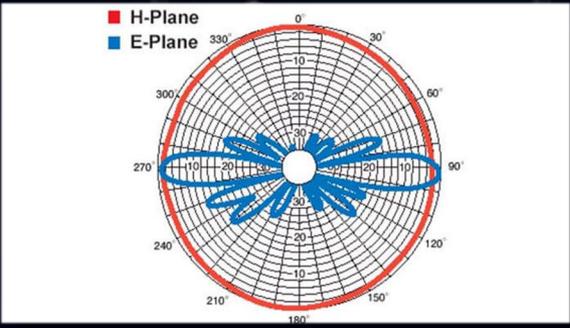
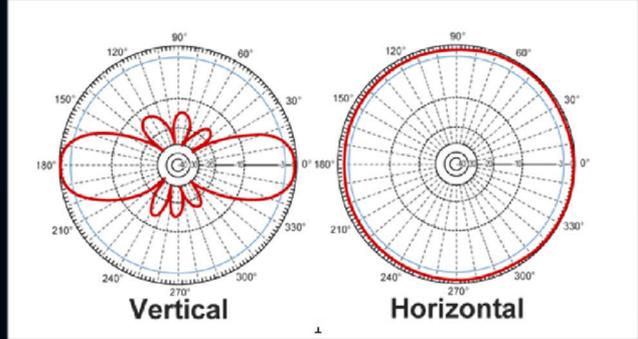
Tipos de antenas (algunos....)

- Omnidireccional
- Sectorial
- Yagi
- Parabólica
- PCB



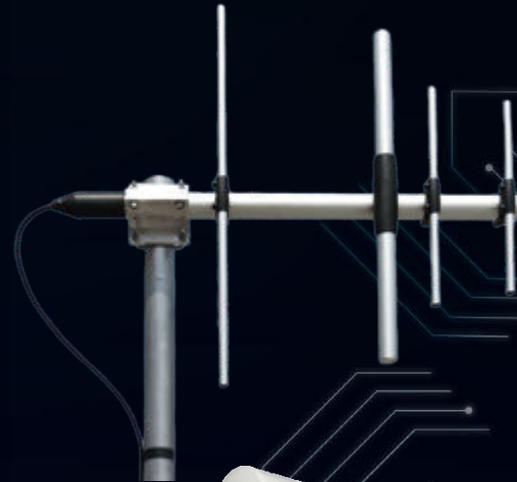
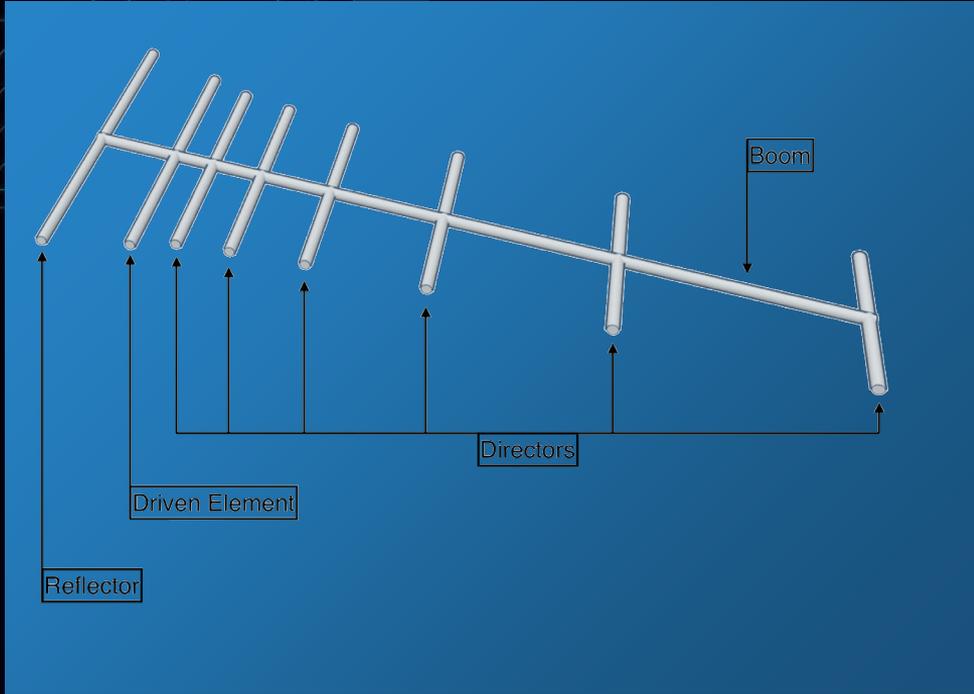
ANTENAS

Omni y "Rubber duck"



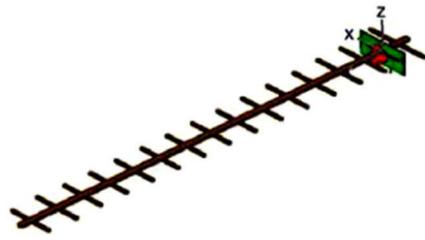
ANTENAS

Yagi UDA

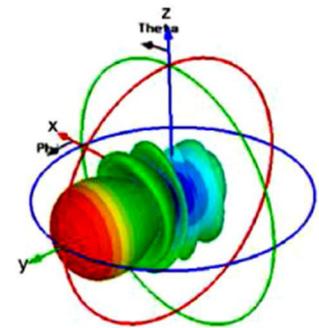


ANTENAS

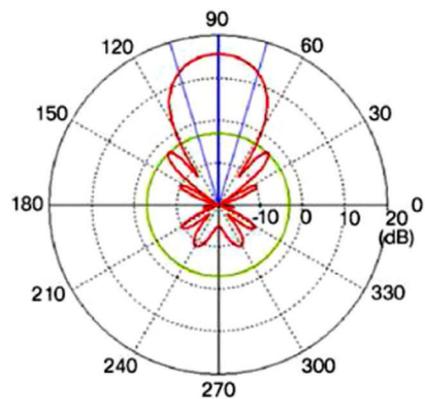
Yagi UDA



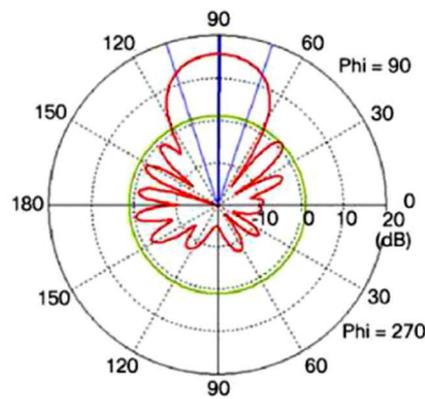
(a) Yagi Antenna Model



(b) Yagi Antenna 3D Radiation Pattern



(c) Yagi Antenna Azimuth Plane Pattern



(d) Yagi Antenna Elevation Plane Pattern

ANTENNAS

Antenas en PCB

2.4GHz/5GHz WIFI antenna

J3509D

Application Features:

1. Dual Band 2.4Ghz/5Ghz flex PCB antenna
2. Standalone Monopole Antenna without Ground Plane requirement
3. Adhesive Mount
4. Light Weighted Design
5. Omni-directional Radiation Pattern
6. High Efficiency

Electrical Specification

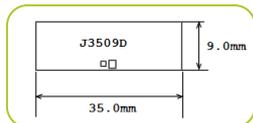
Frequency:	2.4 – 2.483 Ghz/4.8Ghz – 5.9Ghz
Nominal Impedance:	50 Ohms
Gain(typical):	1.0dBi @ 2.4GHz, 1.5dBi@5GHz
WSWR:	<1.5:1
Max Power:	40dBm
Polarization:	Horizontal
Directivity:	Omni-directional



2.4GHz/5GHz WIFI antenna

J3509D

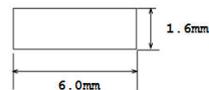
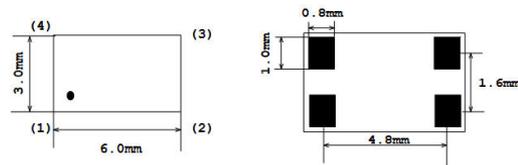
Mechanical Dimensions



2.4GHz/5GHz PCB antenna

J0605

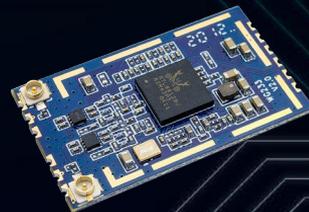
Mechanical Dimensions



PCB land pattern

Pin 1: N.C.
Pin 2: FEED
Pin 3: GND
Pin 4: N.C.

Layout Consideration:



Directional WiFi/WiMax Antenna WDB-2.3G-110



This WiFi/WiMax base station antennas is designed with stainless steel for maximum durability in outdoor environments.

It is a high gain, high sensitivity antenna with 90° Horizontal Beamwidth.

Specification

Frequency:	2300 – 2500
Nominal Impedance:	Bandwidth: 200 MHz
Gain:	50 Ohm
SWR:	11dBi
Horizontal Beamwidth (3dB):	< 1.5:1
Vertical Beamwidth (3dB):	54 degree
Polarization:	40 degree
F/B ratio:	Vertical
Max. Power:	> 15
Connector:	50 W
Lighting Protection:	N-female
	DC Ground

5GHz 12dBi Omni WiFi Antenna WDB-5.4G-120



The 5GHz 12dBi Omni WiFi antennas designed with durable UV and chemical resistant polymer and stainless steel for maximum durability in outdoor environments.

Specification

Frequency:	5470 – 5850 Mhz
Nominal Impedance:	50 Ohm
Gain:	12dBi
SWR:	< 2:1
Horizontal Beamwidth:	360 degree
Vertical Beamwidth:	7 degree
Polarization:	Vertical
Max. Power:	100 W

Mechanical Parameters

2.4GHz Dual-Polarized Panel Antenna WFB-2.4G-140



The 2.4GHz Dual-Polarized Panel Antenna antenna designed with durable UV and chemical resistant fiberglass for maximum durability in outdoor environments.

Specification

Frequency:	2400 – 2483 Mhz
Nominal Impedance:	50 Ohms
Type:	1/4 Wave
Gain:	14dBi
WSWR:	< 1.5:1
Horizontal Beamwidth:	30 degree
Vertical Beamwidth:	30 degree
Polarization:	Vertical/Horizontal

5 GHz Wlan Grid Parabolic Antenna WDB-5.4G-240 WDB-5.7G-240



This antenna is a high gain, high power and long distance and large F/B Ratio antenna. It is constructed with die-cast aluminium alloy for tough environment.

Specification

Frequency:	5470 – 5725/5725-5850 Mhz
Nominal Impedance:	50 Ohms
Gain:	24dBi
WSWR:	< 1.5:1
Horizontal Beamwidth:	12 degree
Vertical Beamwidth:	19 degree
F/B ratio:	> 20
Max Power:	100Watts
Polarization:	Vertical/Horizontal

DATA SHEET

ARUBA INDOOR/OUTDOOR MIMO ANTENNA

JW012A

AP-ANT-25A is a dual polarized antenna with nominal 90° H x 90° V beamwidths. This antenna is well suited for 2.4 and 5 GHz sector coverage for access.

FREQUENCY/MINIMUM GAIN

- 4.9-6.0 GHz/5 dBi
- 2.4-2.5 GHz/5 dBi

DIMENSIONS

- 200 mm x 200 mm x 32 mm (7.9" x 7.9" x 1.25")



VSWR

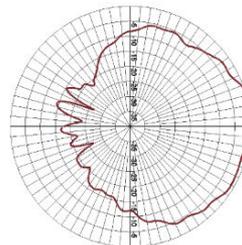
- 2:1 max

INSTALLATION HARDWARE

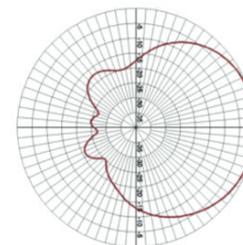
- Ships with 4 anchors

ANTENNA PATTERN PLOTS

Vertical patterns

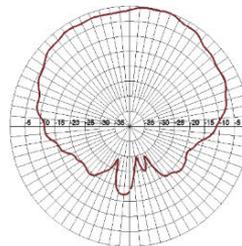


5 GHz

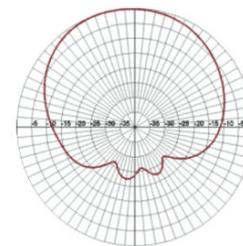


2.4 GHz

Horizontal patterns



5 GHz



2.4 GHz

ANTENAS

Especificaciones

DATA SHEET

ARUBA INDOOR/OUTDOOR MIMO ANTENNA

JW013A

AP-ANT-28 is a dual-polarized antenna with 60° H x 60° V beamwidths. This antenna is well suited for 2.4-GHz and 5-GHz sector coverage for Wi-Fi access.

