

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

I.T. Telecomunicación (Sist. de Telecomunicación)

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

## “Rediseño y planificación de la red inalámbrica del CRAI ”

**TRABAJO FINAL DE  
CARRERA**

Autora:

**Laura Ferrando Moratal**

Directores:

**D. Jaime Lloret Mauri**

**D<sup>a</sup>. Sandra Sendra Compte**

**GANDIA, 2011**



## Índice General

Índice General	2
Agradecimientos	3
Índice de tablas	4
Índice de figuras	5
Capitulo 1: Introducción	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivos	6
1.3 Trabajos previos	6
1.4 Estructura del proyecto	7
Capítulo 2: Estándares inalámbricos	9
2.1 Estándares	9
2.2 Comparaciones de las diferentes variantes	11
Capítulo 3: Escenario y hardware utilizado	12
3.1 Descripción del escenario	12
3.2 Red de la UPV	14
3.3 Software y hardware utilizado	14
Capitulo 4: Medidas obtenidas	16
4.1 Planta Baja	16
4.2 Primera planta	19
4.3 Segunda planta	22
Capítulo 5: Rediseño de la red inalámbrica	26
5.1 Planificación de la LAN inalámbrica.	26
5.2 Resultados de reubicación de los APs.	26
Capítulo 6: Ubicación de los canales	29
Capitulo 7: Estudio analítico	31
Capitulo 8: Estudio comparativo	34
Capítulo 9: Conclusiones	36
9.1 Conclusión del trabajo realizado	36
9.2 Valoración personal	36
9.3 Trabajos futuros	37
Referencias	38



## **Agradecimientos**

En primer lugar quería agradecer a mis tutores Jaime LLoret y Sandra Sendra, por el empuje y ayuda proporcionada en este proyecto.

A Jaime por animarme en los momentos en los que estaba a punto de tirar la toalla y tener tanta paciencia conmigo, muchas gracias Jaime.

A Sandra por la ayuda prestada durante la redacción de este, resolviendo mis dudas e inquietudes y dándome mucho apoyo.

Y por último, quería agradecer la colaboración de todas aquellas personas que de alguna forma han participado en este proyecto y han ayudado a que sea mejor, en especial a mis padres y mi hermano, que me han apoyado en todo momento.

Gracias a todos.



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Comparación de las variantes IEEE 802.11	11
<b>Tabla 2.</b> Datos Upvnet2G planta baja.	16
<b>Tabla 3.</b> Datos Upvnet planta baja.	17
<b>Tabla 4.</b> Datos Eduroam planta baja.	17
<b>Tabla 5.</b> Datos Upvnet2G primera planta.	19
<b>Tabla 6.</b> Datos Upvnet primera planta.	20
<b>Tabla 7.</b> Datos Eduroam primera planta.	20
<b>Tabla 8.</b> Datos Upvnet2G segunda planta.	22
<b>Tabla 9.</b> Datos Upvnet segunda planta.	23
<b>Tabla 10.</b> Datos Eduroam Segundo planta.	23
<b>Tabla 11.</b> Distribución de canales para que no existan interferencias en la planta baja	29
<b>Tabla 12.</b> Distribución de canales para que no existan interferencias en la primera planta.	29
<b>Tabla 13.</b> Distribución de canales para que no existan interferencias en la segunda planta.	29



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Plano de la escuela politécnica superior de Gandia	12
<b>Figura 2.</b> Plano planta baja del CRAI	12
<b>Figura 3.</b> Plano primera planta del CRAI	13
<b>Figura 4.</b> Plano segunda planta del CRAI	13
<b>Figura 5.</b> Linksys WUSB600N	14
<b>Figura 6.</b> Punto de acceso cisco Aironet 1130AG	15
<b>Figura 7.</b> Programa inSSIDer	15
<b>Figura 8.</b> Plano de cobertura de la red Upvnet en la planta baja	18
<b>Figura 9.</b> Plano de cobertura de la red Upvnet2G en la planta baja	18
<b>Figura 10.</b> Plano de cobertura de la red Eduroam en la planta baja	19
<b>Figura 11.</b> Plano de cobertura de la red Upvnet en la primera planta	21
<b>Figura 12.</b> Plano de cobertura de la red Upvnet2G en la primera planta	21
<b>Figura 13.</b> Plano de cobertura de la red Eduroam en la primera planta	22
<b>Figura 14.</b> Plano de cobertura de la red Upvnet en la segunda planta	24
<b>Figura 15.</b> Plano de cobertura de la red Upvnet2G en la segunda planta	24
<b>Figura 16.</b> Plano de cobertura de la red Eduroam en la segunda planta	25
<b>Figura 17.</b> Reubicación puntos acceso en planta baja	27
<b>Figura 18.</b> Reubicación puntos acceso en primera planta	27
<b>Figura 19.</b> Reubicación puntos acceso en segunda baja	28
<b>Figura 20.</b> Canales en la banda de frecuencia de 2.4GHz	29
<b>Figura 21.</b> Media de la señal en la planta baja	31
<b>Figura 22.</b> Media de la señal en la primera planta.	32
<b>Figura 23.</b> Media de la señal en la segunda planta.	32
<b>Figura 24.</b> Señales en la planta baja	34
<b>Figura 25.</b> Señales en la primera planta	35
<b>Figura 26.</b> Señales en la segunda planta	35



## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Introducción

Una red de área local inalámbrica, también conocida como WLAN, es un sistema de comunicación de datos inalámbricos flexible, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de estas. Utiliza tecnologías de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas. [1]

Hasta hace unos años, se creía que las redes por cable eran más rápidas y seguras que las redes inalámbricas. Pero las mejoras continuas de los estándares y las tecnologías de las redes inalámbricas han eliminado esas diferencias de velocidad y seguridad.

Algunas de las ventajas de utilizar una red inalámbrica son:

- La comodidad: Puedes acceder a los recursos de red desde cualquier ubicación dentro del área de cobertura de la red inalámbrica.
- Movilidad. Permite desplazarte sin perder la conexión dentro del área de cobertura.
- Instalación sencilla. No requiere un sistema de cables, por tanto, la instalación es más rápida y económica.
- Capacidad de ampliación o escalabilidad. Es posible ampliar fácilmente la extensión de una red inalámbrica con el equipo existente, mientras que una red por cable requiere cableado adicional.
- Seguridad. Los avances en las redes inalámbricas proporcionan una seguridad sólida.
- Coste. Puesto que las redes inalámbricas eliminan o reducen los costes de cableado, su funcionamiento puede resultar más económico que el de las redes por cable.

### 1.2 Objetivos

En la presente memoria se muestra el trabajo llevado a cabo, para el estudio de las ubicaciones óptimas de los puntos de acceso, situados en el edificio del Centro de Recursos para el Aprendizaje e Investigación (CRAI) situado en la Escuela Politécnica Superior de Gandía. Este proyecto ha sido realizado por petición del centro de Cálculo de la Universidad Politécnica de Valencia.

El principal objetivo de este proyecto es el estudio de la cobertura actual que ofrecen los puntos de acceso en su actual ubicación, y proponer, en función de los resultados obtenidos, el rediseño de la colocación de estos, para obtener la máxima cobertura posible dentro del edificio.

Como objetivo secundario se buscará la relación de la caída de la señal radio con la distancia en el interior del edificio de cada una de las señales.

### 1.3 Trabajos previos

Existen diversos trabajos previos relacionados con el diseño de las redes inalámbricas.

El 2 de abril de 2003, Salvador Esteve Segarra presentó el proyecto con título “Diseño y cobertura de la Red Inalámbrica de la Universidad Politécnica de Valencia (parte este) cuyo tutor fue Jaime Lloret Mauri, profesor del departamento de comunicaciones. En este proyecto se realizó un diseño de red inalámbrica en todos los edificios situados en la parte este del Campus de Vera a partir del cálculo de las pérdidas de las paredes de cada edificio. [2]

El 11 de abril de 2003, Sergio Escrivá Martínez presentó el proyecto con título “Diseño de la Red Local Inalámbrica de la Universidad Politécnica de Valencia (parte Oeste) cuyo director fue Jaime Lloret Mauri, profesor del departamento de comunicaciones. En este proyecto también se realizó un diseño de red inalámbrica en todos los edificios situados en la parte oeste del Campus de Vera a partir del cálculo de las pérdidas de las paredes de cada edificio. Este proyecto es el



## I.T. en Telecomunicaciones (Esp- Sistemas de Telecomunicación)

complementario al proyecto anterior, con los dos proyectos estaba diseñada la red inalámbrica de la UPV es su totalidad en ese momento. [3]

En septiembre de ese mismo año (2003), Salvador Vicente Martínez Pizarro entrego un proyecto titulo “Diseño de la Red local inalámbrica de la Escuela Politécnica Superior De Gandia”. Cuyo director fue Jaime Lloret Mauri, profesor de esta escuela. Consistía en lo mismo que los dos anteriores pero en este caso, para la escuela de Gandia. [4]

El 7 de abril de 2004 se presentaba un proyecto de Juan Francisco Baldoví Ortells, titulado “Diseño De Coberturas Para Wlan'S En Zonas De Área Extensa”. En él, se demostraba la validez de un método de trabajo que facilitaba enormemente el cálculo y diseño de los mapas de cobertura necesarios para implantar una red inalámbrica de grandes dimensiones basada en los protocolos *IEEE 802.11b* e *IEEE 802.11g*, eliminando así el principal inconveniente con que nos encontrábamos anteriormente: la excesiva complejidad que requiere el proceso de asegurar las coberturas en toda la zona. [5]

Proyecto presentado por Verónica Espada titulado “Diseño y cobertura de la red inalámbrica IEEE802.11b en la Escuela politécnica superior de Alcoy”. Este proyecto formaba parte de una serie de proyectos que se estaban haciendo en todas las escuelas de la Universidad Politécnica de Valencia –UPV–, para conseguir que en todas las escuelas de la UPV de Valencia, Gandia y Alcoy, se tenga conexión inalámbrica a las redes. Y dar un apoyo a las aulas de informática y laboratorios que muchas veces tanta falta hace. Fue presentado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy el 10 de septiembre del 2003 y los directores eran: Raúl Llinares Llopis y Jaime Lloret Mauri. [6]

### **1.4 Estructura del proyecto**

La realización de este trabajo final de carrera, se divide en diversas fases y cada capítulo explicará las tareas que cada fase ha englobado:

El primer capítulo, hace una pequeña introducción sobre lo que se centra este proyecto, así como los trabajos anteriores realizados por mis compañeros.

