

# CAPÍTULO 3

## EL ESTÁNDAR IEEE 802.11

---

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, existe en el mercado una gran cantidad de posibilidades para implementar una red inalámbrica. Cada una intenta responder a unas ciertas necesidades y normalmente cada posibilidad pertenece a una cierta compañía que apostó por esta. Las compañías necesitan que sus productos sean compatibles con los de las otras, de aquí que surja la necesidad de tener un estándar que seguir.

Estándar WLAN	802.11b	802.11a	802.11g	802.11h	HiperLAN2	Bluetooth
Organismo	IEEE(USA)	IEEE	IEEE	IEEE	ETSI(euro)	Bluetooth SIG
Finalización	1999	2002	Jun,2003	2003	2003	2002
Denominación	Wi-Fi	Wi-Fi5				
Banda frecuencias	2.4GHz (ISM)	5 GHz	2.4GHz (ISM)	5 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Velocidad máx.	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	0.721Mbit/s
Throughput medio	5,5 Mbps	36 Mbps			45 Mbps	
Interfaz aire	SSDS/FH	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	DSSS/FHSS
Disponibilidad	>1000	algunos	algunos	algunos	(2004)	Muchos
Otros aspectos				TPC, DFA		
Nº de canales	3c no solapados	12 no solapados	3 no solapados	19 no solapados		

**Figura 3.1. Tabla comparativa de los diferentes estándares**

En los orígenes de las redes inalámbricas, algunas de las soluciones WLAN se basaban en soluciones propietarias de cada fabricante, este tipo de soluciones no podían funcionar con productos de otros fabricantes. Esto obligaba a cada uno a disponer de toda la infraestructura necesaria para cubrir todas las necesidades del mercado.

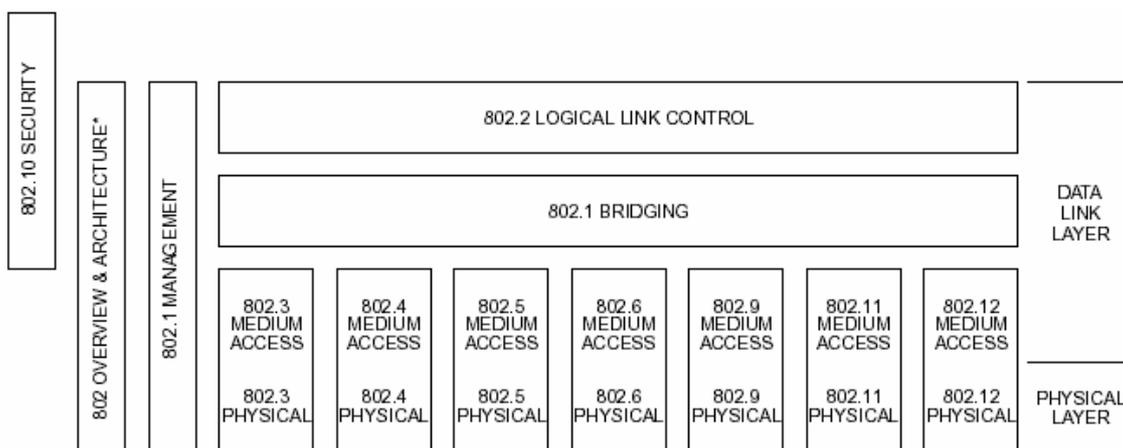
El IEEE respondiendo a las necesidades del mercado y los fabricantes, comprendió la necesidad de un estándar que limitase y definiese cada uno, para que su uso fuese lo más eficiente posible [5]. Precisamente ha sido la estandarización de los productos la que ha dado lugar al tremendo auge que está teniendo este tipo de tecnología. La estandarización ha permitido desvincularse de tecnologías propietarias, consiguiendo una plataforma abierta con productos de mayores prestaciones y a un precio mucho más ajustado.

En la Figura 3.1 se muestra una tabla comparativa entre diferentes estándares comparando sus prestaciones [1].

En los siguientes apartados nos centraremos en el estudio del estándar 802.11 y en sus variantes.

### 3.2 IEEE 802. ARBOL DE LA FAMILIA

El 802.11 es un grupo miembro de la familia 802, que corresponde a una serie de tecnologías para redes de área local. En el gráfico se muestran algunas relaciones entre ellas y sus posiciones en el modelo OSI.



**Figura 3.2. Relación entre los miembros de la familia 802**

Las especificaciones de las IEEE 802 se centran en las dos capas inferiores del modelo de referencia OSI. Todas las redes 802 tienen ambas capas, MAC y física. La capa MAC determina las reglas de acceso al medio y el envío de datos. Sin embargo, los detalles de la transmisión y recepción se dejan a la capa física.

Las especificaciones individuales dentro de la familia 802 se hacen con un segundo número.

### 3.3 IEEE 802.11

IEEE 802.11 es un estándar para redes inalámbricas definido por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Se trata de un instituto de investigación y desarrollo, de gran reconocimiento y prestigio, cuyos

miembros pertenecen a decenas de países entre profesores y profesionales de las nuevas tecnologías [4].