FREQUENCY RANGE/PEAK GAIN

- 4.9-6.0 GHz/7.5 dBi
- 2.4-2.5 GHz/7.5 dBi

DIMENSIONS

- 197.5 mm x 197.5 mm x 34.5 mm (7.5" x 7.5" x 1.2")

VSWR

- 2:1 max

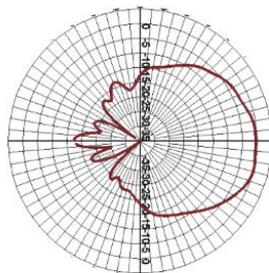
INSTALLATION HARDWARE

- Screws with wall anchors

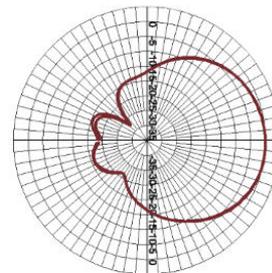


ANTENNA PATTERN PLOTS

Vertical patterns

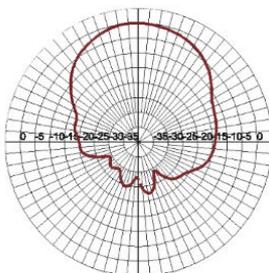


5 GHz

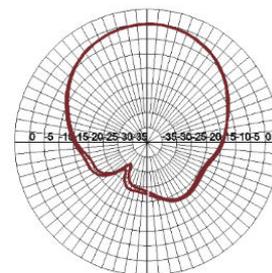


2.4 GHz

Horizontal patterns



5 GHz



2.4 GHz

ANTENAS

Especificaciones

AT-0505-DP01:

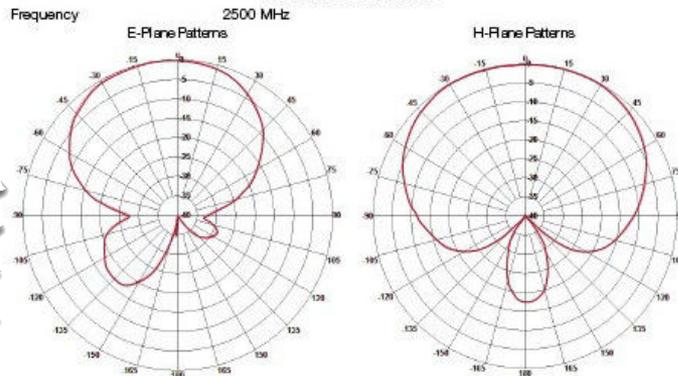


Indoor Antenna, panel, dual-band 2.4/5GHz, 5dBi, 2x2, dual-polarity RP-SMA (for 7372-E)

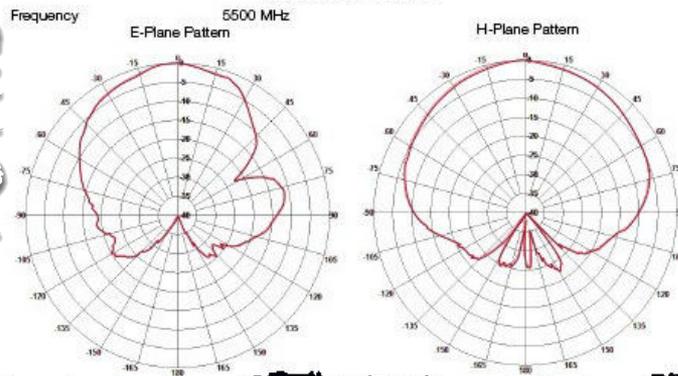
AT-0505-DP01 Specifications

Application	Mesh/Client Access
Polarization	Vertical & Horizontal
Antenna Gain	5dBi
Wi-Fi Band	2.4 GHz / 5 GHz
3dB Beamwidth H/V	120/60 degrees
Connector(s)	RP-SMA Male

Radiations Patterns



Radiations Patterns



INTRODUCCIÓN A BDA, DAS & DRS

OPCIONES PARA DESPLIEGUES IN-BUILDING

DAS, DRS & Small Cells

- ◆ Actualmente alrededor del 70%-80% del tráfico de las redes móviles se genera dentro de algún tipo de edificación.
- ◆ Al estar las macroceldas fuera (y normalmente distantes) de esas edificaciones, la atenuación por obstrucción se vuelve un problema grave.
- ◆ Las tres principales formas de resolver este problema son:
 - Distributed antenna systems (DAS)
 - Distributed radio systems (DRS)
 - Small cells

OPCIONES PARA DESPLIEGUES IN-BUILDING

DAS, DRS & Small Cells

- ◆ La elección de cada una depende de las características particulares de cada caso (no hay “una solución para todo escenario”).
- ◆ El mercado de estas tecnologías está en creciente ascenso:
 - Duplicó el volumen de 2014 a 2019.
 - La capacidad de un operador para entregar una adecuada cobertura indoor, se vuelve un factor determinante en la elección o cambio de operadores por parte de las grandes empresas.

OPCIONES PARA DESPLIEGUES IN-BUILDING

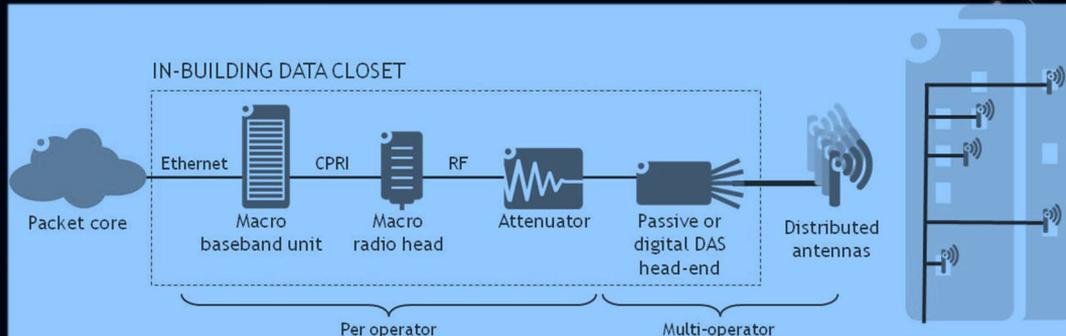
DAS, DRS & Small Cells

- ◆ La estructura básica para cada una es la misma:
 - Unidad de banda base
 - Unidad de radio
 - Antenas
- ◆ Estos bloques pueden estar centralizados, distribuidos o integrados dentro de los módulos.
- ◆ En definitiva, se trata de replicar la estructura de una red outdoor en un entorno indoor.

OPCIONES PARA DESPLIEGUES IN-BUILDING

Distributed Antenna Systems

- Estructura:
 - Banda base **centralizada**.
 - Radio **centralizado**.
 - Antenas **distribuidas** (RAUs: remote antenna units).
- La distribución dentro de la edificación se realiza mediante **cableado dedicado** que transporta RF en las bandas de emisión.

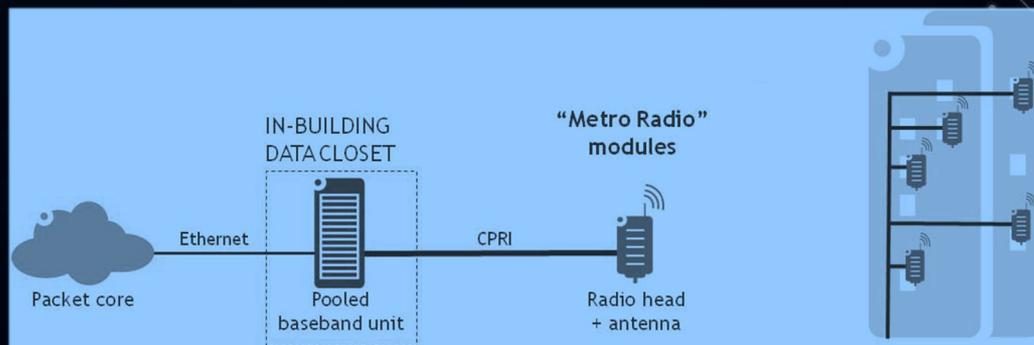


DAS

OPCIONES PARA DESPLIEGUES IN-BUILDING

Distributed Radio Systems

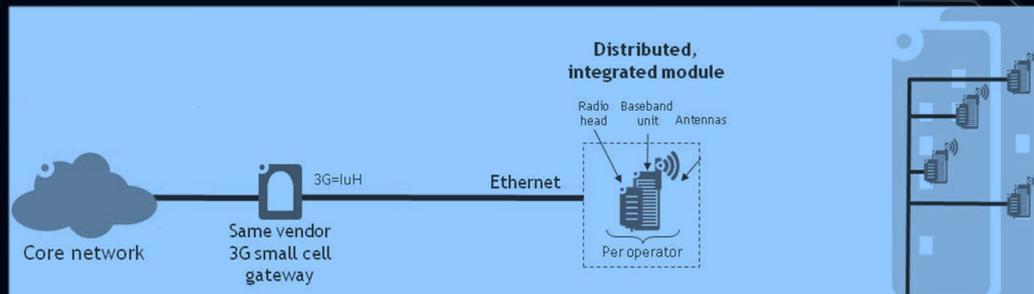
- Estructura:
 - Banda base **centralizada**.
 - Radio y antenas **integradas** en un módulo.
- La distribución dentro de la edificación se realiza usando **cableado dedicado** mediante CPRI (Common Public Radio Interface).



OPCIONES PARA DESPLIEGUES IN-BUILDING

Small Cells

- Estructura:
 - Banda base, radio y antenas **integradas** en un módulo.
- La distribución dentro de la edificación se realiza usando **cableado compartido** con una red Ethernet (UTP/Fibra).



SMALL
CELLS



Ventajas

- Es la **solución más utilizada**, dado que:
 - Soporta las **principales tecnologías** celulares.
 - Soporta la mayoría de las **bandas de frecuencias**.
 - Es neutral frente a la red: Puede soportar **múltiples operadores en un mismo sistema**.
- El **costo de los elementos distribuidos (antenas)** es bajo.
- No es imprescindible tener la banda base en sitio, la señal puede tomarse mediante una antena donora y un BDA.



Desventajas

- El principal inconveniente es el cableado:
 - Costoso
 - Dedicado
 - Instalación compleja
- Escalar resulta más complejo que en Small Cells.
- No es necesariamente tecnológicamente “a prueba del futuro” (Ej: Si más adelante se usa una banda más alta puede que sea necesario reemplazar todo el cableado).

DISTRIBUTED RADIO SYSTEMS



Ventajas

- Es una topología relativamente nueva, "a prueba de futuro".
- Es apropiada para edificaciones complejas con alta necesidad de tráfico, como estadios, estaciones de trenes, etc...
- El cableado (fibra), resulta más económico y de instalación más sencilla que en DAS.



Desventajas

- Al igual que en DAS, el cableado es dedicado.
- No es neutral frente al operador: se requiere una distribución distinta por cada uno.

SMALL CELLS

SMALL CELLS

Características

- ◆ Son nodos de acceso de **baja** potencia, con cobertura desde alrededor de 10 metros hasta unos pocos kilómetros.
- ◆ Al tener menos cobertura, permiten un **mejor uso** del espectro radioeléctrico.
- ◆ Pueden operar en bandas licenciadas como no licenciadas.
- ◆ Pueden soportar un gran número de interfaces (GSM, LTE, WiMax, WiFi).
- ◆ Actualmente, son un elemento fundamental de las redes 4G y 5G.
- ◆ Suelen incluir funcionalidades de Auto **Administración** y Auto **Organización**.



SMALL CELLS

Variantes y desventajas

- ◆ El término en sí surge en contraposición a las Macro Celdas, y es un **genérico** que comprende:
 - FemtoCells (las más desplegadas)
 - PicoCells
 - MicroCells
- ◆ Manejan menos **tráfico** que las Macro.
- ◆ Requieren un backhaul con mucha más **capilaridad** que las Macro.