El segundo capítulo, muestra los diferentes estándares inalámbricos que están siendo empleados para la implementación de redes inalámbricas. En él podremos ver las principales características de funcionamiento de cada tecnología, así como la relación entre las velocidades de transmisión máxima en función de las distancias a las que se desea transmitir.

Llegados al capítulo tres, se presentan las tres redes que posee la universidad, Upvnet, Upvnet2G, Eduroam, con las que se realizan las medidas, así como el material utilizado, tanto software como hardware.

El capítulo cuatro, recoge los planos de cobertura obtenidos después de realizar las medidas en el lugar in situ.

El capítulo cinco muestra cuáles son los puntos de accesos que debemos reubicar y dónde debemos añadir más, para obtener la máxima cobertura posible.

En el capítulo seis, realizaremos la ubicación de los canales para que no existan interferencias entre ellos.

En el capitulo siete, realizaremos una estudio analítico sobre cuál es la señal media de cada una de las señales en cada planta de edificio.

En el capitulo ocho, se puede observar un estudio comparativo sobre cuál es la red que presenta mayor señal.



## I.T. en Telecomunicaciones (Esp- Sistemas de Telecomunicación)

---

En el último capítulo, expondremos las conclusiones sobre el trabajo realizado. En ella será veré mi valoración personal sobre el propio trabajo y conocimientos adquiridos después de finalizar este trabajo.



## Capítulo 2: Estándares inalámbricos

En este capítulo veremos los diferentes estándares inalámbricos existentes en la actualidad.

IEEE 802 es un conjunto de estándares para redes de área local (LAN) definidos por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Este organismo define los estándares de obligado cumplimiento, en este caso en el desarrollo de productos de red. Uno de estos estándares es el IEEE 802. Existen muchos estándares individuales dentro del paraguas del IEEE 802, incluyendo los IEEE 802.3 (redes basadas en cable) y los IEEE 802.11 (redes inalámbricas) que veremos en detalle a continuación. [7]

### 2.1 Estándares

El IEEE 802.11 es un estándar que define como se utilizan las frecuencias de radio en las bandas de frecuencia ISM (Industrial, científica y médica) no autorizados para la capa física y la subcapa MAC de enlaces inalámbricos.

Cuando el IEEE 802.11 fue publicado por primera vez prescribía una velocidad de datos de entre 1 y 2 Mbps en la banda de 2,4Ghz. En ese momento, las LANs cableadas operaban a 10 Mbps, razón por la que la nueva tecnología inalámbrica no fue abrumadoramente aceptada

Desde entonces, los estándares de LAN inalámbrica han ido mejorando continuamente con la publicación del IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n.

Normalmente, la elección del estándar WLAN a utilizar depende de las velocidades de datos. Por ejemplo IEEE 802.11a y g pueden soportar hasta 54 Mbps, mientras que el IEEE 802.11b solo llega a un máximo de 11 Mbps. Esto hace que este estándar sea el más lento y que el 802.11a y IEEE 802.11g sean las principales elecciones. Un cuarto borrador WLAN IEEE 802.11n, supera las velocidades de datos disponibles en la actualidad. IEEE 802.11n debería ser ratificado pronto.

La velocidad de datos de cada uno de los estándares viene dado por las técnicas de modulación. Las dos técnicas utilizadas son DSSS (espectro disperso de secuencia directa) y la OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal.)

Cuando un estándar usa OFDM dispone de velocidades de datos más rápidas. Además, DSSS es más sencillo que OFDM, por lo que resulta más barato de implementar.

#### IEEE 802.11a

El IEEE 802.11a adoptó la técnica de modulación OFDM y utiliza la banda de 5 GHz.

Los dispositivos IEEE 802.11a que operan en la banda de 5 GHz tienen menos probabilidades de sufrir interferencias que los dispositivos que operan en la banda de 2,4 GHz porque existen menos dispositivos comerciales que utilizan la banda de 5GHz. Además, las frecuencias más altas permiten la utilización de antenas más pequeñas.

Existen algunas desventajas importantes al utilizar la banda de 5 GHz. La primera es que, a frecuencia de radio más alta, mayor es el índice de absorción por parte de obstáculos tales como paredes, y esto puede ocasionar un rendimiento pobre del IEEE 802.11a debido a las obstrucciones. El segundo es que esta banda de frecuencia alta tiene un rango más acotado que el IEEE 802.11b o el g. Además, algunos países, incluida Rusia, no permiten la utilización de la banda de 5 GHz, lo que puede restringir más su implementación.



### **IEEE 802.11b y IEEE 802.11g**

IEEE 802.11b especifica las velocidades de datos de 1, 2, 5.5 y 11 Mbps en la banda ISM de 2,4 GHz usando Espectro disperso de secuencia directa (DSSS). IEEE 802.11g logra velocidades superiores en esa banda mediante la técnica de modulación OFDM.

El IEEE 802.11g también especifica la utilización de DSSS para mantener la compatibilidad con los sistemas IEEE 802.11b. El DSSS admite tasas de datos de 1, 2, 5.5 y 11 Mbps, así como las velocidades OFDM de 6, 9, 12, 18, 24, 48 y 54 Mbps.

Existen ventajas en la utilización de la banda de 2,4 GHz. Los dispositivos en la banda de 2,4 GHz tendrán mejor alcance que aquellos en la banda de 5 GHz. Además, las transmisiones en esta banda no se pueden obstruir fácilmente como en IEEE 802.11a.

Hay una desventaja importante al utilizar la banda de 2,4 GHz. Muchos dispositivos de clientes también utilizan la banda de 2,4 GHz y provocan que los dispositivos IEEE 802.11b y g tiendan a tener interferencia.

### **IEEE 802.11n**

El borrador del estándar IEEE 802.11n fue pensado para mejorar las tasas de datos y el alcance de la WLAN sin requerir energía adicional o asignación de la banda RF. IEEE 802.11n usa múltiples tipos de radios y antenas en los puntos finales capaces de difundir en la misma frecuencia para establecer muchos flujos la tecnología MIMO (múltiples entradas y múltiples salidas) divide un flujo con una velocidad de datos elevada en otros flujos con unas velocidades menores, y los difunde simultáneamente sobre las antenas disponibles. Esto permite una velocidad teórica de datos máxima de 600 Mbps. [8]



## 2.2 Comparaciones de las diferentes variantes

Las principales diferencias entre las variantes que se incluyen en IEEE 802.11 se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Comparación de las variantes 802.11

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
<b>Banda</b>	5.7Ghz	2.4Ghz	2.4Ghz	2.4 y 5Ghz
<b>Velocidades de datos</b>	hasta 54 Mbps	Hasta 11 Mbps	Hasta 11 Mbps /54 Mbps	Hasta 248 Mbps para dos flujos MIMO
<b>modulación</b>	OFDM	DSSS	DSSS/OFDM	MIMO-OFDM
<b>Canales</b>	hasta 23	3	3	
<b>Max Throughput</b>	25Mbps	7Mbps	25Mbps	144Mbps
<b>Cobertura típica en interiores</b>	30m (54Mbps)	30m (11Mbps)	30m (54Mbps)	75m (500Mbps)
	90m (6MBps)	90m (1MBps)	90m (1MBps)	90m (70MBps)
<b>Cobertura típica en exteriores</b>	120m (54Mbps)	30m (11Mbps)	120m (54Mbps)	300m (500Mbps)
	460m (1MBps)	300m (1MBps)	460m (1MBps)	1150m (1MBps)
<b>Ventajas</b>	Hasta 35 metros. Rápida, menos propensa a las interferencias	Hasta 35 metros. Bajo coste, rango adecuado	Hasta 35 metros. Rápida, rango adecuado, no es fácil de obstaculizar	Hasta 70 metros. Velocidades de datos muy elevadas, rango mejorado
<b>Inconvenientes</b>	Coste más elevado, rango más corto	Lento, susceptible a las interferías	susceptible a las interferencias de los aparatos que operan en 2.4 GHz	



## Capítulo 3: Escenario y hardware utilizado

### 3.1 Descripción del escenario

El CRAI es un edificio de nueva construcción que se encuentra ubicado en la escuela politécnica superior de Gandia. En él se concentran los servicios de biblioteca, aulas de informática, aulas de libre acceso, etc. La figura 1 muestra la ubicación de este espacio, correspondiente al edificio H. [9]



Figura 1. Plano de la escuela politécnica superior de Gandia

Este edificio consta de tres plantas.

En la planta baja (Fig. 2) encontramos el mostrador de información, con los despachos del personal de la biblioteca. Una sala de usos múltiples. Una gran sala de estudio con su área de consulta y varias aulas para el estudio en grupo. Y el aula de informática de libre acceso.

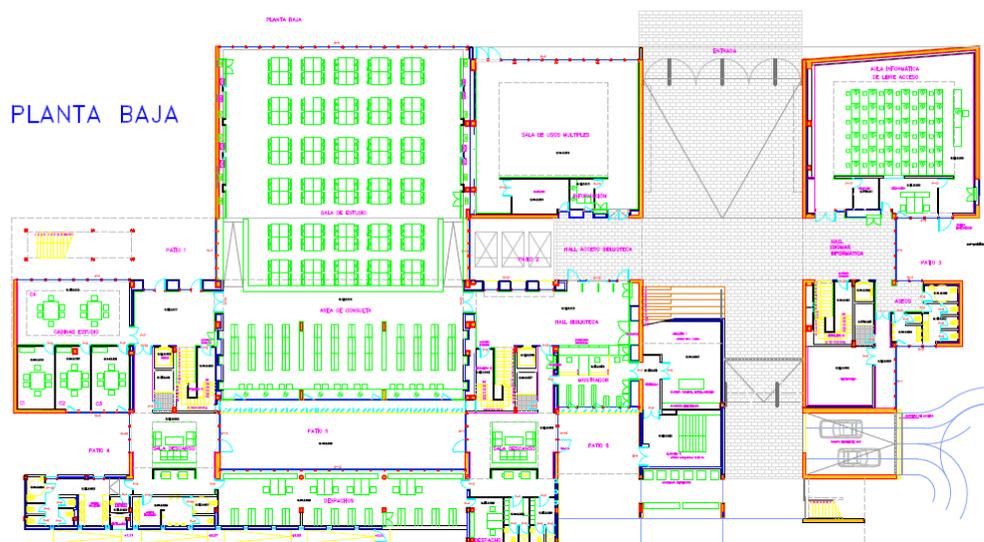


Figura 2. Plano planta baja del CRAI

En la primera planta (Fig. 3) podemos encontrar varias aulas de informática, el aula de proyectos final de carrera, aula de estudio en grupo y sala de estudios.