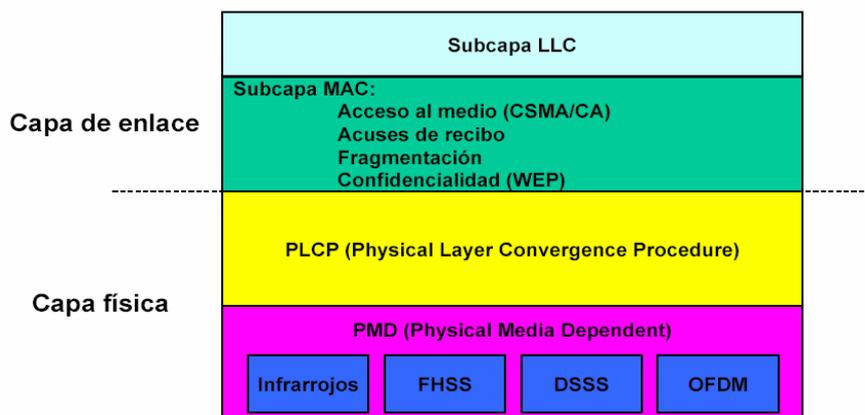
El estándar IEEE 802.11 es un estándar en continua evolución, debido a que existen muchos grupos de investigación, trabajando en paralelo para mejorar el estándar, a partir de las especificaciones originales.

La primera versión del estándar vio la luz en 1997, aunque el comité evaluador fue creado en 1990. Esta versión trata de ofrecer varias formas para interconectar computadoras y otros dispositivos, sin la necesidad de cables. Esta primera versión de 1997, vista hoy, está obsoleta, pero ha marcado un principio para una tecnología prometedora.

Inicialmente, el 802.11 se pensó para redes locales inalámbricas (WLAN) de corto alcance pensadas para entornos SOHO (Small Office – Home Office), pero la necesidad de comunicar dispositivos portátiles a velocidad de transmisión elevada ha llevado a plantear e incluso llevar a la práctica la creación de redes inalámbricas de mayor envergadura.

El estándar IEEE 802.11 se divide en dos capas principales: la capa MAC (Media Access Control) y la capa física o PHY. Estas dos capas permiten hacer una separación funcional del estándar y, lo que es más importante, permite que un único protocolo de datos pueda usarse con distintos métodos de transmisión.

El uso de ondas de radio en la capa física requiere que esta sea relativamente compleja. La 802.11 divide la capa física en dos: la PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) que mapea las tramas MAC en el medio y la PMD (Physical Medium Dependent) que se encarga de transmitir las tramas anteriores. La PLCP establece los límites de la capa MAC y física.



**Figura 3.3. Estructura de las capas**

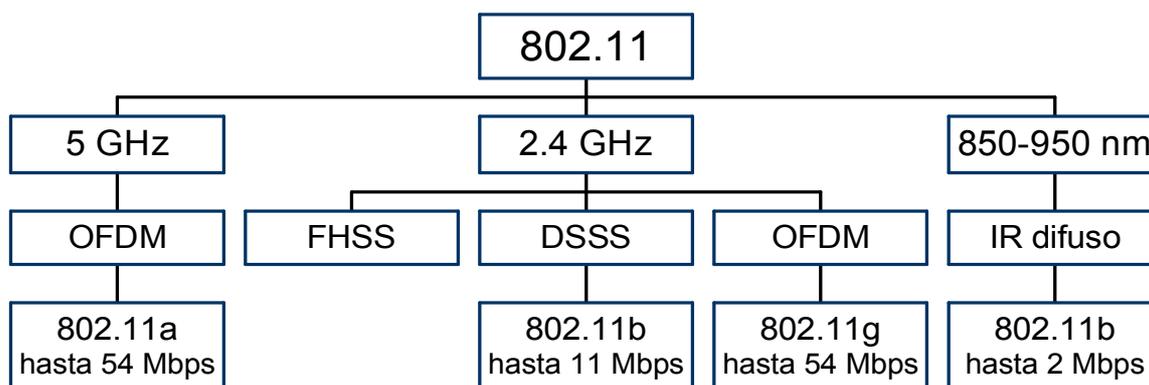
La base de la 802.11 incluye una capa MAC y dos capas físicas, FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) y DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Una revisión posterior de la 802.11b, añadirá el uso de luz infrarroja para la capa física. La 802.11 permite el acceso móvil inalámbrico a la red.

En el conjunto de la familia 802.11, que incluye la 802.11b, 802.11a y 802.11g, se nos ofrecen cuatro alternativas en cuanto a tecnología subyacente

para poder realizar la red. Ofrece entre otras cosas cuatro capas físicas, por las cuales enviaremos los datos. Las capas físicas son: Infrarrojos (IR), técnicas de espectro ensanchado, ya sea por salto en frecuencias, FHSS, como por secuencia directa, DSSS, o multiplexión por división ortogonal de frecuencia, OFDM.

Más adelante y como consecuencia de la incorporación de las investigaciones de los grupos de trabajo 802.11b y 802.11a se ha conseguido mejorar las tasas máximas de transmisión. Más concretamente, con el 802.11b se ha podido conseguir 11 Mbps en la banda de 2.4GHz, usando técnicas de espectro ensanchado y secuencia directa, cambiando además la modulación, clave para mayores tasas de transmisión.

Por otra parte, el grupo de trabajo 802.11a, ha conseguido acercar las redes inalámbricas a las tasas de las redes cableadas actuales, con una velocidad máxima de 54 Mbps. Esta revisión fue promovida, fuertemente, desde empresas estadounidenses por sus mejores prestaciones, pero es bastante problemática para todo aquel que quiera usarlo en algunos países de Europa o Japón, por el tema de las licencias.



**Figura 3.4. Diagrama descriptivo de la capa física**

Básicamente, el interés por las redes inalámbricas ha posibilitado su rápida evolución y poner en el mercado tres estándares derivados del original, como se ha comentado antes. Los tres estándares derivados que en la actualidad existen en el mercado son [2][5]:

- 802.11b “Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band” [IEEE802.11b].
- 802.11a “Higher-Speed Physical Layer Extension in the 5 GHz Band” [IEEE802.11a].
- 802.11g “Further Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band” [IEEE802.11g].