SMALL CELLS

Variantes comparadas

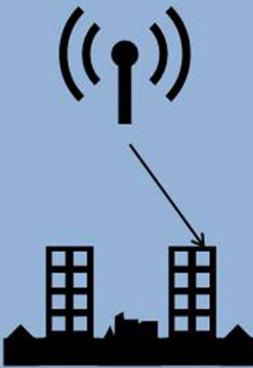
FemtoCells

Son las más usadas, y manejan unos pocos usuarios en un área reducida.



PicoCells

Pueden soportar hasta 100 usuarios simultáneos, típicamente en escenarios indoor de tamaño mediano/grande.

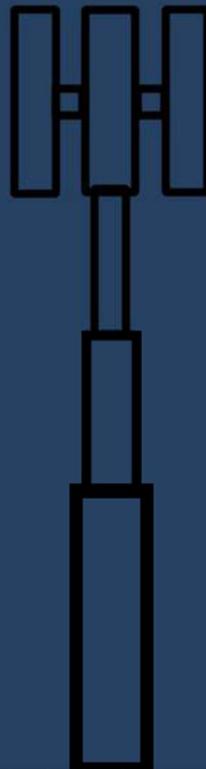


MicroCells

Muy similares a las Pico, con más cobertura y capacidad. Suelen usarse para ampliar temporalmente la capacidad de una red (Ej.: Eventos masivos).



MacroCells





Ventajas

- Alta capacidad con **bajo CAPEX & OPEX**.
- Escalan con facilidad.
- En un mismo módulo, pueden **coexistir** tecnologías celulares con WiFi.
- No requiere cableado dedicado.



Desventajas

- No es neutral frente al operador: se requiere una distribución distinta por cada uno.
- Requiere una **planificación compleja**, equivalente a las de las Macroceldas.

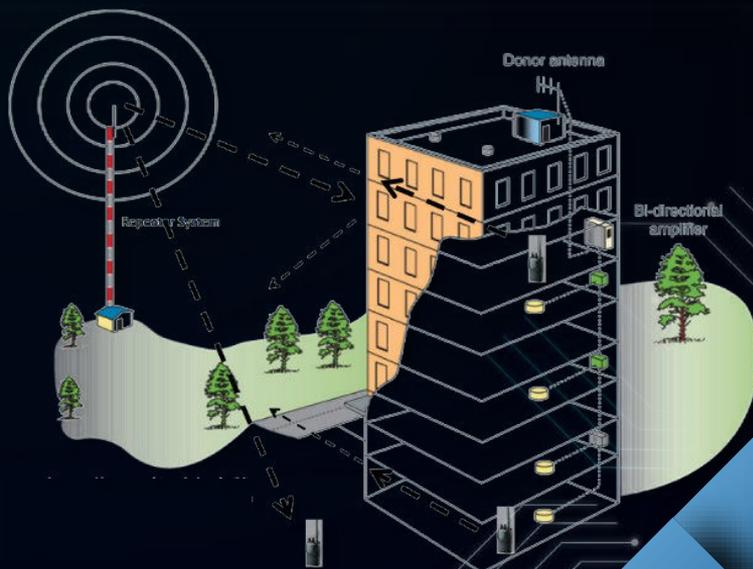
BDA

**BI-DIRECTIONAL
AMPLIFIER**

BDA - BI-DIRECTIONAL AMPLIFIER

Características

- ◆ Los BDA son, básicamente, dos amplificadores de RF que toman una señal débil y la amplifican para emitirlas nuevamente con mayor potencia.
- ◆ Son dos, ya que uno va en la bajada y otro en la subida de la señal.
- ◆ Es la forma más sencilla de retransmitir una señal.



BDA - BI-DIRECTIONAL AMPLIFIER

Características

- Pueden usarse tanto en exteriores como en interiores, pero principalmente se usan para mejorar la cobertura indoor.
- Un sistema con BDA está compuesto por:
 - Una antena donora.
 - Amplificador de señal (el BDA en sí).
 - Una antena de retransmisión o un sistema DAS.

BDA - BI-DIRECTIONAL AMPLIFIER

Antena donora

- Es una antena que toma (Rx) y envía (Tx) la señal de la red móvil.
- Si se quiere extender la cobertura de distintos operadores, será del tipo **omnidireccional** para tomar la señal de las distintas redes.
- Si se quiere extender la cobertura de un operador en particular, será del tipo **direccional** (Ej. Tipo Yagi). En este caso la ganancia, y por lo tanto la SNR, es **mejor**.

Se instala generalmente sobre los laterales o terraza. En el caso de las direccionales, apuntando a la torre desde la que se toma la señal.



ANTENA
YAGI

BDA - BI-DIRECTIONAL AMPLIFIER

Amplificador de señal

- Son amplificadores de banda con niveles de ganancia de entre 20 dB a 50 dB, incluso más en equipos más caros.
- Amplifican todo... incluso el **piso de ruido**.
- Cuanto más ganancia tenga la antena, menos necesidad de usar altos niveles de ganancia en la amplificación.
- Al amplificar señales de bandas licenciadas, “en teoría” **solo los operadores** pueden utilizarlos.



EJEMPLOS DE
BDA

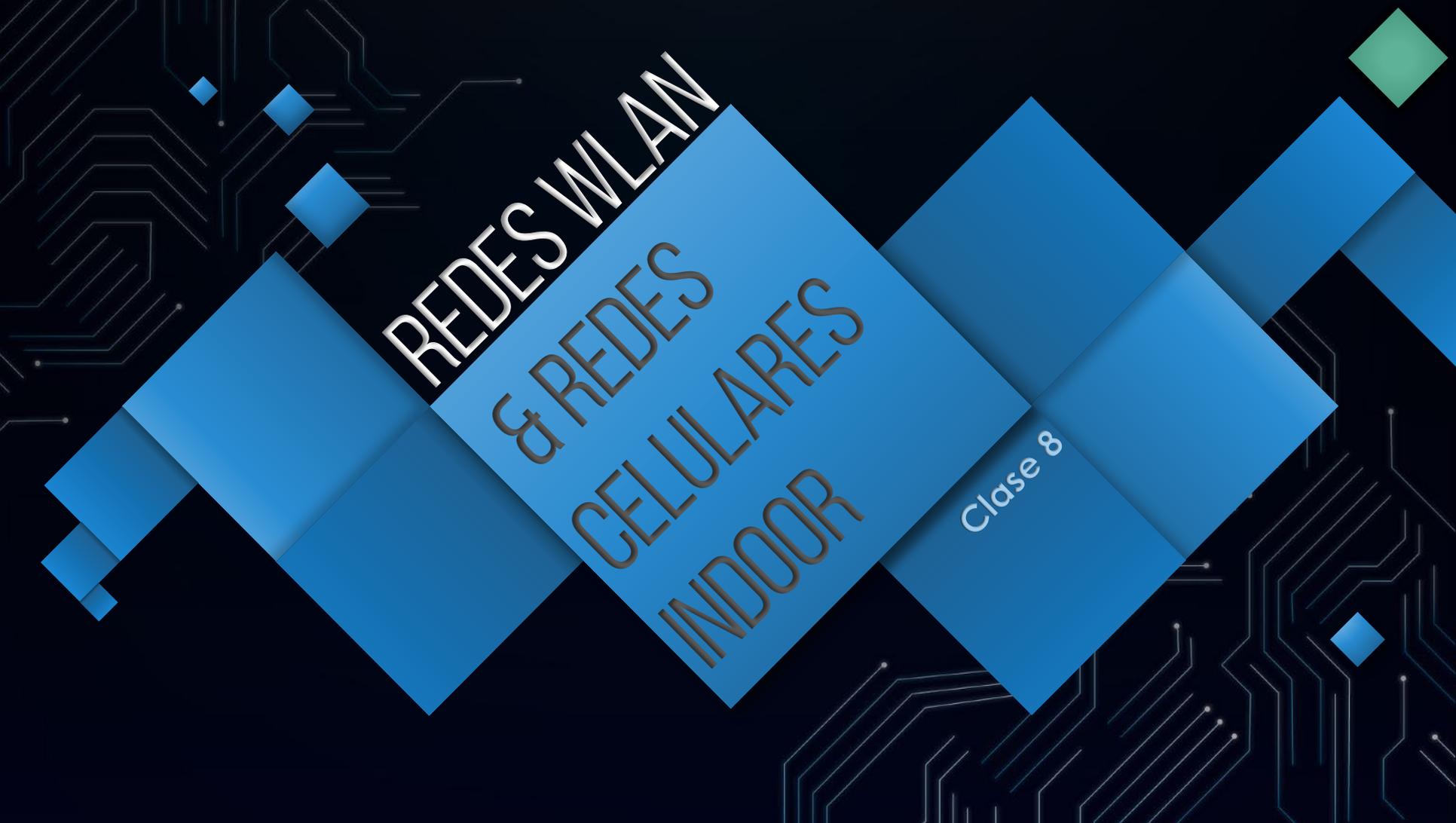
BDA - BI-DIRECTIONAL AMPLIFIER

Antena de retransmisión

- Es la antena que se encarga de enviar la señal **amplificada** por el BDA hacia los móviles y de tomar la señal emitida por estos para enviarla a la entrada del BDA.
- Puede ser una **única** antena o un sistema de antenas distribuidas (DAS).



ANTENAS
OMNI



REDES WLAN
& REDES
CELULARES
INDOOR

Clase 8

DISEÑO DE REDES INDOOR



RELEVAMIENTO & DISEÑO

DISEÑO PARA COBERTURA

277

- ◆ Inicialmente el diseño de las redes WiFi se hacía buscando la mayor cobertura posible.
- ◆ El objetivo es usar la menor cantidad posible de APs para cubrir una zona con un nivel x (ej: -65 dBm)
- ◆ Al masificarse el uso de WiFi, la cobertura resulta secundaria respecto al tráfico y cantidad de clientes.

- ◆ La capacidad es "Asegurar tener una cierta cantidad de radios (ej. APs) pueden dar servicio a un determinada cantidad de usuarios dándole un uso determinado a su conectividad".
- ◆ En la práctica es imposible realizar un diseño 100% preciso, dado que requeriría conocer con absoluta precisión la cantidad de usuarios y sus demandas en todo momento.
- ◆ Se requiere "realismo" en los datos especificados en el requerimiento, ya que, por exceso o por defecto, la capacidad requerida impacta notablemente en el costo y la eficacia de la solución.
 - **Menos** equipos que los necesarios → Cobertura **Pobre** → Servicio **Pobre**
 - **Más** equipos que los necesarios → Más uso del espectro → Servicio **Pobre**

- ◆ Si dos APs están en el mismo canal se comportan uno solo.
- ◆ Si un AP escucha al otro hablando ("*media not clear*"), no habla.
- ◆ Si bien esto mejora con el coloreo de BSS en 802.11ax, todos los APs y estaciones tendrían que soportar este estándar para sacarle provecho.
- ◆ En un modelo x densidad/capacidad, conviene que las paredes atenúen mucho la señal, para evitar la propagación indeseada a otras zonas.

DISEÑO PARA CAPACIDAD

Estimación de consumo de recursos

- Valores típicos por aplicación.

Tipo de Aplicación	Throughput
VoIP	.5 Mbps
Streaming de música	.5 Mbps
Navegación Web	1 Mbps
Impresión	1 Mbps
File Sharing	1-8 Mbps
Videollamadas	2-4 Mbps
Video Streaming HD	3-5 Mbps
Video Streaming 4K	25 Mbps

APLICACIÓN
Vs. Mbps

DISEÑO PARA CAPACIDAD

281

Tips

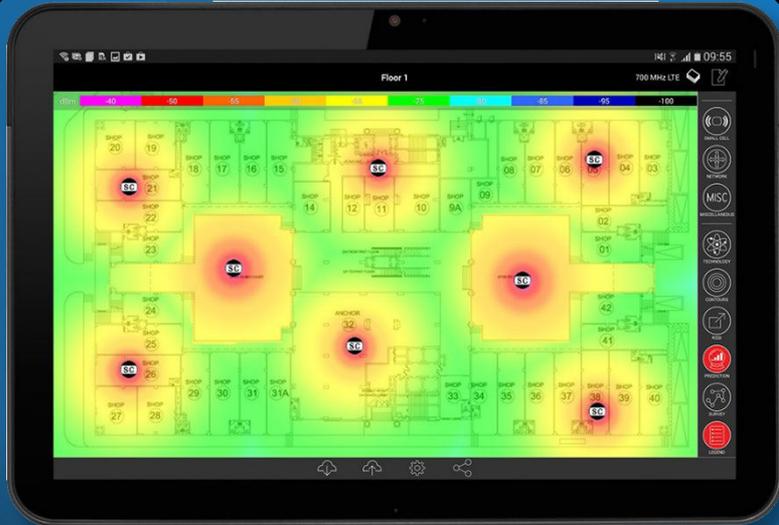
- ◆ Montar los APs sobre columnas o vigas.
- ◆ En un Auditorio
 - Poner los APs detrás de las paredes para que se estas atenúen al otro AP en el mismo canal.
 - Ponerlos a la altura de la gente (bajos) para que la propia gente atenúe la señal entre un AP y otro.
 - Usar antenas direccionales sobre el techo para acentuar el corte de cobertura de cada AP.