### 3.2 Red de la UPV

La red de la escuela politécnica superior de Gandía (EPSG), al ser un campus de la Universidad politécnica de Valencia (UPV), también tiene desplegadas 4 redes: EDUROAM, UPVNET2G, UPVNET y UPV-INFO. Conectarse a ellas permite el acceso a internet y a los recursos compartidos de la intranet, a excepción de EDUROAM que solo da acceso a Internet [10].

#### UPVNET

Red con conexión directa a todos los recursos de la UPV y a intranet. Requiere que la tarjeta inalámbrica soporte WPA/WPA2

#### UPVNET2G

Red de conexión directa a todos los recursos de la UPV y a internet. Requiere que la tarjeta inalámbrica soporte WPA/WPA2

#### EDUROAM

Red inalámbrica desplegada en gran parte de las universidades y centros de investigación europeos y de otros países, para ofrecer servicio de conexión a internet a todos sus miembros usando la cuenta de usuario de su institución de origen. La tarjeta inalámbrica debe soportar WPA/WPA2

#### UPV-INFO

Red diseñada para dar información de conexión a la red inalámbrica. Entrega direccionamiento IP privada por lo que no tiene acceso a Internet al asociarse a ella. Necesita una segunda conexión para tener acceso a Internet y a los recursos de la UPV.

Esta segunda es una Conexión de Red Privada Virtual (VPN). Sólo se debe usar en ordenadores muy antiguos que no tengan soporte para WPA

Las redes que yo voy a analizar son Upvnet, Upvnet2G, Eduroam.

### 3.3 Software y hardware utilizado.

Para la realización del trabajo se realizó una intensiva campaña de medidas en el edificio de recursos para el aprendizaje y la investigación (CRAI).

Tras conseguir los planos del CRAI, el siguiente paso fue la toma de medidas propiamente dicha, se tomaron numerosas medidas de señal en diferentes emplazamientos del edificio. Para ver cuál es la señal de potencia obtenida en cada lugar.

- Hardware utilizado para la toma de medidas.

Linksys WUSB600N: dispositivo USB inalámbrico (Fig. 5) que se ha utilizado como dispositivo de captura de las medidas. Esta tarjeta inalámbrica es capaz de captar las señales IEEE 802.11 a/b/g/n. Su potencia de transmisión es de 16dbm en todas las variantes y su sensibilidad del receptor es de aproximadamente -91dBm, posee dos antenas internas. En la transmisión el consumo de energía es menor a 480mA y en la recepción 300mA. [11]



Figura 5. Linksys WUSB600N



## I.T. en Telecomunicaciones (Esp- Sistemas de Telecomunicación)

Con el fin de tomar las medidas de cobertura, he utilizado un ordenador portátil con procesador de doble núcleo a 2 GHz por núcleo y 2 Gbyte de RAM.

Los Puntos de acceso utilizados en este edificio son cisco Aironet 1130AG (AIR-AP1131AG-E-K9), mostrados en la figura 6. La velocidad de datos utilizada es hasta los 54 Mbps, tiene la opción de trabajar en 2.4 GHz o 5 GHz. Tiene un alcance máximo en el interior de 100 metros en la variante a y 122m en la variante g. En el exterior el alcance máximo es de 198m para IEEE 802.11a y 274m para IEEE 802.11 g, tienen la posibilidad de ser alimentados por PoE (alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet)) [12].



Figura 6. Punto de acceso cisco Aironet 1130AG

- Software

InSSIDer: Es una herramienta del software libre, liberada bajo la licencia de Apache 2.0, que sirve para detectar redes inalámbricas y administrar, en un modo gráfico, la intensidad de estas señales. La figura 7 muestra una captura de pantalla de la ventana principal de trabajo. Este programa permite detectar todas las redes inalámbricas en el área de prueba en la pantalla del ordenador y las listas de todos sus detalles: SSID, dirección MAC, el canal, la señal de radio, indicador de fuerza (RSSI), el tipo de red, seguridad, la velocidad y la intensidad de la señal y permite el control de la calidad de la señal. También se podía monitorizar su potencia de señal para que, llegado el caso de que esta baje y la de otra red sea más fuerte, seas avisado y puedas incluso cambiarte de red para seguir con óptima señal. [13]

Vendor	Dirección MAC	SSID	Canal	RSSI	Seguridad	Tipo de red	Velocidad	Primera vista	Último visto	Location
Cisco	00:12:44:b2:97...	UPVNET	1	-95	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:97...	UPVINFO	1	-91	None	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:97...	eduoaam	1	-89	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:7d...	eduoaam	5	-95	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco-Lin...	00:25:9c:3b:b5	didwet-2	6	-57	None	Infraestructura	65	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:76...	UPVNET	11	-47	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:77...	UPVNET2G	11	-79	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:76...	UPVNET2G	11	-49	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:77...	UPVINFO	11	-81	None	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:76...	UPVINFO	11	-49	None	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:77...	eduoaam	11	-73	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:77...	UPVNET	11	-79	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:76...	eduoaam	11	-49	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:76...	eduoaam	108	-65	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:76...	UPVNET	108	-65	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:76...	UPVNET2G	108	-63	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:76...	UPVINFO	108	-65	None	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:77...	UPVNET	140	-77	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:77...	UPVNET2G	140	-79	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:77...	UPVINFO	140	-77	None	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b7:77...	eduoaam	140	-77	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:41	18:28:35	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:94...	UPVINFO	1	-83	None	Infraestructura	54	18:21:42	18:25:20	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:94...	UPVNET	1	-95	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:42	18:25:20	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:97...	UPVNET2G	1	-89	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:42	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:7d...	UPVNET	5	-83	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:42	18:28:36	0.00000, 0.00000
Cisco Sys...	00:19:07:34:f4f2	UPVNET2G	11	-100	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:43	18:25:56	0.00000, 0.00000
Cisco Sys...	00:19:07:34:f4f0	UPVINFO	11	-100	None	Infraestructura	54	18:21:43	18:26:39	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:94...	UPVNET2G	1	-100	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:49	18:24:03	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b2:94...	eduoaam	1	-95	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:49	18:24:25	0.00000, 0.00000
Cisco Sys...	00:19:07:34:f4f3	eduoaam	11	-100	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:21:51	18:26:45	0.00000, 0.00000
Cisco	00:12:44:b3:7d...	UPVNET2G	5	-83	RSNA-CC	Infraestructura	54	18:22:08	18:28:36	0.00000, 0.00000

Figura 7. Programa inSSIDer



## Capítulo 4: Medidas obtenidas

La superficie medida es toda aquella zona interior pisable del edificio, donde los alumnos o personal de la universidad tienen acceso. Entendemos como zona pisable, aquellos lugares donde la gente puede conectarse cómodamente, así que se excluyen los baños, las escaleras exteriores, almacenes, etc....

Para realizar las medidas, se dibuja una cuadrícula de 4x4 metros en cada una de las plantas del edificio. Esto, nos permite tomar medidas de las diferentes redes, en los mismos lugares. Para la toma de medidas se sitúa el portátil con la antena Linksys WUSB600N en cada uno de los puntos marcados, a una altura de 50 cm del suelo y con el programa InSSIDer se realizan las capturas de los valores de las señales recibidas.

Consideraremos que una zona, tiene buena cobertura, cuando la señal recibida en ella, sea superior a los -70dBm.

### 4.1 Planta baja

Tras las medidas de coberturas realizadas en el lugar, obtenemos los siguientes datos (Tablas 2, 3, 4) de los que convertimos en mapas de coberturas (8, 9, 10).

**Tabla 2.** Datos Upvnet2G planta baja

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-73	-69	-69	-71	-77	-73	-87	-85	-91	-90	-100	-100	-100	-77	-75	-77	-79	-79
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-67	-65	-69	-77	-67	-67	-85	-87	-85	-100	-100	-100	-75	-73	-73	-73	-75
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-67	-65	-65	-69	-67	-67	-85	-87	-83	-100	-100	-100	-69	-71	-75	-63	-75
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-65	-61	-59	-65	-67	-67	-73	-76	-79	-100	-100	-100	-77	-73	-73	-65	-71
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-67	-63	-55	-65	-45	-67	-63	-63	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-69	-73
6	-57	-57	-47	-63	-65	-50	-55	-57	-55	-55	-49	-59	-59	-67	-67	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
7	-55	-41	-41	-45	-67	-57	-67	-49	-53	-59	-59	-53	-59	-61	-65	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8	-57	-69	-63	-67	-69	-69	-59	-49	-55	-63	-100	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
9	-67	-59	-57	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
10	-100	-100	-100	-100	-71	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-100	-69	-83	-75	-73	-69	-65	-55	-55	-55	-65	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
12	-100	-100	-100	-100	-100	-75	-100	-100	-100	-100	-100	-79	-79	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100



**Tabla 3.** Datos Upvnet planta baja

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-75	-59	-75	-69	-73	-73	-87	-85	-91	-100	-100	-100	-100	-77	-77	-77	-79	-81
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-69	-75	-69	-73	-67	-67	-85	-91	-100	-100	-100	-100	-75	-73	-71	-75	-77
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-65	-65	-67	-69	-65	-67	-85	-89	-100	-100	-100	-100	-69	-71	-75	-63	-79
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-65	-61	-61	-63	-65	-71	-73	-73	-100	-100	-100	-100	-69	-71	-75	-65	-71
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-67	-63	-55	-65	-45	-61	-61	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-69	-73
6	-55	-49	-45	-63	-69	-50	-55	-57	-53	-61	-61	-45	-61	-67	-73	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
7	-55	-43	-41	-63	-67	-55	-65	-50	-53	-57	-53	-59	-59	-69	-69	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8	-57	-67	-63	-67	-67	-65	-61	-50	-63	-63	-63	-65	-100	-71	-71	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
9	-67	-57	-59	-63	-67	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
10	-100	-100	-100	-100	-71	-63	-61	-59	-50	-57	-57	-59	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-71	-71	-83	-75	-61	-75	-63	-59	-61	-59	-59	-57	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