Dentro del mercado, el que más aceptación ha tenido es el 802.11b, aunque la velocidad de transmisión máxima (11 Mbps) es inferior a la del 802.11a (54 Mbps). La razón es que debido a que se trabaja a una banda de mayor frecuencia (5 GHz) el alcance es justo la mitad que en el 802.11b que trabaja en la banda de 2,4 GHz. El nuevo estándar 802.11g llega a velocidades

de transmisión iguales a las de las redes 802.11a, pero en la misma frecuencia que el estándar 802.11b (2,4 GHz), lo cual hace que pueda llegar a ser muy interesante para el mercado.

### 3.3.1 Variantes de la IEEE 802.11

Dentro del IEEE 802.11 hay definidos una serie de grupos de trabajo que se encargan de investigar y desarrollar diferentes temas relacionados con la 802.11. Estos grupos son los que se muestran a continuación [1][2]:

- **802.11a.** Es un estándar también conocido como Wi-Fi5. Su misión es crear un estándar de WLAN en la banda de 5 GHz, capaz de alcanzar tasas de hasta 54 Mbps. Se publicó en el 1999.
- **802.11b.** Es un estándar también conocido como Wi-Fi. Está pensado para WLAN en la banda de 2.4 GHz, con una tasa que alcanza los 11 Mbps. Fue publicada en el 1999.
- **802.11c.** Provee de documentación a la 802.11 sobre procedimientos específicos MAC de la Organización Internacional para la Comisión Electrónica de Estandarización Internacional (ISO/IEC). Su trabajo está concluido.
- **802.11d.** Su misión es definir nuevos requerimientos para la capa física para hacer funcionar la 802.11 en otros países donde no es posible implementar 802.11, por no tener la banda de 2.4 GHz libre o ser más corta.
- **802.11e.** Este grupo trabaja en los aspectos relacionados con la calidad de servicio (QoS o Quality of Service, en inglés). En el mundo de las redes de datos, calidad de servicio significa poder dar más prioridad de transmisión a unos paquetes de datos que a otros, dependiendo de la naturaleza de la información (voz, vídeo, imágenes, etc.).
- **802.11f.** Básicamente, es una especificación que funciona bajo el estándar 802.11g y que se aplica a la intercomunicación entre puntos de acceso de distintos fabricantes, permitiendo el roaming o itinerancia de clientes.
- **802.11g.** Pretende desarrollar una extensión de la 802.11b, higher-speed PHY, capaz de mantener la compatibilidad con la 802.11b. El objetivo inicial de este era alcanzar al menos 20 Mbps y se ha conseguido llegar hasta los 54 Mbps.
- **802.11h.** Una evolución del IEEE 802.11a que permite asignación dinámica de canales y control automático de potencia para minimizar los efectos de posibles interferencias. Este punto es una de las desventajas que tiene IEEE 802.11a frente a su competidor europeo HiperLAN/2 (que también opera en la banda de los 5 GHz).
- **802.11i.** Este estándar permite incorporar mecanismos de seguridad para redes inalámbricas, ofrece una solución interoperable y un patrón robusto para asegurar datos. Mejora los mecanismos de autenticación y seguridad de la 802.11, como es WEP. El sistema sobre el que se está trabajando se conoce como TKIP (Temporal Key Integrity Protocol).

- **802.1x.** Pretende mejorar los mecanismos de seguridad de la 802.11, con los protocolos de seguridad extendida (EAP).

### 3.3.2 IEEE 802.11b

El 802.11b es una extensión de la 802.11. Nació como la necesidad de conseguir una tasa de transmisión mayor en la banda de los 2.4 GHz, “Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band”, también se la conoce como 802.11 de alta tasa o Wireless Fidelity (Wi-Fi). Es capaz de operar a velocidades de hasta 11 Mbps, soportando también 5.5, 2 y 1 Mbps.

Fue fruto del grupo de trabajo b de la 802.11 y fue aprobada en 1999. La 802.11b recoge todos los aspectos incluidos en el estándar de la 802.11, permitiendo una funcionalidad comparable a Ethernet en una red inalámbrica.

Este estándar utiliza exclusivamente la modulación DSSS con el sistema de codificación CCK (Complementary Code Keying) que sólo funciona con este tipo de modulación. Esto le permite ofrecer hasta 11 Mbps, mientras que su antecesora, la 802.11, estaba limitada a 2 Mbps como máximo.



**Figura 3.5. Símbolo Wi-Fi**

El 802.11b es el estándar más extendido en el mercado en lo referente a WLAN. Sus principales nichos de aplicación se encuentran en Small Office Home Office (SoHo), empresas y proveedores de Internet inalámbricos (WISP's).

Al trabajar en la banda de los 2.4 GHz se encuentra con el problema de las interferencias con los otros muchos estándares que operan en esta banda y cada día se complica más. Otros elementos interferentes en su banda de trabajo son los hornos microondas, así como algunos sistemas de telefonía inalámbrica (DECT).

- **Compatibilidad entre 802.11b & 802.11**

Las estructuras según el estándar 802.11b son compatibles con las implementaciones por la 802.11, dado que la primera usa DSSS (espectro expandido por secuencia directa) y esta modulación está recogida por la 802.11 como una de las dos modulaciones de radiofrecuencia que reconoce. Pero cuando usuarios 802.11b operen bajo redes 802.11, lo harán a una tasa menor de la que permitiría una red 802.11b.

La compatibilidad con HomeRF no es posible, dado que esta última usa FHSS.

### 3.3.3 IEEE 802.11a

Este estándar fue aprobado en diciembre de 1999. Es una extensión de la 802.11. Es capaz de conseguir tasas de hasta 54 Mbps, aunque también puede funcionar a 48, 36, 24, 18, 12 y 6 Mbps en la banda de 5 GHz.