RELEVAMIENTO DE SITIO

- ◆ Se realiza en sitio con instrumentos de medición.
- ◆ Se suele tomar -65 dBm como nivel aceptable de señal.
- ◆ Tratar de ubicar los APs para el relevamiento en el lugar que se pretende instalar (con trípode o similar).
- ◆ Puede ser:
 - Pasivo: El cliente solo escucha el beacon.
 - Activo: Hay transferencia de datos entre AP y STA.
- ◆ Walk test: Recorrer el sitio haciendo “pinpoint”.
- ◆ Medir overlap: 10dB mínimo (para roaming).

MAPA DE CALOR

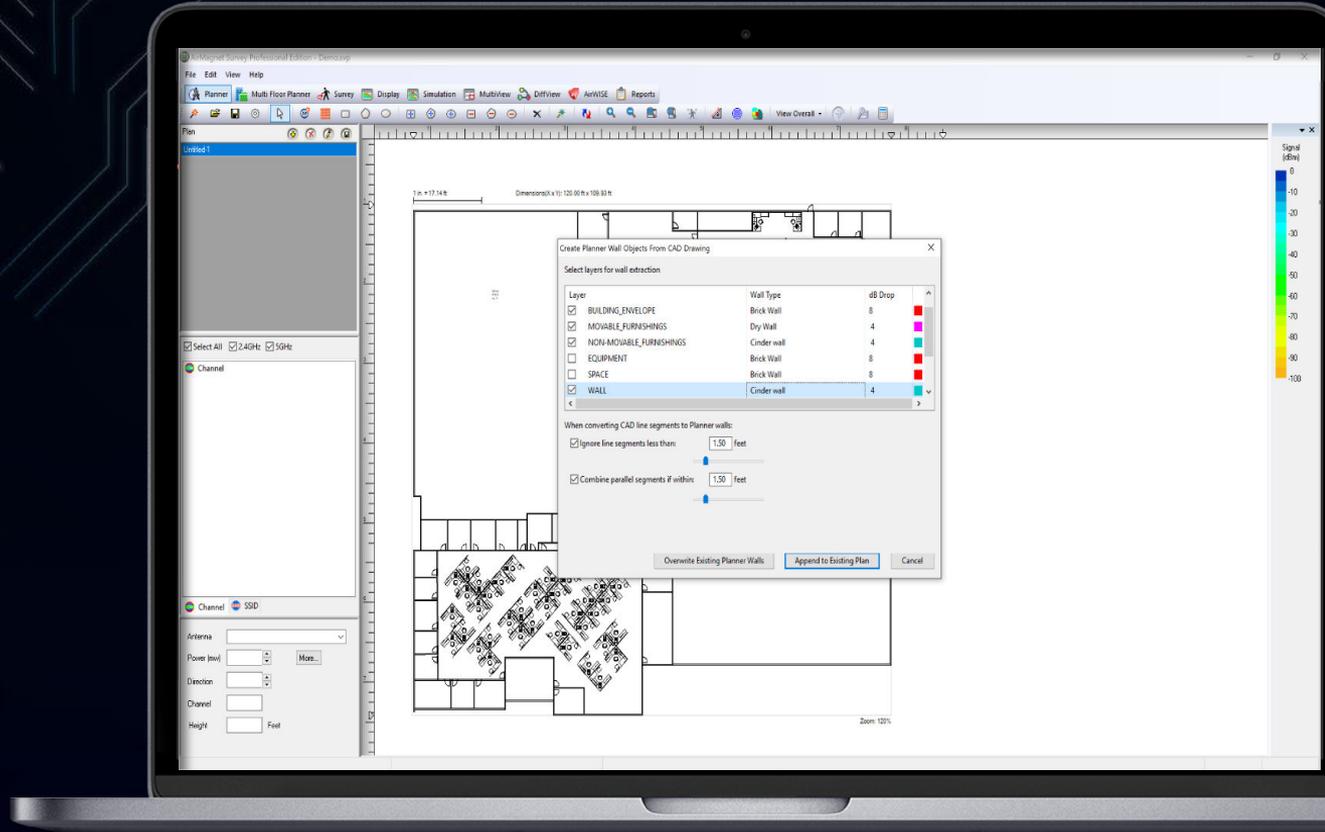
On-Site



- ◆ Se realiza sobre la información del sitio, sin que sea imprescindible realizar un relevamiento.
- ◆ Se necesita mucha información por parte del cliente (planos, paredes, etc...)
- ◆ Si los datos no son confiables...el diseño no es preciso.
- ◆ Resulta cómodo para hacerlo a distancia, pero puede que solo con una medición manual se sepa la atenuación real de una pared.
- ◆ Habitualmente un relevamiento de sitio es también necesario para la instalación mecánica.
- ◆ Es la mejor (y única...) opción en el caso de edificios en construcción.

DISEÑO PREDICTIVO

Estimando atenuaciones



DISEÑO PREDICTIVO

Estimando cobertura

The **Largest Components Database** in the industry with over **37,600** precisely modeled components for your in-building wireless and fiber network design and deployment projects.

LOGIN

Email

Password

REGISTER SIGN IN

Remember me

[Forgot password?](#)

[Why do I need to register?](#)

Accurate components yield better results. Every time.

As an iBwave customer, you benefit from the industry's most comprehensive database of network parts and components for in-building wireless design and fiber deployments. RF designers can quickly access the latest component for all technologies and create the most accurate designs. [Have you registered yet?](#)



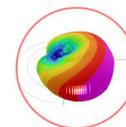
AN INVALUABLE RESOURCE IN YOUR RF DESIGN TOOLKIT



Save time by using pre-modeled components.



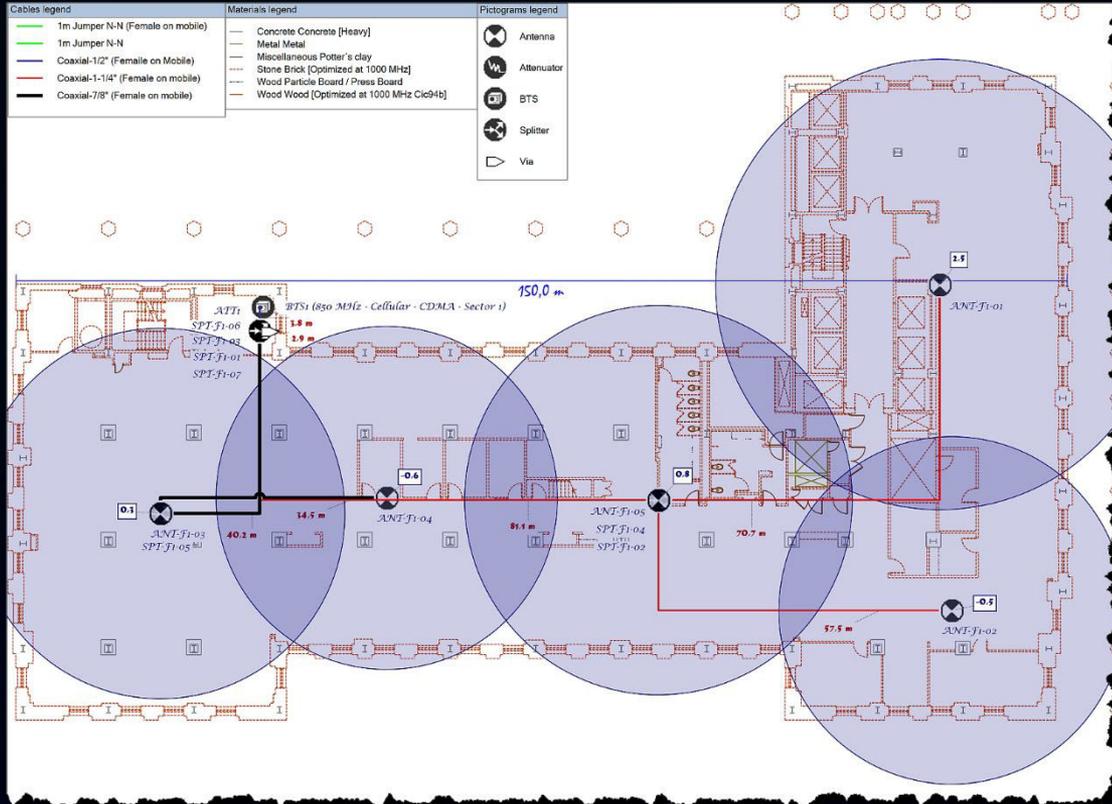
Achieve ultimate accuracy in your designs.



View modeled antenna patterns in detailed 3D.