**Tabla 4.** Datos Eduroam planta baja

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-75	-59	-71	-71	-75	-73	-87	-85	-91	-100	-100	-100	-100	-77	-77	-77	-79	-79
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-69	-73	-69	-75	-67	-67	-85	-91	-100	-100	-100	-100	-77	-73	-71	-73	-75
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-69	-69	-65	-69	-67	-67	-85	-89	-100	-100	-100	-100	-69	-71	-75	-63	-75
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-69	-65	-61	-59	-65	-67	-71	-73	-73	-100	-100	-100	-100	-69	-71	-75	-65	-71
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-69	-69	-65	-55	-65	-47	-61	-63	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-69	-73
6	-55	-57	-47	-63	-67	-53	-55	-57	-55	-53	-61	-49	-63	-67	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
7	-55	-43	-41	-63	-67	-57	-67	-49	-53	-59	-53	-59	-59	-67	-71	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8	-57	-67	-61	-67	-67	-69	-61	-49	-63	-63	-63	-63	-100	-71	-71	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
9	-67	-57	-59	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
10	-100	-100	-100	-100	-71	-69	-61	-59	-50	-57	-57	-59	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-43	-75	-83	-79	-75	-75	-63	-59	-61	-59	-59	-57	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

La figuras 8, 9 y 10 muestran la cobertura de las señales medidas en la planta baja. Hay 5 puntos de acceso que dan cobertura a toda la planta. En todas ellas, se pueden observar cuatro lugares con mayor nivel de cobertura, superiores a los -50dBm, que corresponden con la ubicación de los puntos de acceso. Asimismo podemos observar que el punto de acceso situado fuera del aula informática de libre acceso (B), proporciona niveles de cobertura inferiores a -70dBm en el interior de dicha aula.

La figura 8, muestra la cobertura de la red UPVNET en la planta baja. En la sala de usos múltiples tenemos muy poca cobertura en la parte izquierda (A) debido a que la señal se ve muy atenuada por tener que atravesar varias paredes.



Figura 8. Plano de coberturas de la red upvnet en la planta baja

La figura 9 muestra la cobertura de la señal upvnet2G en la planta baja. Se puede observar tres lugares con mayor nivel de cobertura, superiores a los  $-50\text{dBm}$ , que corresponden con la ubicación de los puntos de acceso. En la sala de usos múltiples tenemos muy poca cobertura en la parte izquierda debido a que la señal se ve muy atenuada por tener que atravesar varias paredes.

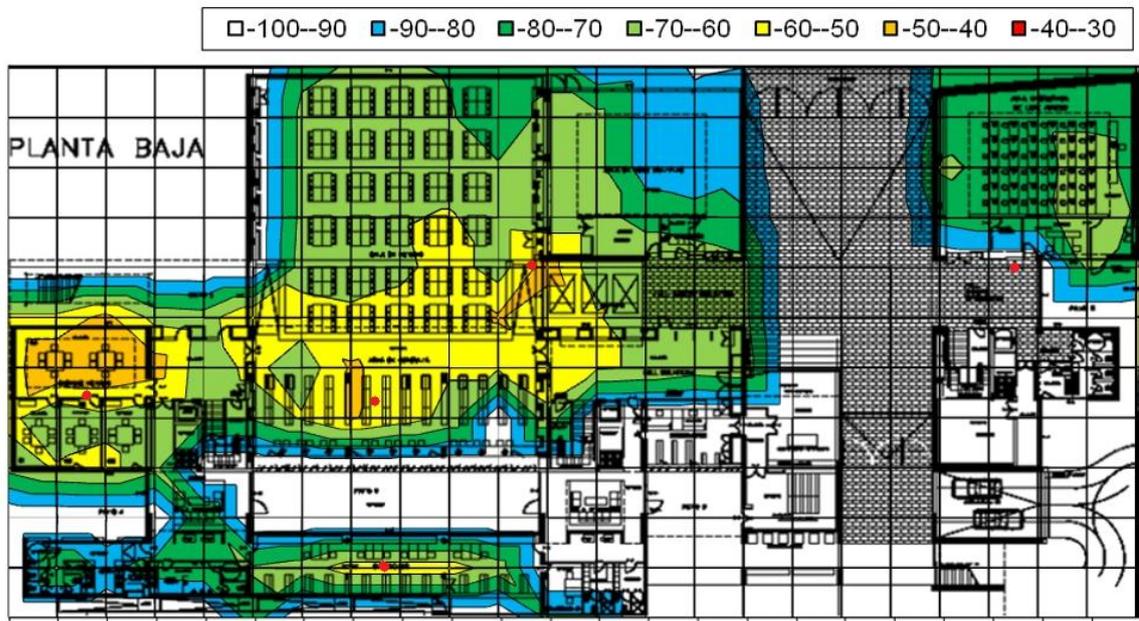


Figura 9. Plano de coberturas de la red upvnet2G en la planta baja

La figura 10 muestra la cobertura de la señal EDUROAM en la planta baja. De nuevo se observan tres lugares con mayor nivel de cobertura, superiores a los  $-50\text{dBm}$ , que corresponden con la ubicación de los puntos de acceso. En este caso, más de la mitad del aula de usos múltiples (B) presenta niveles de cobertura inferiores a los  $-70\text{dBm}$ .

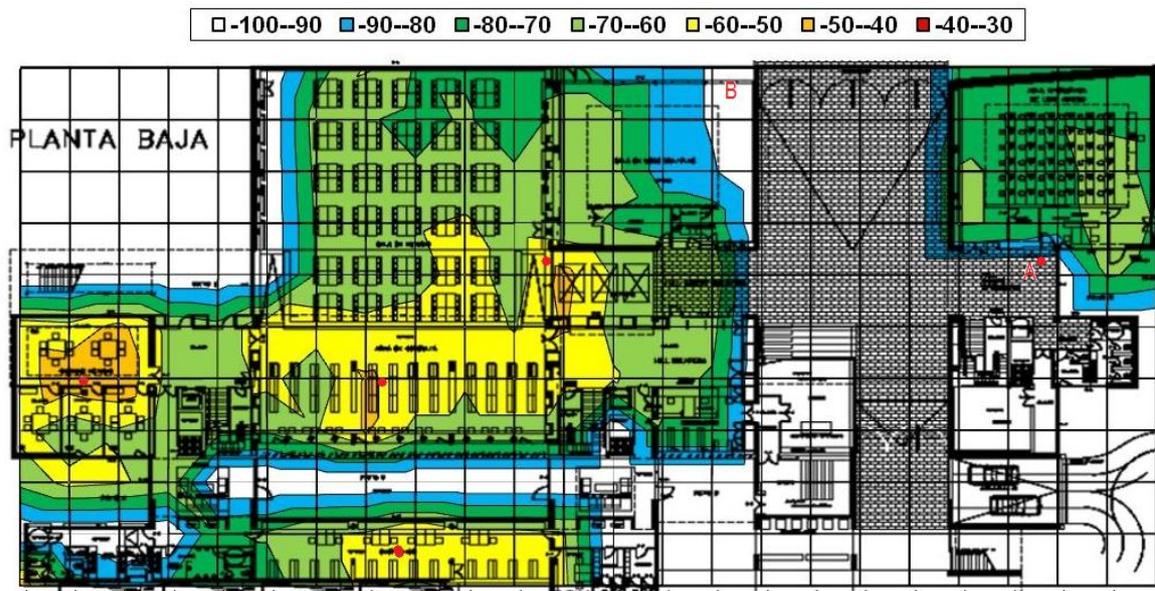


Figura 10. Plano de coberturas de la red Eduroam en la planta baja

## 4.2 Primera planta

Al igual que lo realizamos en la planta baja en esta primera planta también tomamos las medidas de coberturas, como resultado obtenemos las Tablas 5, 6, 7 de los que convertimos en mapas de coberturas (11, 12, 13).

**Tabla 5.** Datos Upvnet2G primera planta

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-61	-63	-75	-69	-69	-65	-77	-65	-71	-57	-65
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-69	-65	-63	-61	-67	-79	-65	-63	-59	-61	-61	-59
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-63	-63	-41	-57	-65	-71	-69	-69	-57	-55	-50	-63
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-59	-57	-55	-61	-61	-63	-57	-59	-45	-43	-100
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-55	-57	-100	-100	-100	-100	-55	-50	-100	-100
6	-77	-77	-69	-65	-45	-57	-71	-69	-65	-65	-65	-67	-100	-49	-59	-100	-100	-100	-100	-50	-63	-100	-100
7	-73	-67	-59	-41	-49	-100	-67	-69	-67	-67	-67	-100	-100	-41	-55	-63	-100	-100	-100	-100	-77	-79	-79
8	-79	-85	-79	-71	-63	-100	-65	-65	-65	-65	-65	-73	-100	-69	-47	-57	-100	-100	-100	-100	-79	-100	-100
9	-87	-87	-79	-65	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-63	-100	-57	-61	-69	-100	-100	-89	-89	-77	-100	-100
10	-100	-100	-100	-79	-75	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-87	-83	-77	-100	-100



**Tabla 6.** Datos Upvnet primera planta

	a	b	c	d	e	f	G	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Q	r	S	t	u	v	w
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-61	-61	-63	-65	-69	-67	-77	-65	-71	-57	-61
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-65	-63	-61	-65	-79	-65	-63	-59	-65	-61	-59
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-63	-63	-69	-57	-65	-73	-67	-67	-59	-55	-50	-65
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-63	-59	-57	-57	-61	-63	-63	-57	-59	-47	-45	-100
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-55	-57	-100	-100	-100	-100	-49	-49	-100	-100
6	-79	-79	-69	-69	-45	-61	-71	-69	-65	-65	-65	-67	-100	-49	-59	-100	-100	-100	-100	-50	-65	-100	-100
7	-73	-67	-59	-39	-43	-100	-67	-69	-77	-67	-67	-73	-100	-39	-55	-65	-100	-100	-100	-100	-77	-79	-79
8	-77	-85	-79	-73	-67	-100	-65	-69	-100	-77	-67	-63	-100	-59	-47	-57	-100	-100	-100	-100	-73	-100	-100
9	-87	-87	-79	-77	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-57	-59	-69	-100	-100	-89	-91	-65	-100	-100
10	-100	-100	-100	-79	-77	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-89	-85	-77	-100	-100