Usa modulación OFDM (multiplexión por división ortogonal de la frecuencia), tecnología de espectro expandido. Esta técnica distribuye la información en pequeños paquetes que se transmiten simultáneamente en múltiples canales frecuenciales separados, aunque solapados con los contiguos y en frecuencias ortogonales, lo que permite recibirlos de forma independiente. Separarlos, los dota de una ortogonalidad que permitirá demodularlos sin problemas.

La aceptación de este estándar ha sido menor que la del 802.11b debido a su relativa complejidad y el elevado coste de sus equipos. Los estándares 802.11a y 802.11b son incompatibles entre ellos, dado que cada uno opera en un segmento diferente del espectro. Decir como curiosidad que el estándar 802.11b surgió antes que el 802.11a, aunque por su denominación pudiera parecer lo contrario.

Esta norma pretendía aportar un tipo de redes en otra banda no lícita, 5 GHz, menos saturada que la de los 2.4 GHz, capaz de tasas de transmisión comparables a las de las redes cableadas. Pero frecuencias mayores implican mayores pérdidas de propagación. Por esto, la densidad de puntos de acceso debe ser mayor que la de una red 802.11b, entorno a una vez y media.

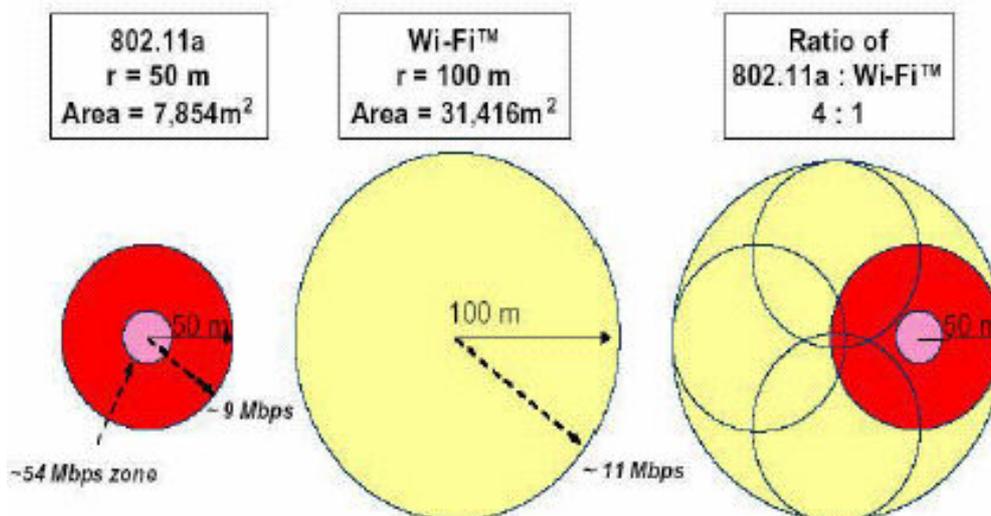


Figura 3.6. Comparación cobertura 802.11a y 802.11b

Además, frecuencias altas en radiofrecuencia requieren mucha energía. Las baterías de estos equipos móviles deberían ser muy grandes o durarían poco, lo cual contradice la filosofía de una red inalámbrica. En la actualidad este estándar solo está implantado en U.S., aunque hay grupos de trabajo para poder popularizarlo en otros lugares.

- **Compatibilidad entre 802.11a & 802.11**

El estándar 802.11a no es directamente compatible con el estándar original 802.11 o su extensión 802.11b ó 802.11g. La principal razón de esto es que operan en rangos de frecuencia diferentes, el primero lo hace a 5 GHz y los otros a 2.4 GHz. Otra razón es la técnica de codificación usada, OFDM frente a FHSS o DSSS, usada por los estándares 802.11 y 802.11b.

Sin embargo, esta usa la misma capa MAC (con Carrier Sense Múltiple Access/Collision Avoidance, CSMA/CA) que la recomendada en la 802.11. Esto hace que pueda interoperar con otras capas MAC de redes basadas en 802.11.

### **3.3.4 IEEE 802.11g**

Es un estándar muy novedoso, vio la luz en el 2003, trabaja en la banda de los 2.4 GHz y es capaz de alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps, aunque puede trabajar también a velocidades de 48, 36, 24, 18, 11, 5.5, 2 y 1 Mbps. Este se diferencia del 802.11b en que puede opcionalmente usar OFDM, en lugar de DSSS (la norma 802.11g establece que se debe usar OFDM para velocidades por encima de 11 Mbps).

La aportación más importante de este estándar es el conseguir una mayor velocidad en la banda de 2.4 GHz, así como incorporar OFDM, lo cual la hace ser más eficiente que el resto de los estándares de la 802.11 en esta banda.

El que el 802.11g pueda obtenerse como una evolución del 802.11b, lo hace muy apetecible en entornos en los que ya existe una WLAN 802.11b. Al ser compatible permite que ambas coexistan en la misma red, lo que puede posibilitar una actualización paulatina de sus usuarios de la red 802.11b a la red 802.11g.

Las empresas proveedoras de acceso a Internet inalámbrico tienen en esta la posibilidad de dar acceso de muy alta velocidad a sus usuarios, compatible con otro acceso de menos velocidad (802.11b) con la misma infraestructura.

La red 802.11g será la competidora directa de la 802.11a, en prestaciones dentro de las redes inalámbricas, además de las ventajas de compatibilidad con las versiones anteriores como la 802.11 y 802.11b.

Se espera que cuando este estándar se establezca, domine a los otros y sea la única opción que los usuarios consideren para sus redes. El problema que tendrá este estándar será el operar en una banda sujeta a muchas fuentes de interferencias y cada vez más poblada.

- **Compatibilidad entre 802.11g & 802.11**

Como la 802.11g es retrocompatible con la 802.11b y esta es con la 802.11, ambas son compatibles. Para usarla en las dos últimas, la codificación que deberemos usar será DSSS y la velocidad vendrá limitada a como máximo 2 Mbps.