DISEÑO PREDICTIVO

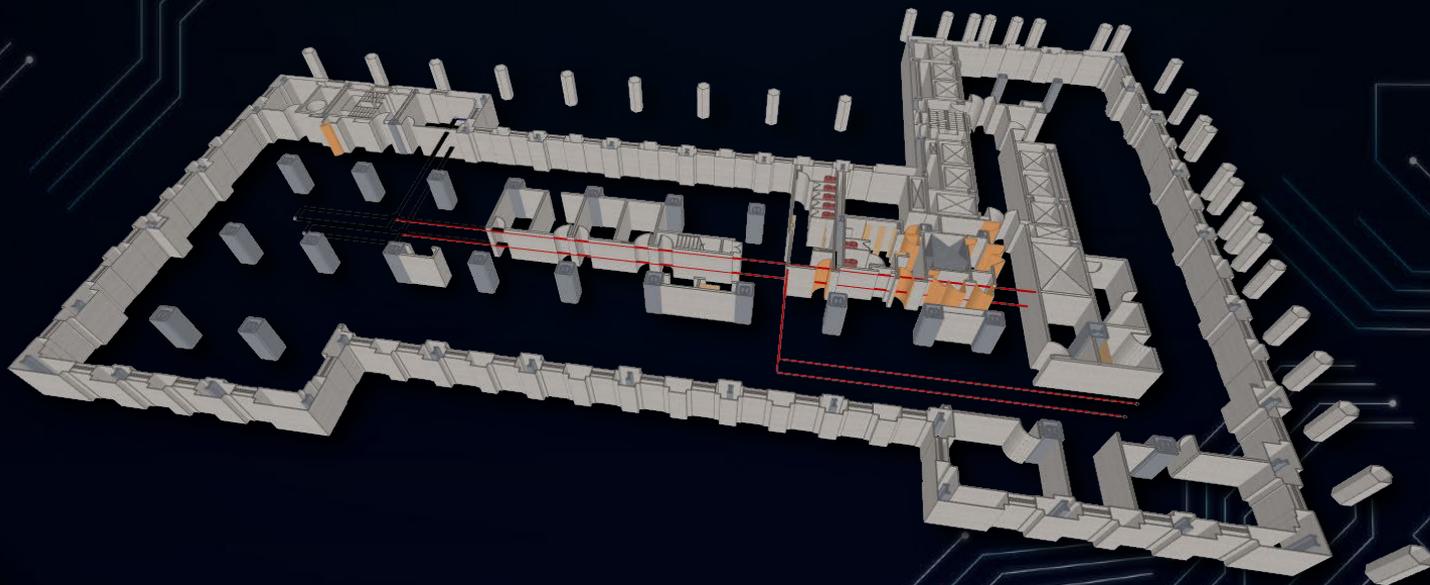
DAS Plano de planta



DISEÑO PREDICTIVO

DAS – Vista 3D del cableado

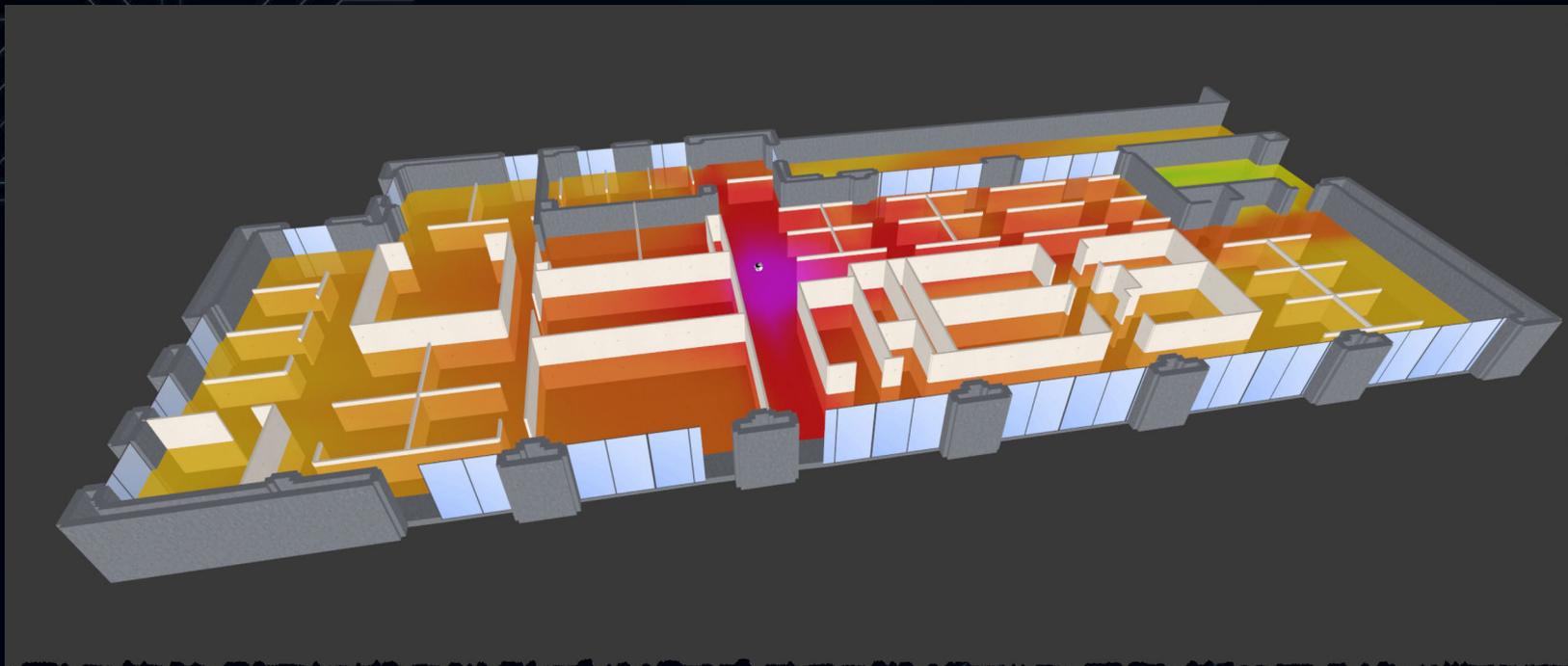
288



DISEÑO PREDICTIVO

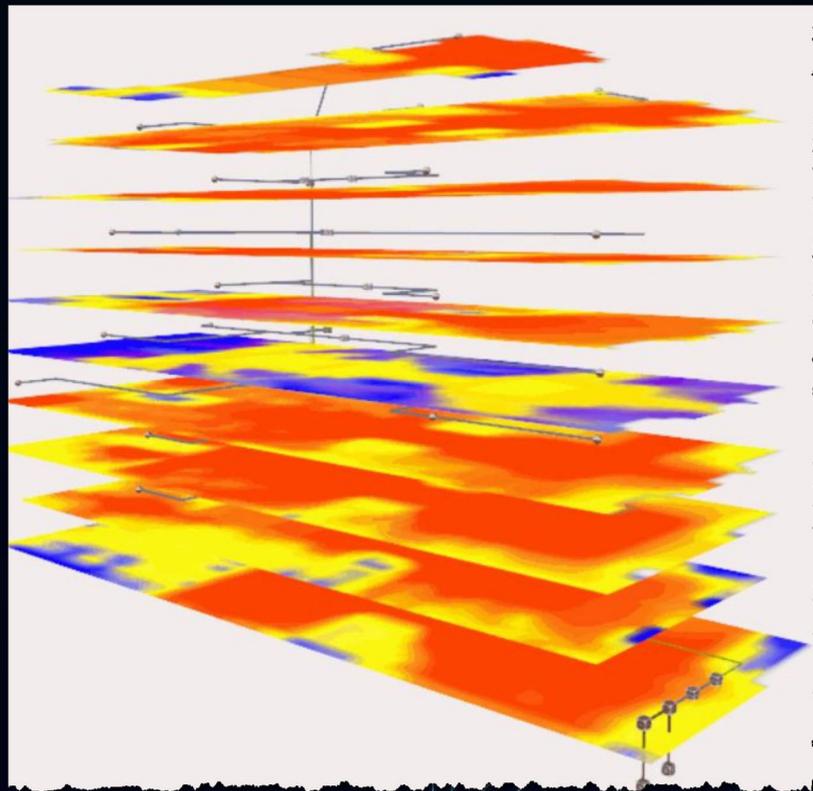
DAS – Vista 3D de la cobertura

289



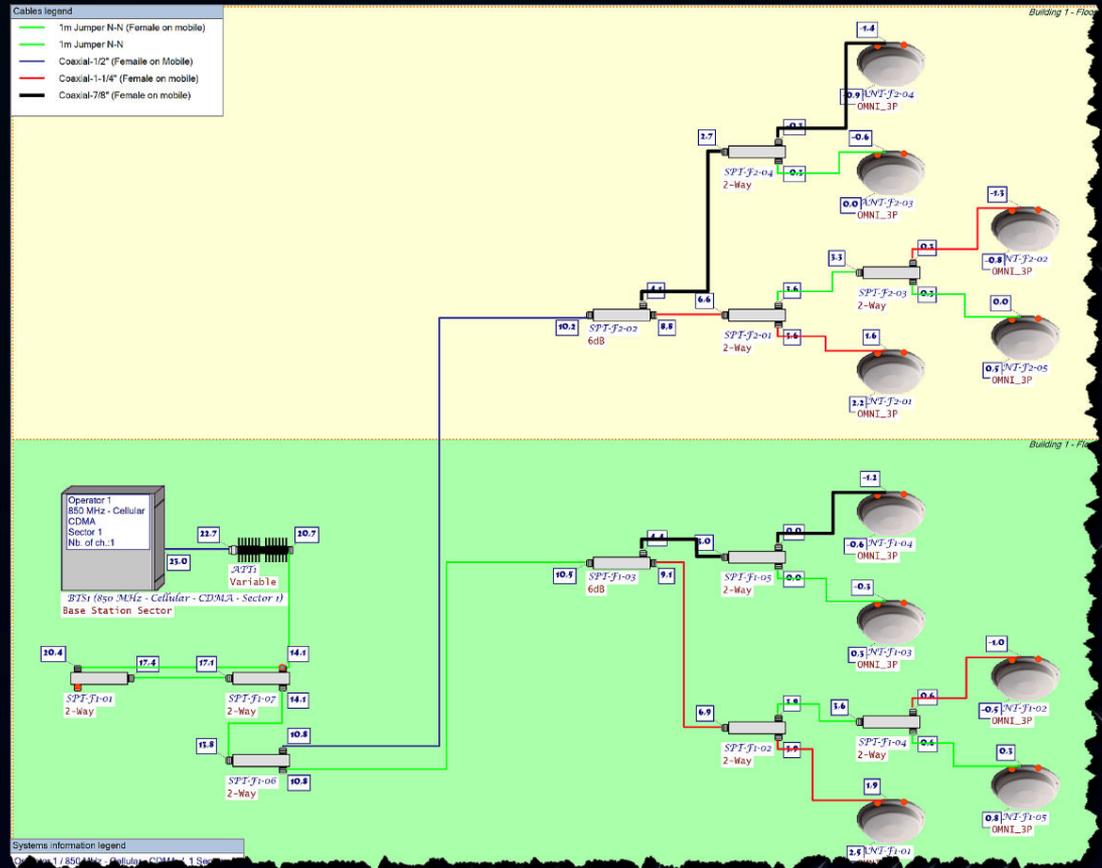
DISEÑO PREDICTIVO

DAS – Vista 3D de la cobertura



DISEÑO PREDICTIVO

DAS – Estructura del sistema



DISEÑO PREDICTIVO

DAS - Reporte de
Equipos

Equipment List Report

Floor : B1 - BTS room

Type	Manufacturer	Model	Description	Inventory#	Qty
Cable	Andrew	F4-PNMM-1M	Jumper Cable - 1m - FSJ4-50B N-Male / N	N/A	5
Cable	Corning	012EB4-T3201C20	SST-Optimizer Cables	N/A	189,71 m
Cable	Andrew	F1-PSMM-1M	Jumper Cable - 1m - SMA-Male / N Male	N/A	3
Cable	Andrew	F1-SMSM-1M	Jumper Cable - 1m - SMA Male / SMA-Male	N/A	8
Cable	Andrew	LDF4RN-50A	50 ohms - 1/2" coaxial cable - foam dielectric	N/A	94,50 m
Connector	Andrew	L4PNM	N for LDF4-50A, Low Density Foam Dielectric Cable	N/A	4
Connector	Amphenol	954-103-5709	SC/APC Simplex connector, singlemode, 125.5µm ferrule	N/A	8
Fiber BDA Hub	Andrew	TFLN 2504/4	[ION-B] - ION BriteCell - 800-2500 MHz - Master Optical TRX - 4 Optical Links -	N/A	1
Filter	Andrew	TDPX-19	[BriteCell Plus] - RF DL-UL Combiner	N/A	1
Filter	Andrew	TDPX-85	[BriteCell Plus] - RF DL-UL Combiner	N/A	1
Filter	Andrew	TDPX-80	[ION-B] - ION BriteCell - LMR800 Duplexer - SMA-Female Connector	N/A	1
Miscellaneous	Andrew	TPRN 24	[ION-B] - ION BriteCell - Universal Mains 85-264 Vac Redundant Power Supply - 12 Slots (1HE x 7TE each)	N/A	1
Radio Transceiver	RadioFrame Networks	S-Series Pico Cellular 1900 MHz	1900 MHz EDGE/GSM/GPRS S-BTS over IP	N/A	1
Splitter	Andrew	TLCN4	[BriteCell Plus] - 4 way RF combiner/splitter	N/A	1
Splitter	Cellular Specialties, Inc	CSI-S2BSC (2 WAY)	2-Way Splitter	CS04-031-084	1
Splitter	Andrew	S-3-CPUS-L-N	Multi-Band, 3-way Low Power Splitter - 800-2500 MHz - N Connectors	N/A	1
Splitter	Andrew	C-10-CPUS-N	Directional Coupler / Unequal Splitter (0.7 dB / 10 dB) - 800-2500 MHz - N Connectors	N/A	2
Splitter	Andrew	C-20-CPUS-N	Directional Coupler / Unequal Splitter (0.2 dB / 20 dB) - 800-2500 MHz - N Connectors	N/A	1

Floor : B1 - Roof

Type	Manufacturer	Model	Description	Inventory#	Qty
------	--------------	-------	-------------	------------	-----

DISEÑO PREDICTIVO

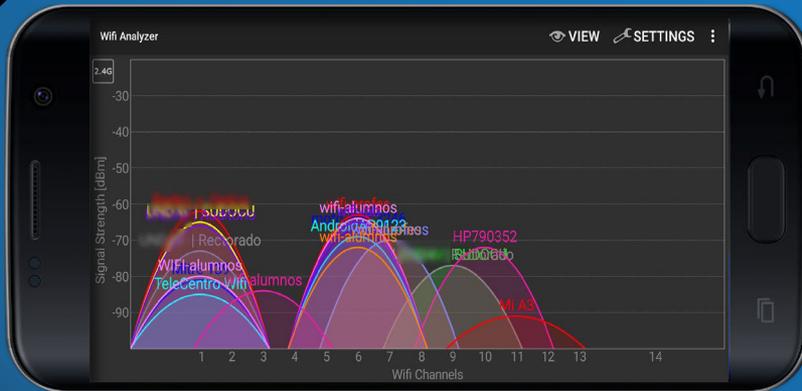
DAS - Reporte de Antenas

Antennas Report										
Antenna ID	System ID	Antenna gain Total loss/gain		Antenna ERP report			Azimuth (deg)	Tilt (deg)	Mount Orientation (deg)	Height (m)
		(dBd)	(dB)	Power / channel	Antenna ERP (dBm)	Pilot/CPICH				
ANT0	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-14,05	15,83	18,84	5,83	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT1	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-14,82	15,06	18,07	5,06	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT2	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-6,35	23,53	26,54	13,53	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT3	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-21,44	8,44	11,45	-1,56	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT4	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-15,52	14,36	17,37	4,36	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT5	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-16,28	13,60	16,61	3,60	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT6	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-20,05	9,83	12,84	-0,17	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT7	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-20,75	9,13	12,14	-0,87	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT8	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-21,97	7,91	10,92	-2,09	0,00	0,00	0,00	2,50
ANT9	1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector	-0,11	-12,91	16,97	19,98	6,97	0,00	0,00	0,00	2,50