**Tabla 7.** Datos Eduroam primera planta

	a	b	c	d	e	f	G	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Q	r	S	t	u	v	w
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-61	-59	-61	-69	-69	-67	-77	-65	-71	-57	-65
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-59	-65	-63	-61	-65	-79	-65	-63	-59	-61	-61	-59
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-63	-61	-47	-57	-65	-75	-69	-69	-59	-55	-50	-63
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-67	-55	-57	-59	-61	-65	-63	-57	-59	-45	-47	-100
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-57	-59	-100	-100	-100	-100	-49	-50	-100	-100
6	-77	-77	-69	-63	-45	-53	-71	-69	-65	-65	-65	-67	-100	-59	-59	-100	-100	-100	-100	-50	-65	-100	-100
7	-73	-67	-59	-41	-59	-100	-63	-69	-75	-67	-67	-63	-67	-39	-55	-63	-100	-100	-100	-100	-77	-71	-79
8	-77	-85	-79	-71	-67	-100	-65	-69	-77	-77	-67	-71	-100	-57	-47	-57	-100	-100	-100	-100	-73	-100	-100
9	-87	-89	-79	-71	-63	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-71	-73	-57	-57	-69	-100	-100	-87	-93	-65	-100	-100
10	-100	-100	-100	-79	-79	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-91	-91	-77	-100	-100

Las figura 11, 12 y 13 muestran la cobertura de las señales medidas en la primera planta. En este caso hay 4 puntos de acceso que dan cobertura a toda la planta. Se puede observar cuatro lugares con mayor nivel de cobertura, correspondientes a la sala de proyectos, aulas de informática y el hall, que podemos encontrar delante de las aulas reservables (A). Sus niveles de señal son superiores a los -50dBm.

La figura 11 muestra la cobertura de la señal Upvnet en la primera planta. Las aulas reservables de la parte izquierda (A) tienen poca cobertura, ya que la ubicación del punto de acceso que debe proveer señal a esta zona, no está situado de modo correcto. Los despachos situados en el plano, abajo a la derecha (B), también registran bajos niveles de cobertura. Esto es debido a que están muy cerca de las escaleras y éstas producen una atenuación de la señal bastante importante.

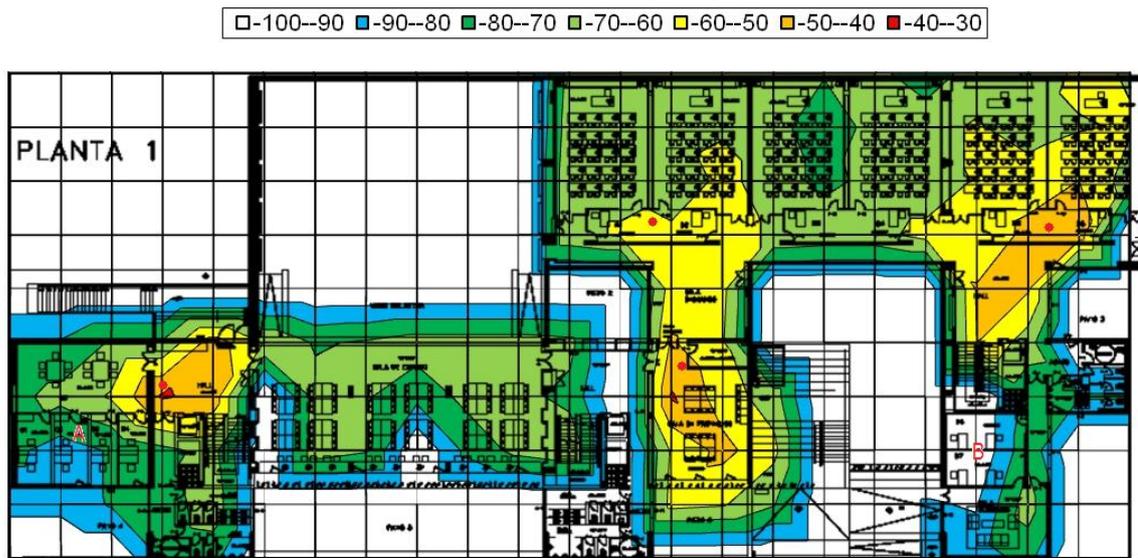


Figura 11. Plano de coberturas de la red Upvnet en la primera planta

La figura 12 muestra la cobertura de la señal upvnet2G en la primera planta. También se puede apreciar que en las aulas reservables de la parte izquierda (A) no tienen cobertura, ya que la posición del punto de acceso que debe proveer la señal a esta zona, no está situado en un lugar correcto.

Los despachos de abajo a la derecha (B), también tienen muy mala cobertura, debido a que están muy cerca de las escaleras, que generan una atenuación de la señal importante.



Figura 12. Plano de coberturas de la red upvnet2G en la primera planta

La figura 13 muestra la cobertura de la señal Eduroam en la primera planta. Se puede observar en esta planta, que en la zona de estudio, hay unas mesas con poca cobertura. Y en las aulas reservables la señal es prácticamente nula, al igual que los despachos.

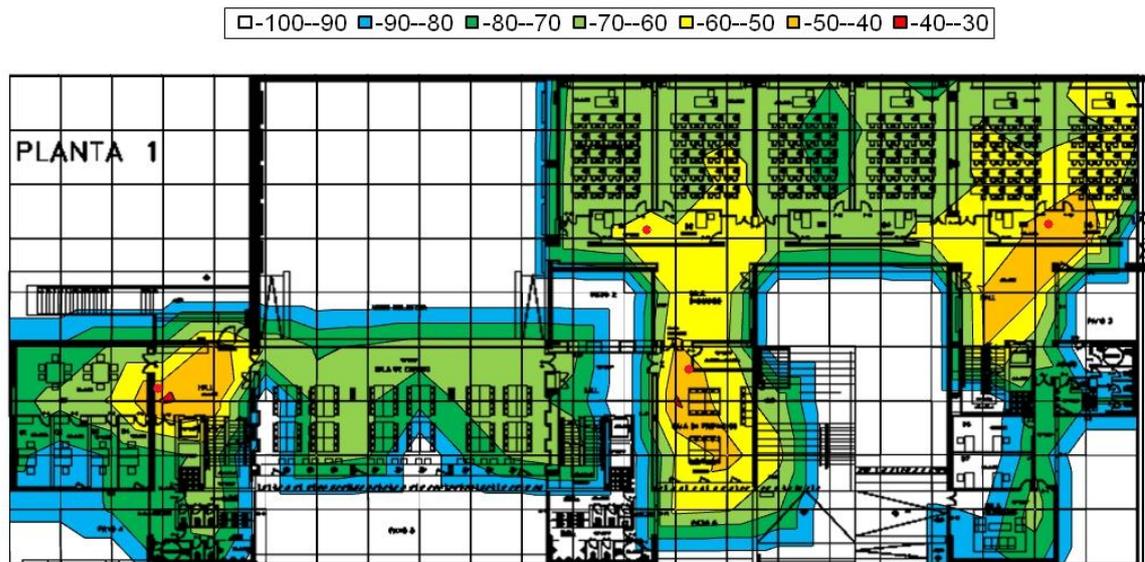


Figura 13. Plano de coberturas de la red Eduroam en la primera planta.

### 4.3 segunda planta

Al igual que en las plantas inferiores realizamos las siguientes Tablas de datos tabla 8, 9, 10 de las que convertimos en mapas de coberturas (14, 15, 16).

**Tabla 8.** Datos Upvnet2G segunda planta

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Q	r	S	t	u	v	w
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-71	-67	-63
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-59	-61	-59	-69
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-57	-55	-59	-57
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-47	-41	-67	-61
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-55	-47	-100	-100
6	-71	-65	-73	-69	-73	-73	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-75	-71	-63	-61	-77	-57	-53	-41	-47	-75
7	-71	-63	-49	-61	-67	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-71	-79	-67	-75	-69	-53	-77	-45	-59	-41	-47	-75
8	-71	-57	-59	-47	-63	-55	-61	-59	-49	-57	-47	-71	-67	-45	-57	-41	-37	-45	-55	-61,4	-50	-100	-100
9	-55	-47	-49	-49	-75	-69	-57	-63	-47	-59	-59	-69	-100	-45	-57	-41	-37	-45	-59	-100	-100	-100	-100
10	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100



**Tabla 9.** Datos Upvnet segunda planta

	a	b	C	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Q	r	S	t	u	v	w	
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-71	-67	-65
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-59	-65	-59	-69
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-59	-55	-59	-57
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-55	-41	-67	-61
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-55	-47	-100	-100
6	-71	-65	-73	-69	-73	-73	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-73	-73	-63	-59	-77	-57	-53	-41	-47	-75	
7	-71	-61	-49	-63	-67	-69	-100	-100	-100	-100	-100	-75	-77	-67	-75	-69	-53	-77	-45	-59	-41	-47	-75	
8	-71	-57	-59	-47	-100	-57	-61	-59	-49	-57	-49	-67	-67	-45	-57	-37	-45	-55	-50	-50	-100	-100	-100	
9	-55	-47	-59	-49	-100	-69	-57	-63	-47	-59	-59	-71	-67	-45	-57	-41	-37	-45	-55	-50	-50	-100	-100	
10	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

**Tabla 10.** Datos Eduroam segunda planta

	a	b	C	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Q	r	S	t	u	v	w	
1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-65	-71	-67	-65
2	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-59	-61	-59	-69
3	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-59	-55	-59	-57
4	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-47	-41	-67	-61
5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-55	-47	-100	-100
6	-71	-65	-73	-69	-73	-73	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-75	-71	-63	-61	-77	-57	-53	-41	-47	-47	
7	-71	-63	-49	-61	-67	-67	-100	-100	-100	-100	-100	-71	-79	-67	-75	-69	-53	-77	-45	-59	-41	-47	-47	
8	-71	-57	-59	-47	-65	-59	-61	-59	-49	-57	-47	-71	-67	-45	-57	-41	-37	-45	-55	-50	-50	-100	-100	
9	-55	-47	-49	-49	-75	-69	-57	-63	-47	-59	-59	-69	-67	-45	-57	-41	-37	-45	-55	-50	-50	-100	-100	
10	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

Las figura 14, 15 y 16 muestran la cobertura de las señales medidas en la segunda planta. En este caso hay 4 puntos de acceso que dan cobertura a toda la planta.