## 3.4 COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA 802.11

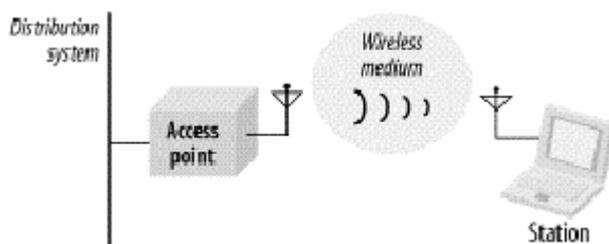
En este apartado se intentarán separar los diferentes aspectos que conforman la arquitectura 802.11 y tener una comprensión global de la misma. Se verán aspectos como componentes físicos que la forman, estructuras, tipos, así como otros aspectos de interés. Así mismo, al final de este se discutirá su extensión a la 802.11b, 802.11a y 802.11g.

### 3.4.1 Componentes físicos

Cualquier red basada en alguna de las variantes del 802.11 está compuesta por cinco componentes físicos básicos. La existencia en el mercado de dichos dispositivos capaces de interconectarse de forma barata y sencilla ha dado origen a una gran variedad de aplicaciones que sobrepasan ampliamente el ámbito de utilización en entornos empresariales para el que nacieron las WLAN.

El uso de todos o sólo alguno de ellos dependerá de la situación a la que se intente hacer frente. Estos componentes son:

- Sistema de distribución.
- Punto de acceso.
- Controlador de puntos de acceso.
- Medio inalámbrico.
- Estación.



**Figura 3.7. Componentes físicos de la arquitectura**

- **Sistema de distribución**

Las limitaciones físicas determinan la distancia máxima posible entre estaciones de trabajo, pero en algunas redes esta no es suficiente. Si se dispone de una red extensa, compuesta por una serie de puntos de acceso, necesitaremos alguna forma para conectarlos. Los puntos de acceso pueden estar distantes, pero pueden estar formando parte de la misma red, la idea de conectarlos busca extender la zona de cobertura. De forma que las estaciones móviles puedan comunicarse con otras a través de la comunicación entre los puntos de acceso.

El Sistema de Distribución (DS) es el componente físico de la 802.11 que se encarga de conducir las tramas hasta su destino. En el estándar no se fija ninguna tecnología concreta para el DS. Este componente tiende a equipararse a la columna vertebral de la red (backbone network), usada para enviar tramas entre los puntos de acceso.

- **Punto de acceso**

En el texto del estándar se define un punto de acceso (AP) como una estación provista de acceso al sistema de distribución y capaz de proveer de los servicios del sistema de distribución, además de actuar como una estación (apartado 5.2.1.1 de la 802.11). El punto de acceso es el centro de las comunicaciones de la mayoría de las redes inalámbricas. El punto de acceso no sólo es el medio de intercomunicación de todos los terminales inalámbricos, sino que también es el puente de interconexión con la red fija e Internet.

Las tramas en la red deben convertirse de un tipo en otro para poder ser enviadas a cualquier destino. Dentro de la WLAN las funciones básicas que puede realizar un punto de acceso son:

- **Portal**, para redes 802.X, de otro tipo (Internet, Intranet, etc...).
- **Puente**, hacia otros puntos de acceso para extender los servicios de acceso.
- **Router**, para direccionar los datos dentro de la zona de cobertura.

En general, los AP's realizan una extensa variedad de funciones, pero una de las más importantes es actuar como puente entre la red cableada y la red inalámbrica, función de portal. Para poder conectar una arquitectura 802.11 en una LAN cableada se define un componente lógico en la arquitectura, el portal. El portal es el punto lógico por el que las MSDU's (MAC Service Data Unit) pueden pasar de una red 802.x al sistema de distribución de la red 802.11 y viceversa.

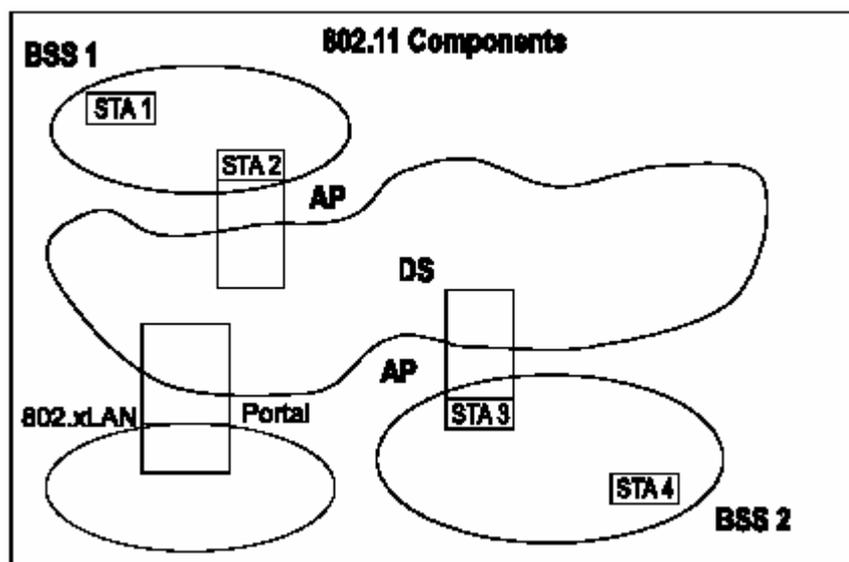


Figura 3.8. Concepto de portal

Un punto de acceso puede realizar a la vez las funciones de punto de acceso y de portal. Esto puede ocurrir en los casos en los que el sistema de distribución se realiza con componentes de LAN basadas en 802, en los que ese punto de acceso es el que tiene conexión a las otras redes.