System ID	Antenna ERP Statistics (Power / Channel)					
	Average (dBm)	Std. dev. (dB)	Minimum (dBm)		Maximum (dBm)	
			Antenna ID	ERP	Antenna ID	ERP
1800 MHz - DCS - WCDMA - Sector 1	13,47	4,84	ANT8	7,91	ANT2	23,53

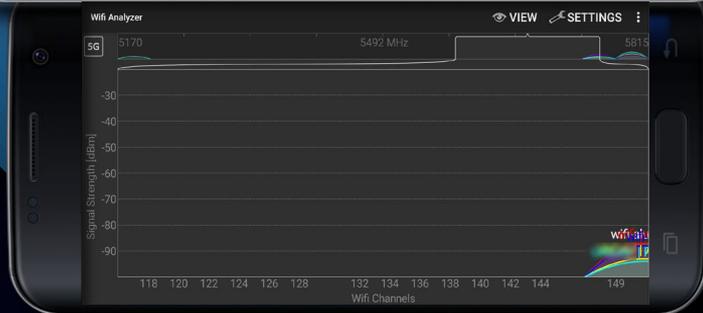
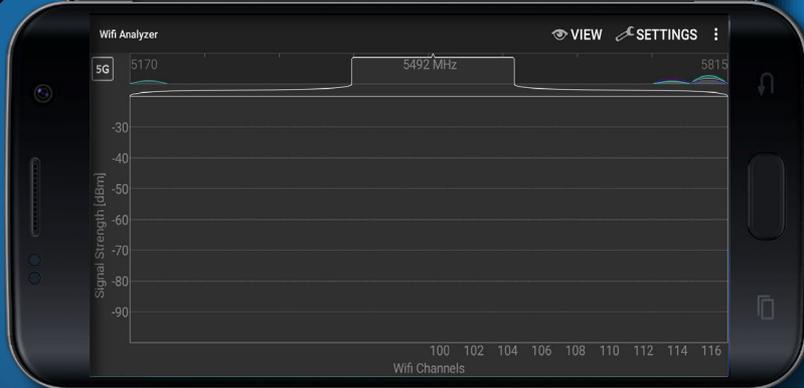
PLANIFICANDO CANALES

Exceso de dispositivos



PLANIFICANDO CANALES

Solapamiento
innecesario

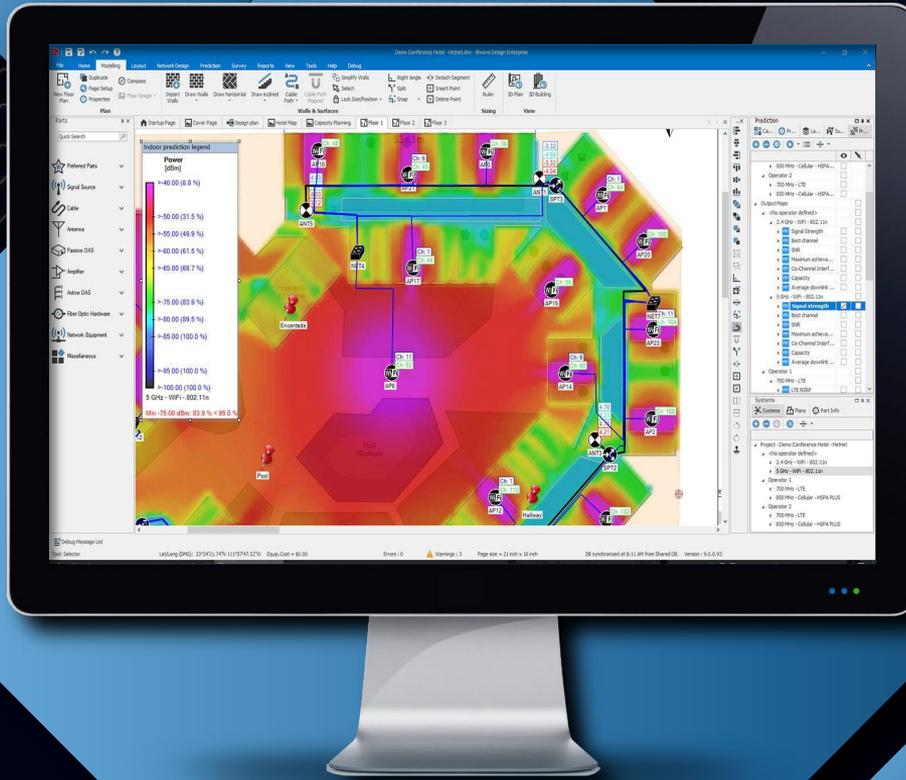


SOFTWARE DE APLICACIÓN

IBWAVE

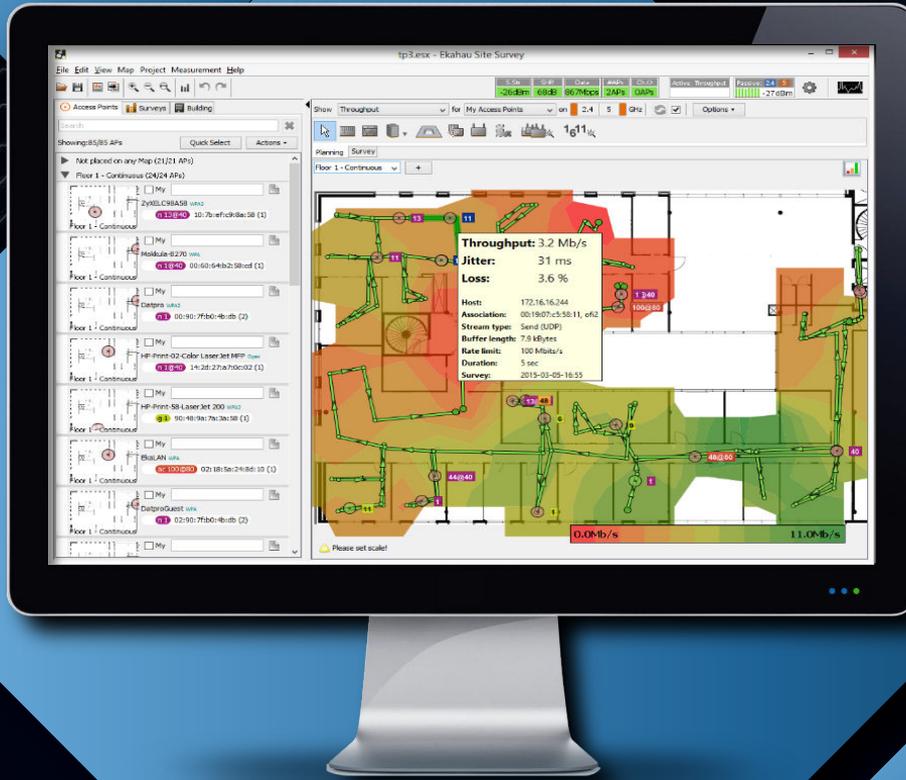
PAGO

Windows



EKAHAU PAGO

Windows



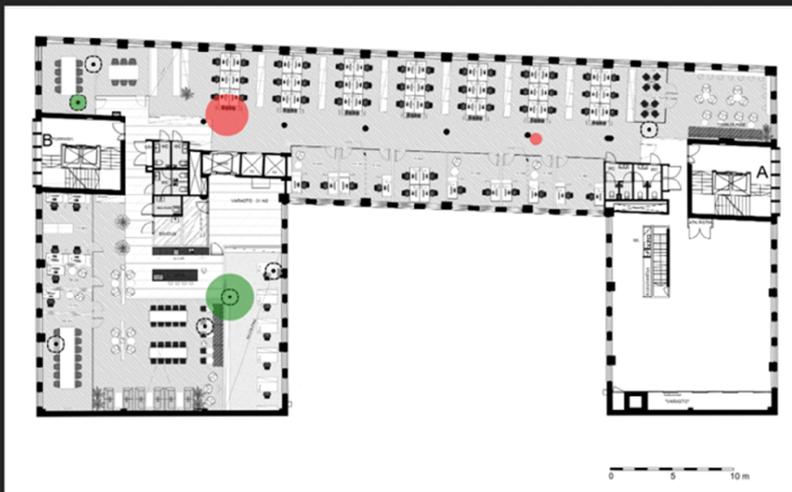
EKAHAU

Autoplanificación

Ekahau AI Pro

CREATING NEW NETWORK PLAN

FLOOR	ITERATIONS	APs
1 / 1	1029	7



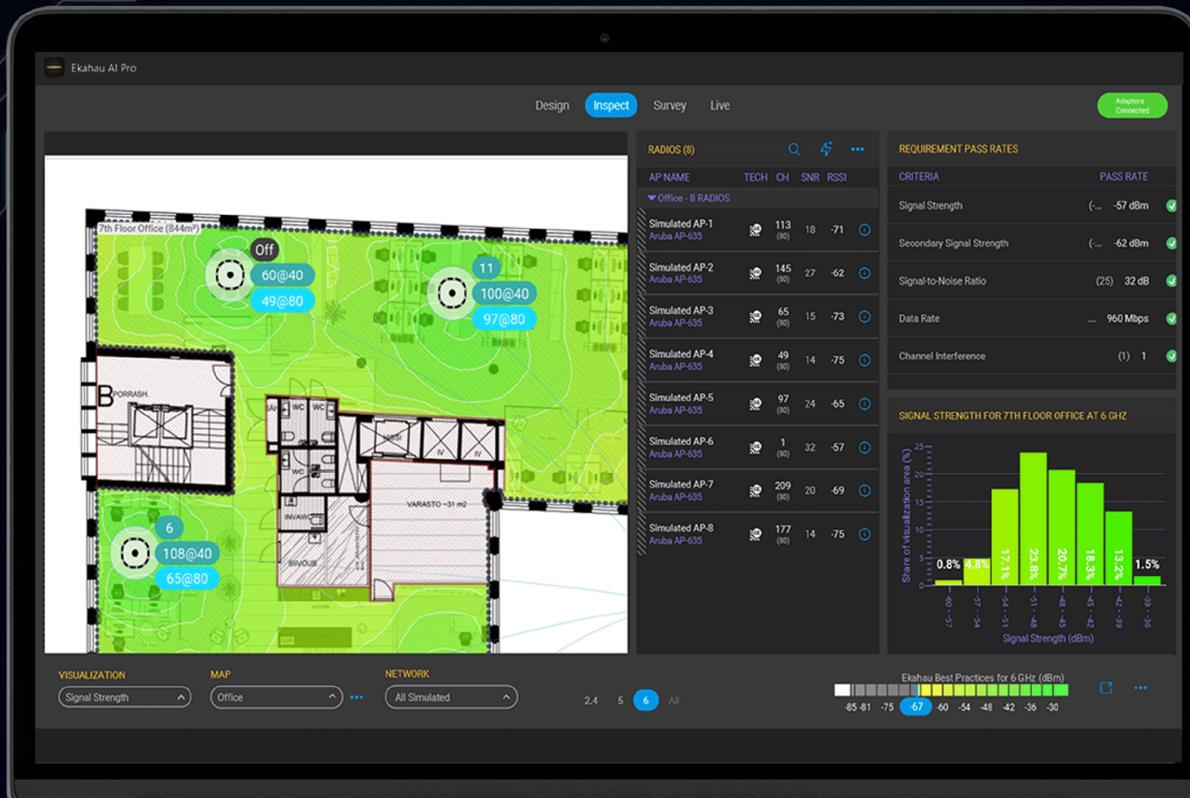
EKAHAU

Planificación de asignación de canales

The screenshot displays the Ekahau AI Pro software interface. The main window shows a floor plan with a network overlay. A dialog box titled "AUTOMATIC CHANNEL PLANNING" is open, allowing users to optimize channels for selected networks. The dialog includes options for frequency bands (2.4, 5, and 6 GHz), a checkbox for "Disable unnecessary 2.4 GHz radios", and a checkbox for "Optimize for Mobile Devices". The "Channels" section lists available channels for each band: 2.4 GHz (1, 6, 11), 5 GHz (36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136, 140, 144, 148, 152, 156, 160), and 6 GHz (1-25, 29-33, 37-41, 45-49, 53-57, 61-65, 69-73, 77-81, 85-89, 93-97, 101-105, 109-113). The interface also shows a list of "ACCESS POINTS (3)" on the right, including "Measured AP-7b74", "Measured AP-7c2f", "Measured AP-7c4c", "Measured AP-7c85", and "Measured AP-7c31". The bottom of the interface features a "VISUALIZATION" section with "Signal Strength" and "MAP" (ZD London Office) and "NETWORK" (All Shared Networks) options. A "Ekahau Best Practices (dBm)" legend is visible at the bottom right.