La figura 14 muestra la cobertura de la señal Upvnet en la segunda planta, en esta planta tenemos cobertura en toda la planta. En los lugares donde tenemos menor señal, son lugares poco usuales para estar trabajando.

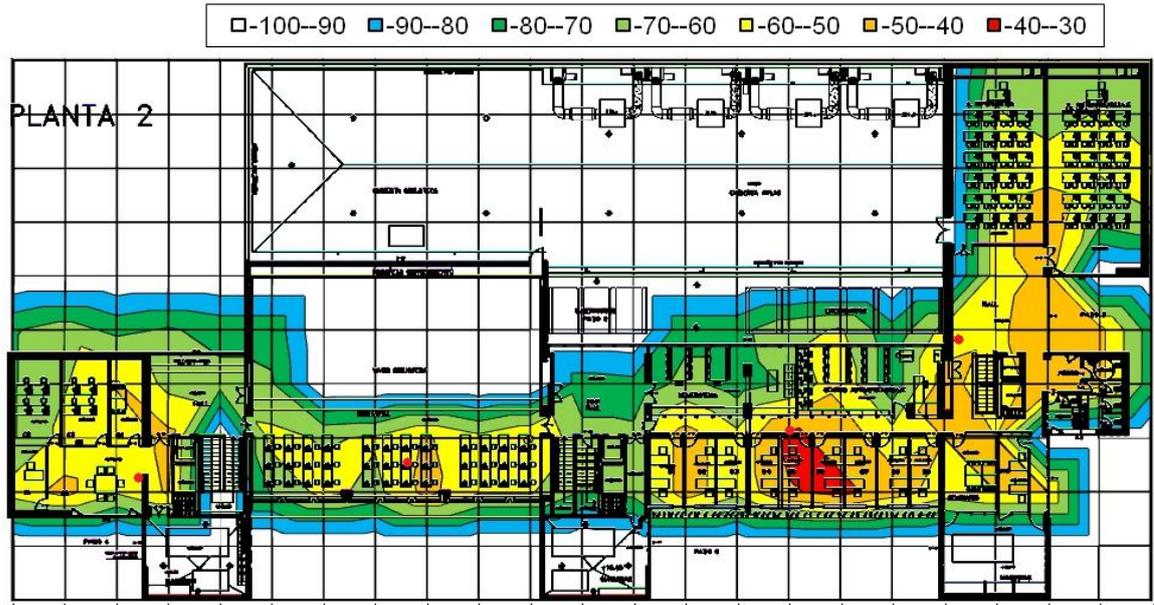


Figura 14. Plano de coberturas de la red upvnet en la segunda planta

La figura 15 muestra la cobertura de la señal upvnet2G en la segunda planta, en esta planta tenemos la señal suficiente en los lugares usuales para estar trabajando.

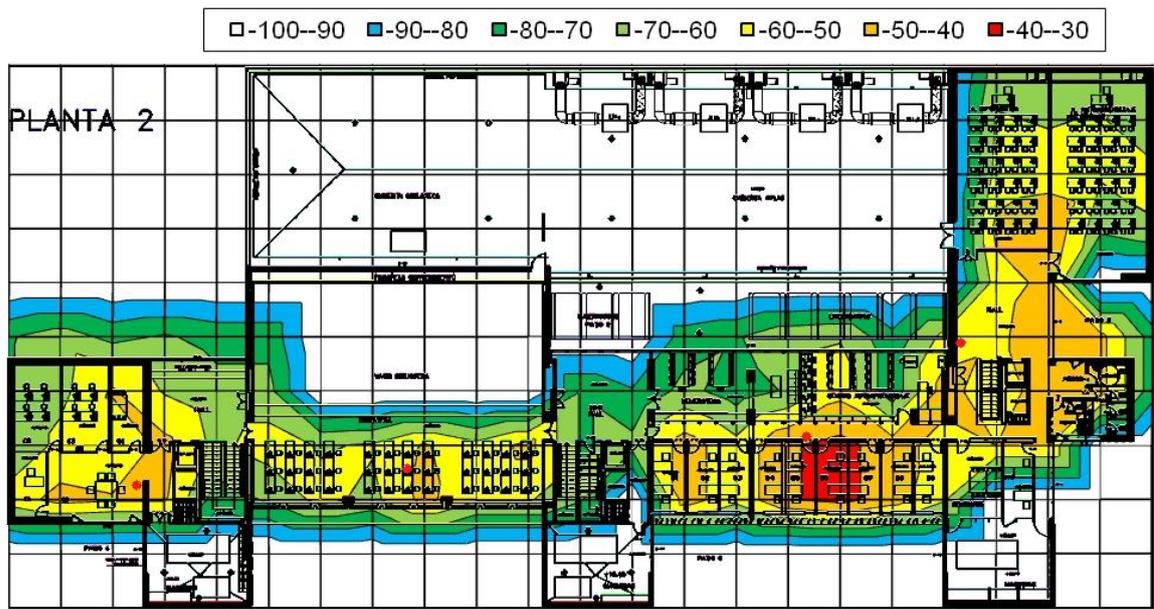


Figura 15. Plano de coberturas de la red upvnet2G en la segunda planta

La figura 16 muestra la cobertura de la señal Eduroam en la segunda planta. La señal en esta planta es la deseable, a excepción de la hemeroteca, que la señal disminuye un poco.

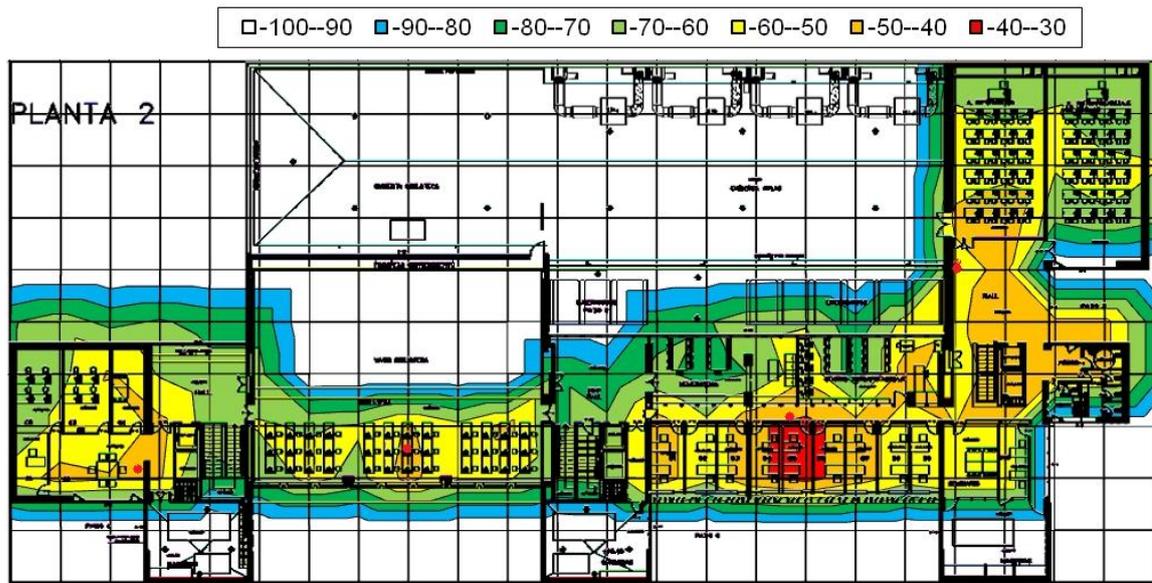


Figura 16. Plano de coberturas de la red Eduroam en la segunda

Después de analizar las imágenes, y como era de esperar el comportamiento de cada una de las señales en cada planta es similar a excepción de pequeñas variaciones.

Se ha comprobado que en los baños y sanitarios, la señal percibida es muy baja. Posiblemente sea a que en las paredes de los baños pasan muchas cañerías de agua y tubos de cobre que hace que se apantalle la señal.

Otro lugar donde se registran niveles bajos de señal son los huecos de la escalera. Las escaleras, normalmente, tienen un entramado metálico y de cimentación, que evita que la señal se propague con facilidad.



## Capítulo 5: Rediseño de la red inalámbrica

Implementar una Wlan que obtenga lo mejor de los recursos y que ofrezca el mejor servicio posible requiere una cuidadosa planificación. Las WLANs pueden oscilar desde aquellas que cuentan con instalaciones relativamente simples, hasta las que cuentan con diseños muy complejos. Antes de que la red inalámbrica se implemente es necesario contar con un plan bien documentado.

En primer lugar se observa el plano del edificio objeto del estudio (planta por planta). Se sitúa el punto de acceso en una punta del edificio y se mide hasta dónde tiene alcance. Una vez obtenidos estos puntos se realiza la misma operación pero para el resto de esquinas. Cuando todo este proceso ha terminado ya se puede obtener el lugar más idóneo dónde se debe situar el punto de acceso. Este procedimiento es infalible y proporciona con exactitud el lugar más adecuado para el AP. Sin embargo resulta muy lento, tedioso y poco práctico, pues habría que tomar infinidad de medidas y muchas veces llega a ser inviable, pues no siempre se puede tener acceso a todas las áreas del edificio que se pretende medir.[14]

En nuestro caso, se trata de una reubicación de los puntos de acceso y rediseño de la red inalámbrica. Por tanto este proceso ya debería haberse realizado.

Hasta este momento hemos realizado un estudio de las zonas de cobertura del edificio, con las ubicaciones actuales de los puntos de acceso. Como se ha visto en las figuras 8 a la 16, existen zonas donde los niveles de señal captados son inferiores a los deseados. En este capítulo veremos las modificaciones en cuanto a la ubicación de los puntos de acceso, para intentar dar cobertura a aquellas zonas, donde mediante las medidas previas, se ha observado que eran inferiores a los -70 dBm.

### 5.1 Planificación de la LAN inalámbrica

Al reubicar los puntos de acceso deberemos tener en cuenta que si estamos en una zona alejada del punto de acceso que se supone debe dar cobertura en un lugar, y justo antes tenemos unos cuartos de baño, la señal en ese punto se verá muy atenuada. Al igual que los armarios y almacenes, ya que los armarios tienen un efecto de apantallamiento de la señal al estar hechos de metal o aluminio.