- **Controlador de puntos de acceso**

El controlador de puntos de acceso, es el dispositivo necesario, para despliegues que requieren de varios puntos de acceso por razones de cobertura y/o tráfico.

Dentro de la WLAN, las funcionalidades básicas que puede realizar un controlador de puntos de acceso son como [1]:

- Punto de acceso
- Cliente VPN (Virtual Private Networks)
- Cliente Radius (Remote Authentication Dial In User Service)
- Routing
- Firewall

- **Medio inalámbrico**

Para enviar tramas de una estación a otra, como es de esperar, el medio usado es el medio inalámbrico.

La arquitectura define varios tipos de capas físicas, para una capa MAC. Tres capas físicas de radiofrecuencia y otra basada en infrarrojos, como se menciona en el capítulo anterior y que en posteriores apartados se estudiarán de forma más detallada.

- **Estación**

La principal función de cualquier red, es la de intercambiar datos entre las diferentes estaciones que la componen.

Estas suelen ser algún tipo de computadoras, provistas de interfaces de red inalámbricas, tanto portátiles como no. El caso más habitual será el caso de un ordenador, portátil o no, provisto de alguna de las posibles tarjetas de red inalámbricas.

### **3.4.2 Arquitectura red Wi-Fi**

Las características de las redes dependerán de las necesidades a cubrir, así como de las prestaciones que queramos obtener.

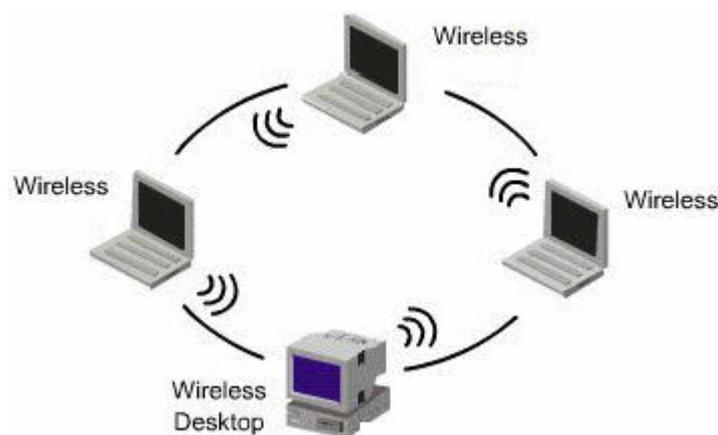
El elemento fundamental de la arquitectura de las redes 802.11 es la celda, la cual se puede definir como el área geográfica en la cual una serie de dispositivos se interconectan entre sí por un medio aéreo. En general, esta celda estará compuesta por estaciones y un único punto de acceso. Las estaciones son adaptadores que permiten la conversión de información,

generalmente encapsulada bajo el protocolo Ethernet, existente en terminales o equipos clientes, y su envío y recepción dentro de la celda. El punto de acceso es el elemento que tiene la capacidad de gestionar todo el tráfico de las estaciones y que puede comunicarse con otras celdas o redes. Es a todos los efectos un bridge que comunica a nivel 2 (enlace) los equipos, tanto de su celda de cobertura, como a otras redes a las cuales estuviese conectado. A esta configuración se le denomina Grupo de Servicio Básico BSS (“Basic Service Set”).

El BSS es, por tanto, una entidad independiente que puede tener su vinculación con otros BSS a través del punto de acceso mediante un Sistema de Distribución (DS, “Distribution System”). El DS puede ser integrado (comunica el BSS con una red externa), cableado (con otros BSS a través de cable como por ejemplo una red Ethernet fija convencional), o también inalámbrico, en cuyo caso se denomina WDS (“Wireless Distribution System”).

Dentro de una red Wi-Fi podemos tener una serie de alternativas [3]:

- **BSS independiente (IBSS).** Es una celda inalámbrica en la cual no hay sistema de distribución y, por tanto, no tiene conexión con otras redes.
- **Modo Ad-hoc.** Es una variante del IBSS en el cual no hay punto de acceso. Las funciones de coordinación son asumidas de forma aleatoria por una de las estaciones presentes. El tráfico de información se lleva a cabo directamente entre los dos equipos implicados, sin tener que recurrir a una jerarquía superior centralizadora, obteniéndose un aprovechamiento máximo del canal de comunicaciones. La cobertura se determina por la distancia máxima entre dos estaciones, la cual suele ser apreciablemente inferior a los modos en los que hay un punto de acceso. Es un modo de empleo infrecuente por las connotaciones de aislamiento que conlleva, aunque puede ser muy útil cuando el tráfico existente se reparte entre todos los equipos presentes.

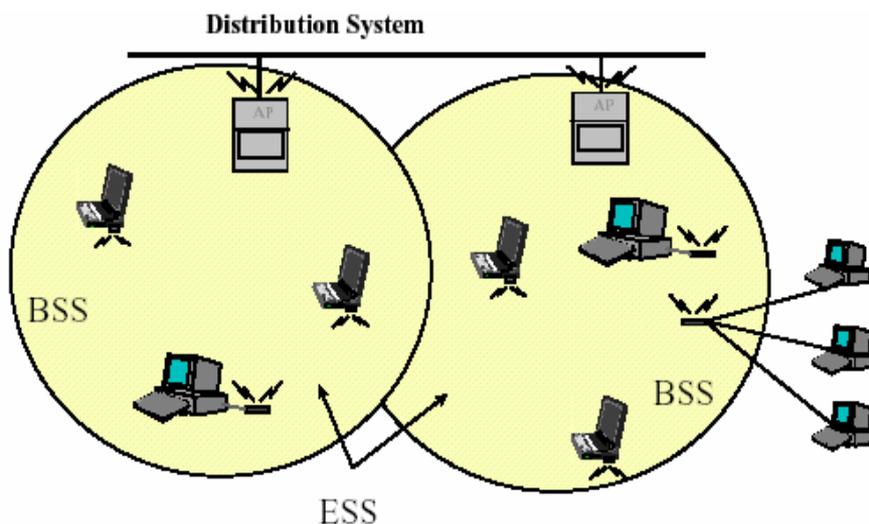


**Figura 3.9. Red Ad-Hoc**

- **Modo infraestructura.** En este caso el punto de acceso realiza las funciones de coordinación. Todo el tráfico tiene que pasar por él, por lo