EKAHAU

Inspección y Mapas de calor



EKAHAU

Calibración automática de paredes

Ekahau AI Pro

File Edit Actions View Map Project Measurement Reporting Help

CALIBRATE WALL ATTENUATION

Wall Calibration is used to estimate the real world attenuation values for simulated walls based on the survey results. In the list below you can compare the old attenuation values to the new calibrated ones and apply the results which you consider relevant. The quality column gives you information on how reliable the results for the particular wall type are found to be.

[Click here to check how to get the best Wall Calibration result!](#)

	FLOORS	MEASURED APS	WALL TYPES	SURVEYS	WALL SEGMENTS
	1	5	7	4	252
WALL TYPE	2.4 GHz	5 GHz	6 GHz	QUALITY	
<input type="radio"/> Door, Interior Office	4.0 dB → 2.5 dB	4.0 dB → 2.0 dB	4.0 dB → 2.0 dB	GOOD	Apply
<input type="radio"/> Door, Steel Fire/Exit	13.0 dB → 0.0 dB	13.0 dB → 0.0 dB	13.0 dB → 0.0 dB	POOR	Apply
<input type="radio"/> Wall, Cinder Block	5.0 dB → 2.0 dB	5.0 dB → 2.0 dB	5.0 dB → 2.0 dB	GOOD	Apply
<input type="radio"/> Wall, Dry	3.0 dB → 4.0 dB	3.0 dB → 3.5 dB	3.0 dB → 3.5 dB	GOOD	Apply
<input type="radio"/> Window, Interior	1.0 dB → 4.5 dB	1.0 dB → 3.0 dB	1.0 dB → 3.0 dB	GOOD	Apply
<input type="radio"/> Window, Thick	3.0 dB → 4.0 dB	3.0 dB → 4.5 dB	3.0 dB → 4.5 dB	GOOD	Apply