### 5.2 Resultados de reubicación de los APs

En la planta baja reubicaremos varios puntos de acceso, el punto de acceso de la sala de estudio (1) lo situaremos un poco más arriba, en esa misma sala pero enfrente reubicaremos otro punto de acceso (2), así con esta reubicación conseguiremos cobertura en la totalidad de la sala de estudio, que es el lugar en el que los estudiantes se pueden poner con sus portátiles. Y ofrecer mayor cobertura a la sala de usos múltiples (Fig. 17).

En punto de acceso situado en la puerta de acceso en el aula informática de libre acceso, lo situaremos en la parte interior del aula, porque como está situado ahora al tener que atravesar varias paredes la señal se ve muy atenuada.

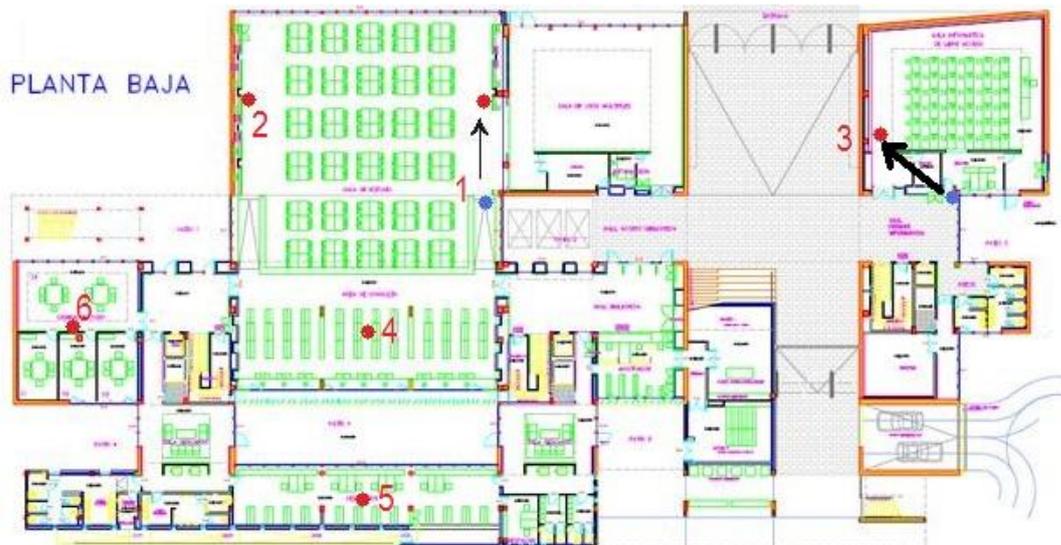


Figura 17. Reubicación de los puntos de acceso en la planta baja

En la primera planta, reubicaríamos un punto de acceso y añadiríamos dos (Fig. 18). Reubicaríamos el punto de acceso ubicado en el hall de la parte izquierda(1), a la puerta de las salas de estudio reservables, ya que así tendrá menos paredes que atravesar y la señal estará menos atenuada y no tiene mucho sentido que este colado en el hall, ya que no es un sitio habitual de estancia utilizando el ordenador.

Añadiremos un punto de acceso en la sala de estudio (2), ya que ahí es el lugar donde están los estudiantes. Otro en la aula de informática 3 (3), ya que los puntos de acceso situados en los despachos cercanos, no son suficientes para proporcionar la cobertura deseada a las 6 aulas informáticas.

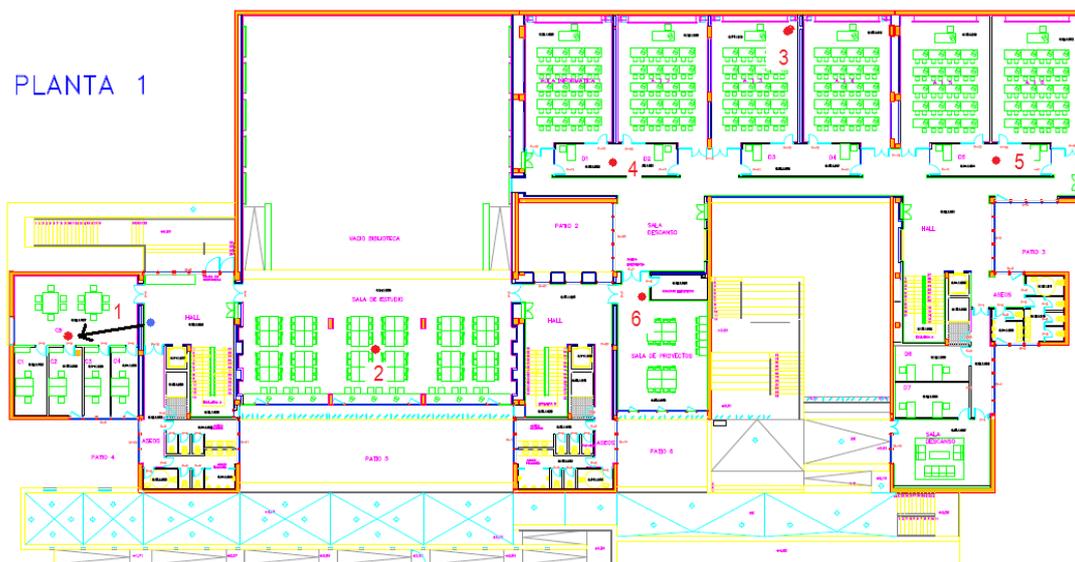


Figura 18. Reubicación de los puntos de acceso en la primera planta



En esta segunda planta no reubicaríamos, ni añadiríamos ningún punto de acceso (Fig. 19).

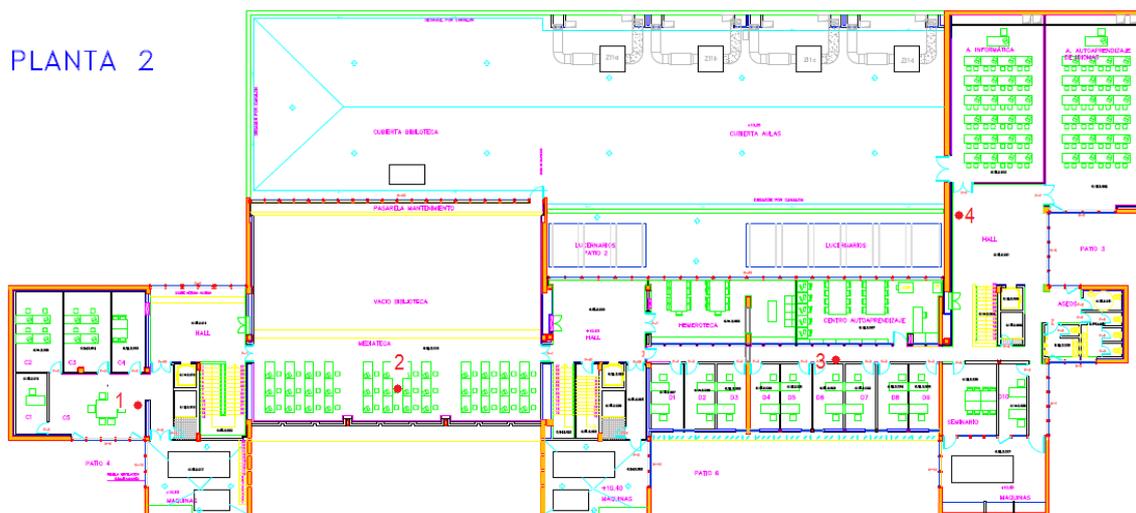


Figura 19. Reubicación de los puntos de acceso en la segunda planta



## Capítulo 6: ubicación de los canales

En la frecuencia de 2.4 GHz, tenemos 14 canales, separados 5 MHz. Cada país y zona geográfica aplica sus propias restricciones al número de canales disponibles. Por ejemplo, en Norteamérica tan sólo se utilizan los 11 primeros, mientras que en Europa disponemos de 13. El problema de esta distribución es que cada canal necesita 22MHz de ancho de banda para operar, y esto produce un solapamiento de varios canales contiguos [15]

El canal 1 se superpone con los canales 2, 3, 4 y 5, y por tanto los dispositivos que emitan en ese rango de frecuencias pueden generar interferencias. Lo mismo ocurre con el canal 6 y los canales 7, 8, 9 y 10. En España utilizamos los canales 1, 5, 9, 13. Existe un pequeño solapamiento entre estos canales, pero las interferencias generadas entre ellos son despreciables. La figura 20 representa la distribución de los canales a lo largo del espectro en frecuencia, comprendidos entre los 2.412 y los 2.484 GHz [16].

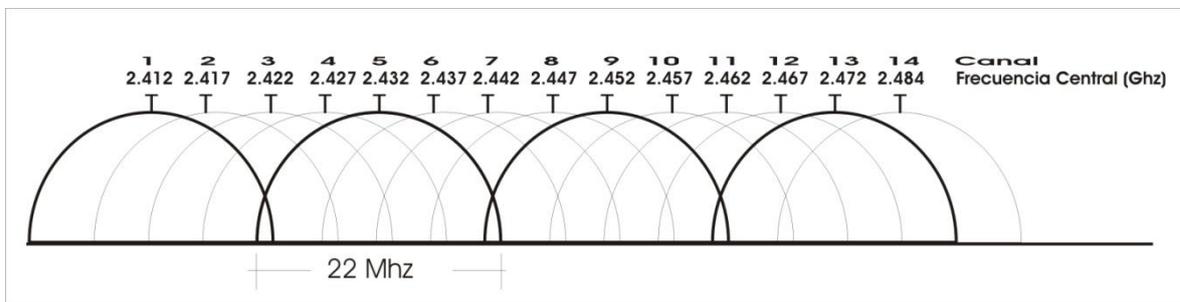


Figura 20. Canales en la banda de frecuencias 2.4 GHz

La tabla 11 muestra la ubicación de los APs antes y después del estudio, para la planta baja.

**Tabla 11.** Distribución de canales para que no existan interferencias en la planta baja

Punto de acceso	Canal propuesto	Canal actual
1	1	11
2	5	no existe AP
3	13	11
4	9	1
5	13	1
6	1	5

La tabla 12 muestra la ubicación de los APs antes y después del estudio, para la primera planta.