que hay una clara pérdida de eficiencia cuando dos estaciones dentro de un mismo BSS desean comunicarse entre sí ( los paquetes de información son enviados una vez al punto de acceso y otra vez al destino). Es una arquitectura apropiada cuando la mayor parte del tráfico se origina o finaliza en las redes exteriores a las cuales está conectado el punto de acceso. La zona cubierta ahora por una BSS está definida por la distancia al punto de acceso. Una estación para poder establecer comunicación con otra, ambas deberán estar en la zona de cobertura del punto de acceso, aunque la distancia entre ellas no les permita verse. El uso de un punto de acceso permite a las estaciones entrar en estado de ahorro de energía. El punto de acceso controla cuando una estación entra en estado de ahorro de energía y almacena en un buffer las tramas dirigidas a esta, para su posterior envío. El ahorro de energía es de capital importancia para la duración de las baterías y hacer equipos más portátiles, con baterías más ligeras. Este es el modo de funcionamiento que se emplea habitualmente para conectar una red inalámbrica con redes de acceso a Internet (ADSL, RDSI,..) y redes locales de empresa.

➤ **BSS Extendido (ESS).** Es un caso específico del modo infraestructura, representado por un conjunto de BSS asociados mediante un sistema de distribución. Esto permite una serie de prestaciones avanzadas opcionales como el roaming entre celdas. De esta forma conseguimos un área de cobertura mayor que la proporcionada por una BSS. Un ESS se consigue por tanto uniendo varias BSS's a un único DS (Distribution System). Las BSS's podrán estar superpuestas parcialmente, físicamente separadas, superpuestas o en presencia de IBSS y aun así podremos formar la ESS.



**Figura 3.10. Concepto de ESS**

Para poder identificar de manera inequívoca a las celdas inalámbricas se les asigna un nombre de red consistente en una cadena con longitud máxima de 32 caracteres denominado SSID (Service Set Identifier). Para poder agregarse a una determinada celda es requisito indispensable que el equipo

tenga en su configuración interna el mismo SSID. Si se desea que la estación se conecte a cualquier celda inalámbrica presente, se deberá poner como parámetro "ANY". Inmediatamente el equipo analizará todas las celdas que están presentes y se conectará a una de ellas adoptando su SSID, generalmente con el criterio de la que mayor nivel de señal posea.

### 3.4.3 Arquitecturas básicas de despliegues

Una vez entendidos los modos y servicios internos que proporciona la recomendación 802.11, se pueden describir los principales modelos de arquitecturas que se pueden emplear en los despliegues de redes inalámbricas [3].

- **Modo punto de acceso básico.** Es el modo de infraestructura más elemental en el cual un punto de acceso (puede ser un bridge o un router), está conectado a una red local y en su parte inalámbrica puede tener asociados un conjunto de estaciones. Es el modo habitual en la mayor parte de las más pequeñas instalaciones. En algunos casos se denomina modo root.
- **Modo con roaming.** Si se disponen de varios puntos de acceso y se configuran como una ESS con la misma SSID en todas las celdas, entonces es posible realizar el roaming de las estaciones entre ellas. Es la disposición más acertada para instalaciones de envergadura y que necesitan movilidad.
- **Modo de balanceo de carga.** En zonas con elevado consumo que puede llegar a degradar e incluso saturar la capacidad de un punto de acceso, pueden desplegarse uno o más puntos de acceso en la misma ubicación y en canales de frecuencia no interferentes de tal forma que se consiga repartir el número de estaciones y su carga entre ellos de forma dinámica. El SSID será igual en todos. El ancho de banda será teóricamente el de un punto de acceso multiplicado por el número de ellos. Además del aumento del ancho de banda, proporciona cierto nivel de redundancia que reduce el impacto de una falta de operatividad de un punto de acceso, aunque a costa del consumo de varios canales de frecuencia.
- **Modo hot stand-by.** Se configuran dos puntos de acceso en la misma ubicación con idénticos parámetros y conectados a la misma red fija. Uno de ellos se pone en modo activo y el otro en stand-by en escucha permanente. En cuanto detecta que el primer punto de acceso no está operativo, cambia al modo activo y toma el control de la celda. Aunque no pueden proporcionar el doble de ancho de banda como en el caso del modo de balanceo de carga, sólo consumen un canal de frecuencia.
- **Modo repeater.** Un punto de acceso se conecta a otro mediante WDS (Sistema de distribución inalámbrico) y ambos empleando el mismo canal y SSID. De esta forma el segundo punto de acceso extiende la cobertura del primero y permite que estaciones alejadas accedan a la red local cableada. Como inconveniente, se ha de indicar que se reduce muy por debajo del 50% la eficiencia del medio por

necesitar enviar cada paquete de información dos veces a través del mismo canal.

- **Modo bridge.** Permite conectar dos o más redes cableadas mediante un segmento inalámbrico. Uno de los bridges actúa en modo root, centralizando el tráfico, mientras que los otros adaptadores actúan como estaciones. La solución con sólo dos bridges es la apropiada para enlaces punto a punto, por ejemplo para interconectar las redes de dos edificios distantes.
- **Modos híbridos.** Se configuran por la combinación de alguno de los anteriores, como por ejemplo un modo de punto de acceso básico con estaciones y a la vez con un bridge conectado con equipos fijos en su red cableada.