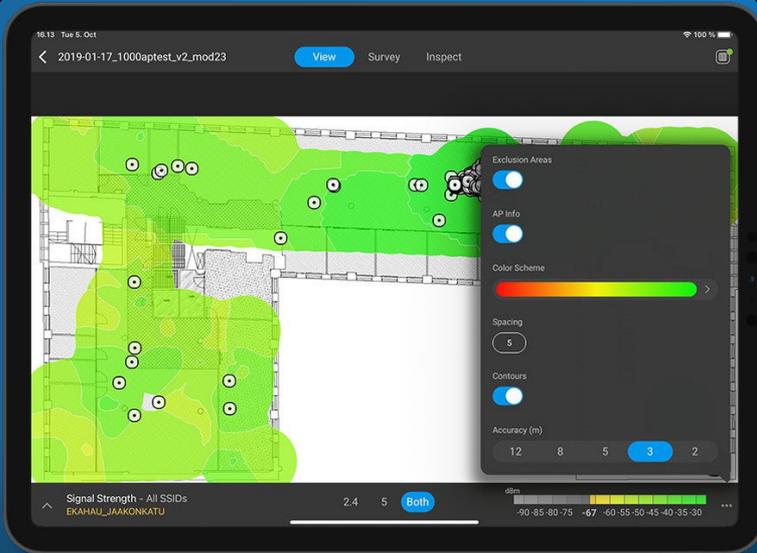
Close Apply All

Visualizations: Signal Strength, MAP: ZD London Office, NETWORK: All Measured

Ekahau Best Practices (dBm): 85 81 75 69 60 54 48 42 36 30

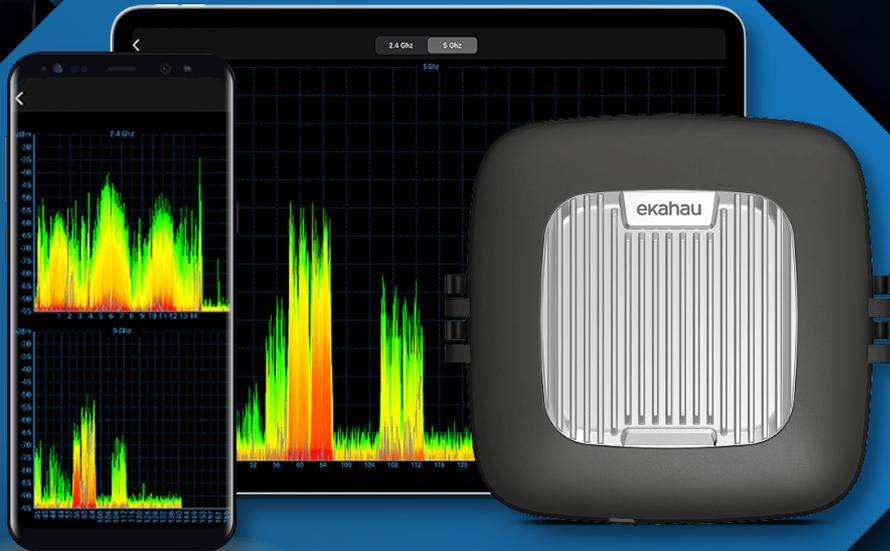
EKAHAU

Relevamiento



EKAHAU

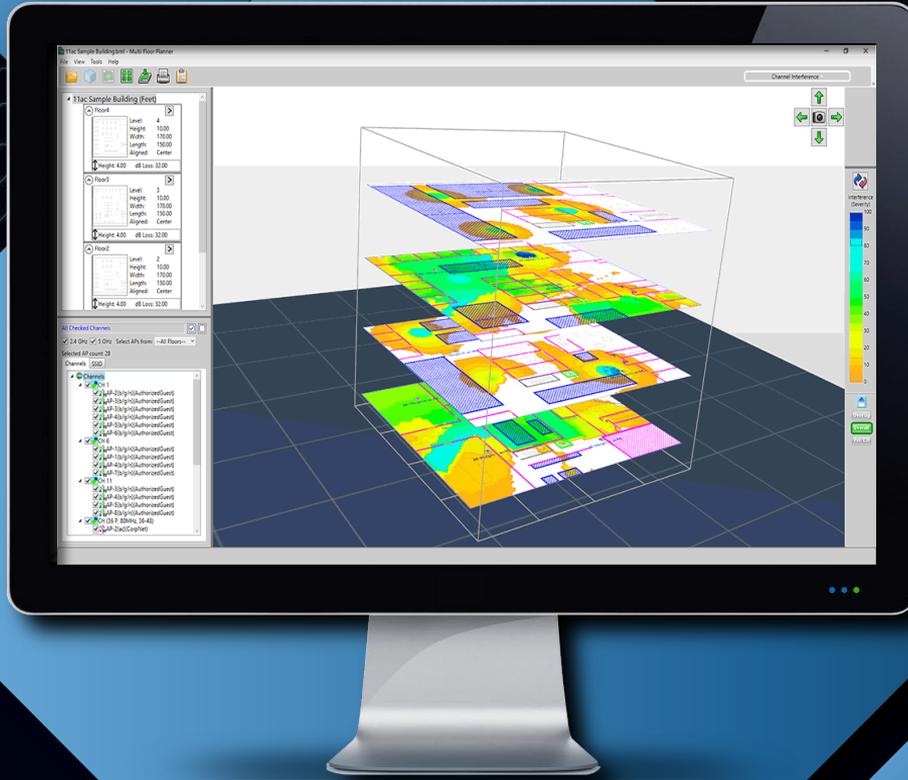
Análisis y medición
de interferencia



AIRMAGNET PLANNER

PAGO

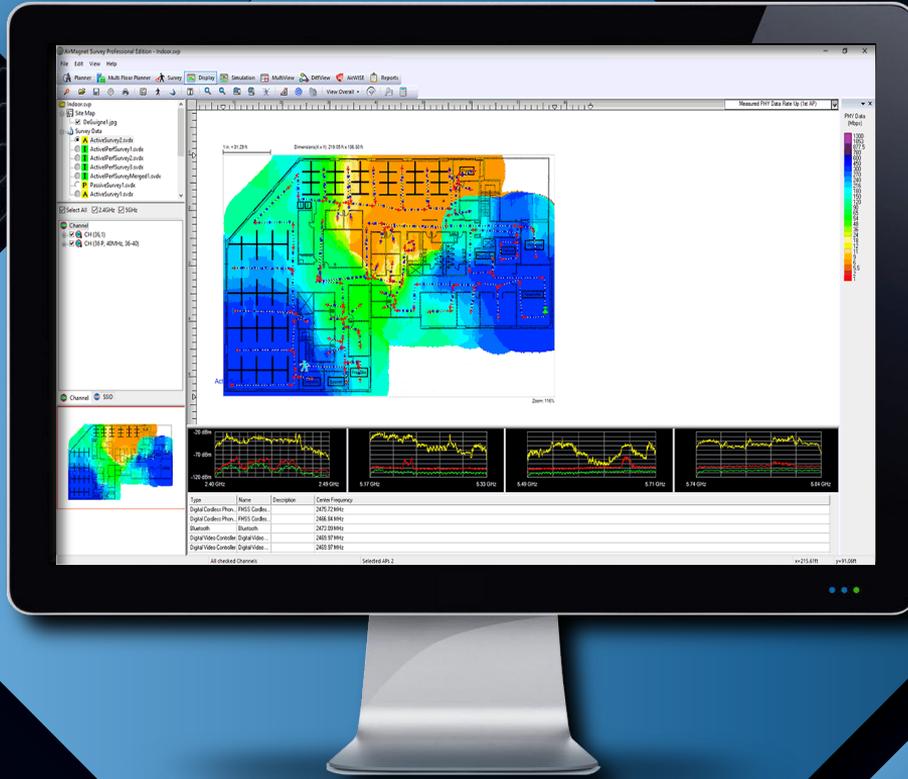
Windows



AIRMAGNET SURVEY

PAGO

Windows



AIRMAGNET ANALYZER

PAGO

Windows



AIRMAGNET SPECTRUM

PAGO

Windows



ACRYLIC WIFI

GRATUITO

Windows



ACRYLIC WIFI TRIAL/PAGO

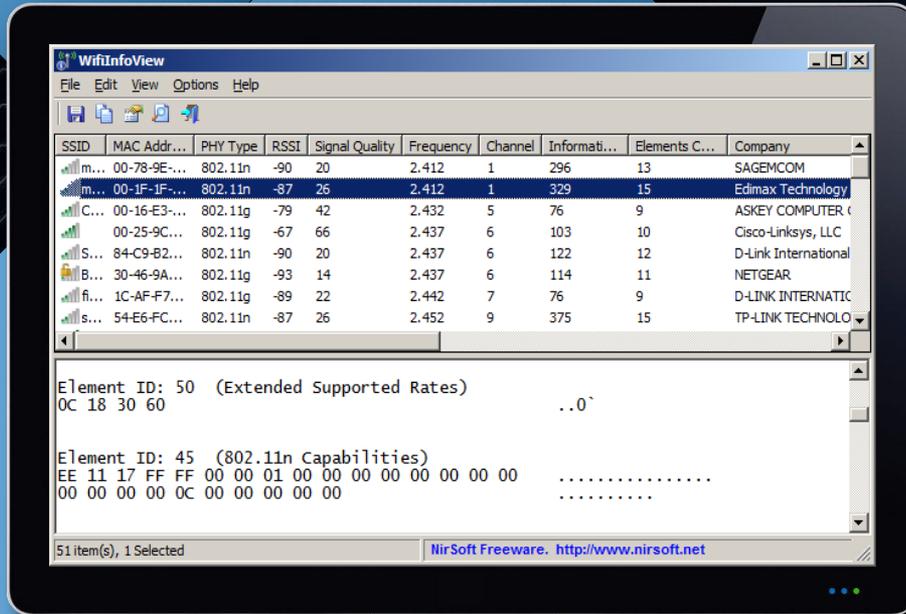
Windows



WIFI INFO VIEW

GRATUITO

Windows



WIFI ANALYZER

GRATUITO

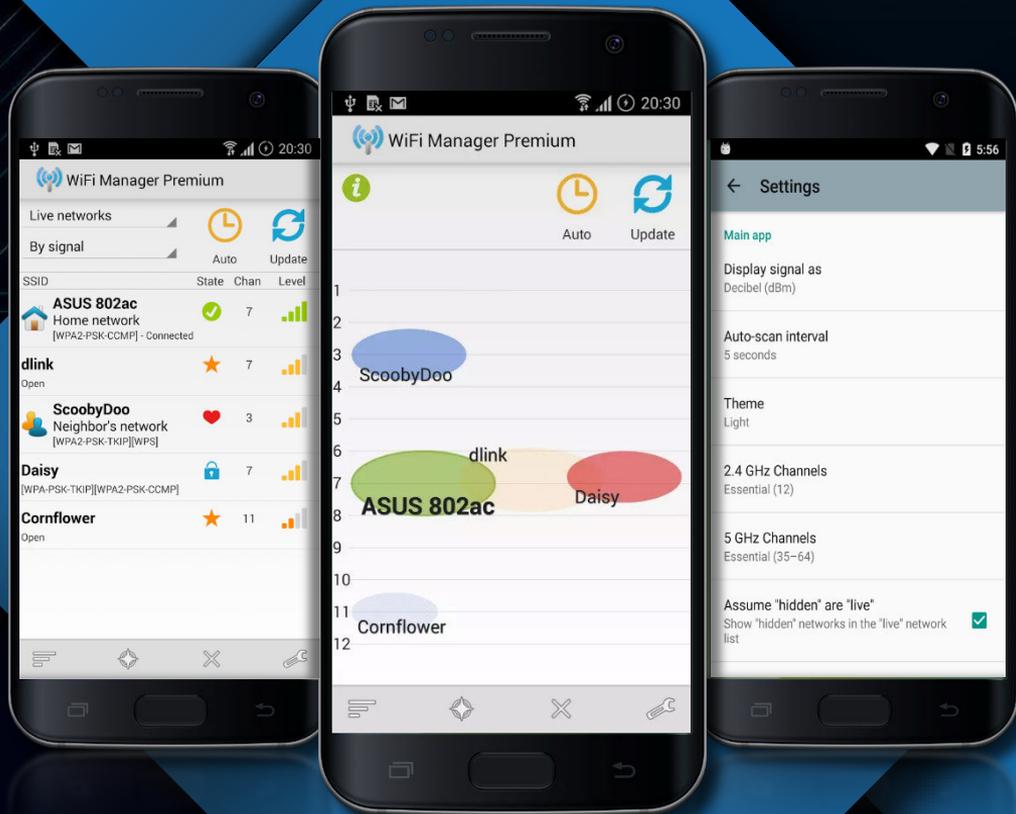
Android



WiFi Manager

GRATUITO

Android



NETWORK ANALYZER

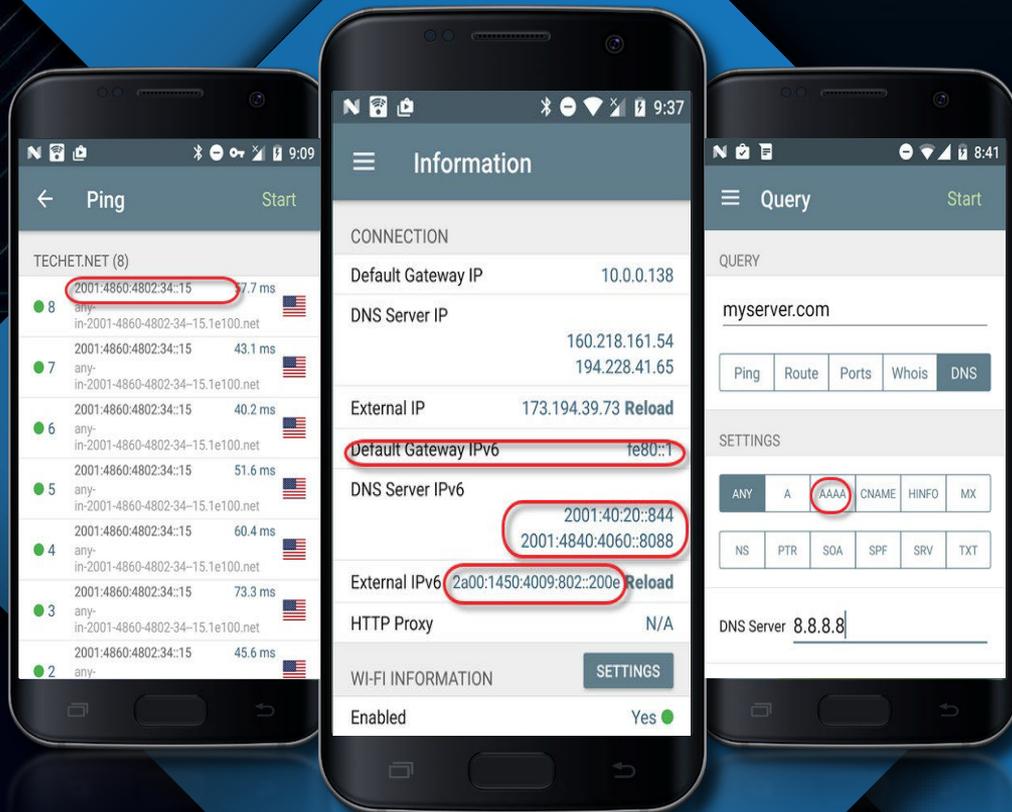
GRATUITO/PAGO

Android



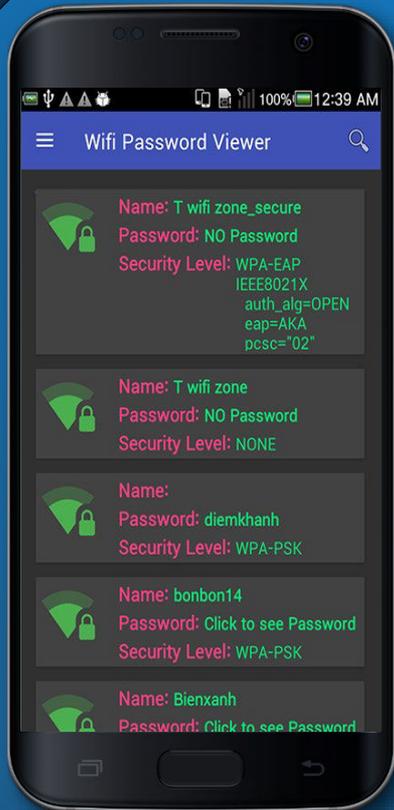
NETWORK ANALYZER GRATUITO/PAGO

Android



WIFI PASS VIEWER GRATUITO

Android



WIFI HEATMAP GRATUITO

Android



GLOSARIO

General

- ◆ IEEE: **I**nstitute of **E**lectrical and **E**lectronics **E**ngineers
- ◆ IoT: **I**nternet **o**f **T**hings
- ◆ IP: **I**nternet **P**rotocol
- ◆ ISO: **I**nternational **O**rganization for **S**tandardization
- ◆ MAC: **M**edia **A**ccess **C**ontrol
- ◆ OSI: **O**pen **S**ystems **I**nterconnection model
- ◆ QoS: **Q**uality **o**f **S**ervice
- ◆ TCP: **T**ransfer **C**ontrol **P**rotocol
- ◆ VoIP: **V**oice **o**ver **I**nternet **P**rotocol
- ◆ V²oIP: **V**oice and **V**ideo **o**ver **I**nternet **P**rotocol

GLOSARIO

WiFi

- ◆ AES: **A**dvanced **E**ncryption **S**tandard
- ◆ AP: **A**ccess **P**oint
- ◆ APSD: **A**lternative **P**ower **S**ave **D**elivery
- ◆ BSS: **B**asic **S**ervice **S**et
- ◆ BSSID: **B**asic **S**ervice **S**et **I**Dentifier
- ◆ ESS: **E**xtended **S**ervice **S**et
- ◆ ESSID: **E**xtended **S**ervice **S**et **I**Dentifier
- ◆ IBSS: **I**ndependent **B**asic **S**ervice **S**et
- ◆ OBSS: **O**verlapping **B**asic **S**ervice **S**et
- ◆ RSSI: **R**eceived **S**ignal **S**trength **I**ndicator

GLOSARIO

WiFi

- ◆ SSID: **S**ervice **S**et **I**dentifier
- ◆ STA: **S**Tation (cliente WiFi)
- ◆ TWT: **T**arget **W**akeUp **T**ime
- ◆ WECA: **W**ireless **E**thernet **C**ompatibility **A**lliance
- ◆ WEP: **W**ired **E**quivalent **P**rivacy
- ◆ WFA: **W**iFi **A**lliance (ex Wireless Ethernet Compatibility Alliance)
- ◆ WLAN: **W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etwork
- ◆ WMAN: **W**ireless **M**etropolitan **A**rea **N**etwork
- ◆ WMM: **W**iFi **M**ulti**M**edia
- ◆ WNA: **W**ireless **N**etwork **A**dapter
- ◆ WPA: **W**iFi **P**rotected **A**ccess
- ◆ WPAN: **W**ireless **P**ersonal **A**rea **N**etwork
- ◆ WWAN: **W**ireless **W**ide **A**rea **N**etwork

GLOSARIO

WiFi – Acceso al medio

- ◆ ACS: **A**utomatic **C**hannel **S**election
- ◆ BOT: **B**ack**O**ff **T**imer
- ◆ CAP: **C**ontrolled **A**ccess **P**hase
- ◆ CSMA/CA: **C**arrier-**S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **A**voidance
- ◆ CSMA/CD: **C**arrier-**S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **D**etection
- ◆ DCF: **D**istributed **C**oordination **F**unction
- ◆ DIFS: **D**istributed **C**oordination **F**unction **I**nter**F**rame **S**pace
- ◆ EDCA: **E**nhanced **D**istributed

Channel **A**ccess

- ◆ HCCA: Hibrid **C**oordinated **C**hannel **A**ccess
- ◆ IFS: **I**nter**F**rame **S**pace
- ◆ LBT: **L**isten **B**efore **T**alk
- ◆ MIMO: **M**ultiple **I**n - **M**ultiple **O**ut
- ◆ MU-MIMO: **M**ulti **U**ser **M**ultiple **I**n - **M**ultiple **O**ut
- ◆ RU: **R**esource **U**nit
- ◆ SU-MIMO: **S**ingle **U**ser **M**ultiple **I**n - **M**ultiple **O**ut
- ◆ SIFS: **S**hort **I**nter**F**rame **S**pace

GLOSARIO

Radio

- ◆ AEL: **A**tenuación en el **E**spacio **L**ibre
- ◆ BPSK: **B**inary **P**hase **S**hift **K**eying
- ◆ DSSS: **D**irect **S**equence **S**pread **S**pectrum
- ◆ EIRP: **E**quivalent **I**sotropic **R**adiated **P**ower
- ◆ FSPL: **F**ree-space **P**ath loss
- ◆ FHSS: **F**requency-**H**opping **S**pread **S**pectrum
- ◆ GI: **G**uard **I**nterval
- ◆ HT-OFDM: **H**igher **T**hroughput **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing
- ◆ HR-DSSS **H**igh-**R**ate **D**irect **S**equence **S**pread **S**pectrum
- ◆ MCS: **M**odulation and **C**oding **S**cheme
- ◆ OFDM: **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing
- ◆ OFDMA: **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiple **A**ccess
- ◆ QAM: **Q**uadrature **A**mplitude **M**odulation
- ◆ QPSK: **Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eying
- ◆ SNR: **S**ignal **N**oise **R**atio
- ◆ TDD: **T**ime **D**ivision **D**uplex
- ◆ VHT-OFDM: **V**ery **H**igh **T**hroughput **O**rthogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing

GLOSARIO

Indoor

- ◆ BDA: **B**i-**D**irectional **A**mplifier
- ◆ CPRI: **C**ommon **P**ublic **R**adio **I**nterface
- ◆ DAS: **D**istributed **A**ntenna **S**ystems
- ◆ DRS: **D**istributed **R**adio **S**ystems
- ◆ RAU: **R**emote **A**ntenna **U**nits