Actualmente la mayoría de los equipos inalámbricos pueden operar en múltiples modos.

### 3.5 MODELO DE REFERENCIA

Como se ha mencionado en algunos apartados anteriores, el estándar presenta una arquitectura que se divide en dos partes principales: la capa MAC y la capa física. Estas corresponden muy fielmente a las capas inferiores del modelo de referencia OSI.

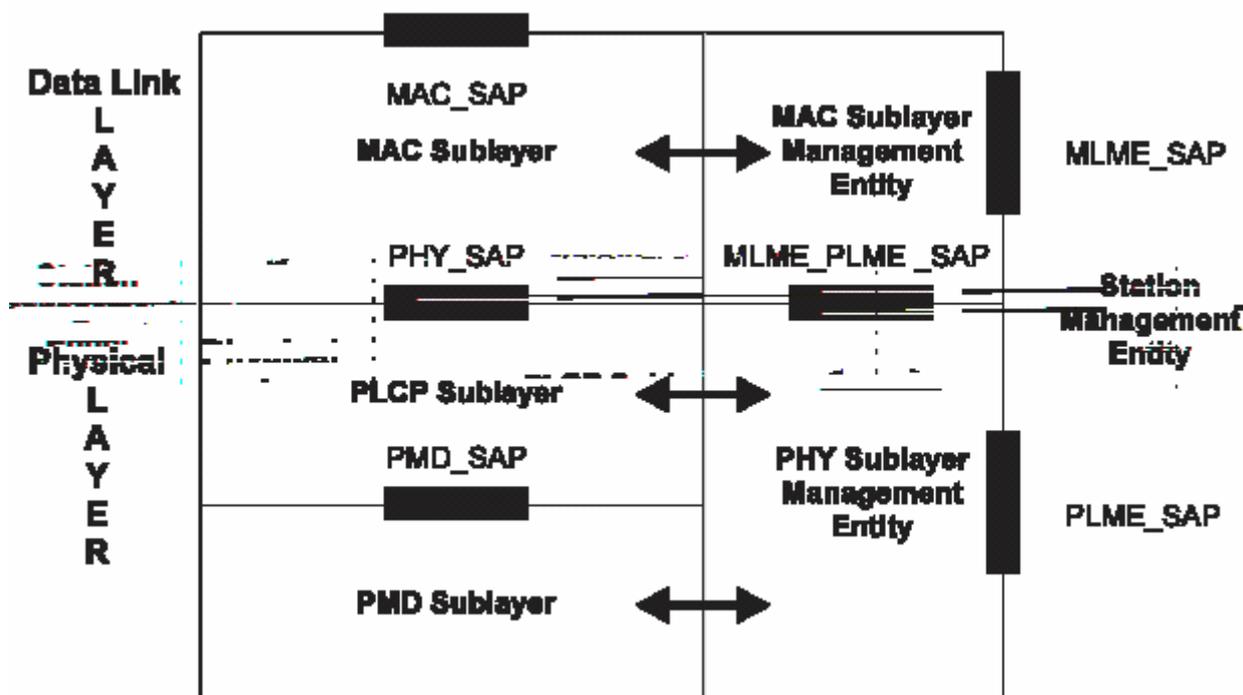


Figura 3.11. Modelo de referencia

En este apartado sólo se pretende mostrar las capas y subcapas que se describen en el estándar mediante la Figura 3.11, sin entrar en más detalles, a fin de que sirva de introducción para los posteriores capítulos, que estudiarán más a fondo las capas y sus propiedades.

### 3.6 REFERENCIA A LA 802.11b, 802.11a y 802.11g

Todos los conceptos descritos por los apartados anteriores se han citado en función a la 802.11. Podría pensarse en definirlos de nuevo para la 802.11b, 802.11a y 802.11g. Pero esto no es necesario, como se dijo en otros apartados, los anteriores están basados en la 802.11 y sólo corresponden a extensiones en la capa física de ésta y algunas otras pequeñas modificaciones.

Así, la 802.11b es una extensión para conseguir una mayor tasa en la banda de los 2.4 GHz. La 802.11a corresponde a una intención de llevar la 802.11 a la banda de los 5 GHz. La creación de la 802.11g busca el conseguir velocidades equivalentes a las conseguidas en la banda de 5 GHz, pero en la banda de 2.4 GHz.

Para alcanzar sus diferentes propósitos variarán sus propiedades en la capa física, pero el resto de los aspectos son comunes. De aquí que sea fácil entender que los diferentes estándares sean compatibles en su capa MAC y de forma selectiva en su capa física.

En conclusión, todos los aspectos y conceptos tratados en este estudio son extensibles a todos los estándares de redes inalámbricas basadas en la 802.11, salvo que se especifique lo contrario en el texto.

### 3.7 REFERENCIAS

- [1] Alonso Montes, José Ignacio; Franco Beltrán, Carlos; Mellado García, Francisco; Pérez Subías, Miguel; Plaza Fernández, José Fabián; Ramos González, Victoria: "La situación de las tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes ("Wi-Fi")", 2004.
- [2] Mengíbar Rosales, Anastasio Manuel: "Sistemas Wireless 802.11a, 802.11b y 802.11g", 2004.
- [3] Cimadevila Lage, Enrique: "Arquitecturas con redes Wi-Fi", Diciembre 2003.
- [4] Pablo Iñiguez Villarroya: "Redes Inalámbricas: IEEE 802.11, seguridad y otros aspectos".
- [5] Jahanzeb Khan; Anis Khwaja: "Building Secure Wireless Network with 802.11", Wiley Publishing Inc. 2003.