**Tabla 12.** Distribución de canales para que no existan interferencias en la primera planta

Punto de acceso	Canal propuesto	Canal actual
1	5	5
2	1	no existe AP
3	5	no existe AP
4	9	5
5	1	8
6	13	5



## I.T. en Telecomunicaciones (Esp- Sistemas de Telecomunicación)

Finalmente la tabla 13 muestra la ubicación de los APs antes y después del estudio, para la segunda planta.

**Tabla 13.** Distribución de canales para que no existan interferencias en la segunda planta.

Punto de acceso	Canal propuesto	Canal actual
1	1	5
2	5	1
3	9	7
4	13	1



## Capítulo 7: Estudio analítico

Vamos a realizar un estudio analítico sobre cada una de las tres señales medidas en este proyecto, Eduroam, Upvnet y Upvnet2G.

En la figura 21, se puede observar cuál es la media proporcionada por los puntos de acceso situados en la planta baja, en función de la distancia hasta el punto de acceso.

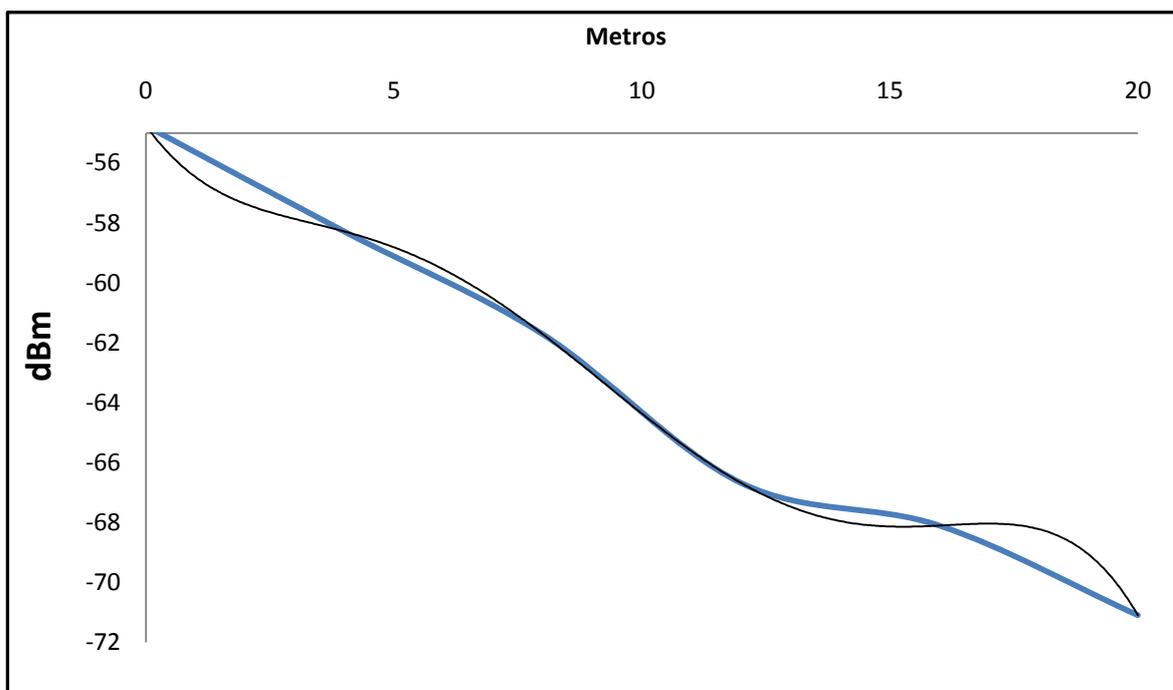


Figura 21. Media de la señal en la planta baja

A partir de la forma de onda obtenida de las medidas tomadas, podemos extraer la línea de tendencia del sistema. La ecuación 1, muestra la ecuación correspondiente a línea de tendencia (línea negra en la Fig. 21) de nuestras medidas. Tal y como se expresa en la ecuación, se trata de una expresión polinómica de quinto grado, con un coeficiente de correlación  $R^2=1$ . No obstante, se observa que en las posiciones cercanas a los (3-4 metros), y en las más alejadas (a partir de los 17 metros), de los APs, ambas gráficas varían un poco entre ellas.

$$y = -0,0001x^5 + 0,0066x^4 - 0,1078x^3 + 0,6889x^2 - 2,3012x - 54,75 \quad (1)$$

Donde,  $y$  representa el nivel de señal medio en dBm y  $x$  la distancia en metros, al punto de acceso.

En la figura 22, se puede observar cual es la media proporcionada por los puntos de acceso situados en la primera planta.

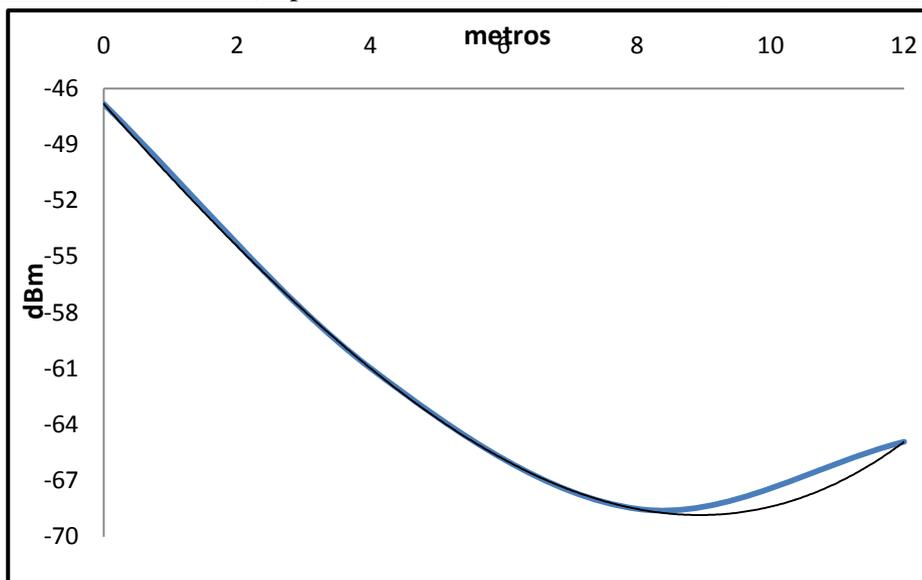


Figura 22. Media de la señal en la primera planta.

La ecuación 2, nos muestra la expresión correspondiente a línea de tendencia (línea negra en la Fig. 22) de nuestras medidas. Como podemos observar, el comportamiento de las señales inalámbricas en función de la distancia, se describe con un polinomio de tercer grado, con un coeficiente de correlación  $R^2=1$ , tal y como nos muestra la ecuación 2. Aunque, se observa que en las posiciones más alejadas (a partir de los 8 metros), de los APs, ambas gráficas varían un poco entre ellas y en el resto de puntos son idénticas.

$$y = -0,0117x^3 + 0,0665x^2 - 3,9909x - 46,833 \quad (2)$$

Donde,  $y$  representa el nivel de señal medio en dBm y  $x$  la distancia en metros, al punto de acceso.

En la figura 23, se puede observar cual es la media proporcionada por los puntos de acceso situados en la segunda planta.

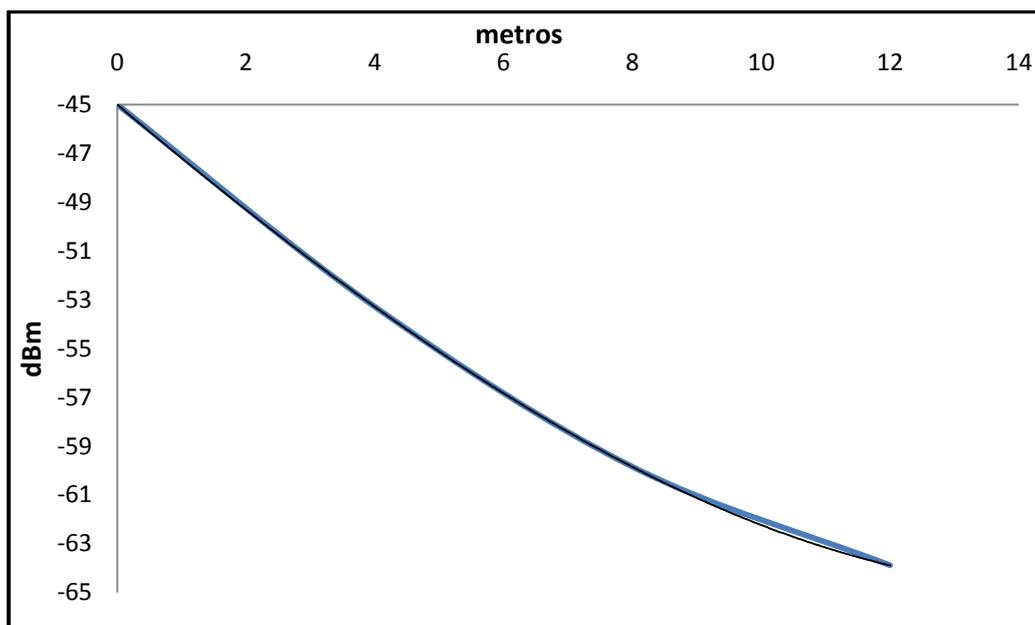


Figura 23. Media de la señal en la segunda planta



Por último, el comportamiento de las señales en la segunda planta se expresa mediante la ecuación 3, correspondiente a línea de tendencia (línea negra en la Fig. 23) de nuestras medidas. En este caso la ecuación 3 es un polinomio de tercer grado, con un coeficiente de correlación  $R^2=1$ . Se observa que ambas graficas tiene una coincidencia casi perfecta, tal y como nos muestra su coeficiente de correlación.

$$y=0,0021x^3+0,0292x^2-2,2229x-45 \quad (3)$$

Donde,  $y$  representa el nivel de señal medio en dBm y  $x$  la distancia en metros, al punto de acceso.



## Capítulo 8: Estudio comparativo

En este apartado realizaremos una comparación de las diferentes señales en una misma planta.

La figura 24 muestra las tres señales en la planta baja. Donde se puede apreciar que la señal upvnet2G proporciona mayor señal que Eduroam y Upvnet.

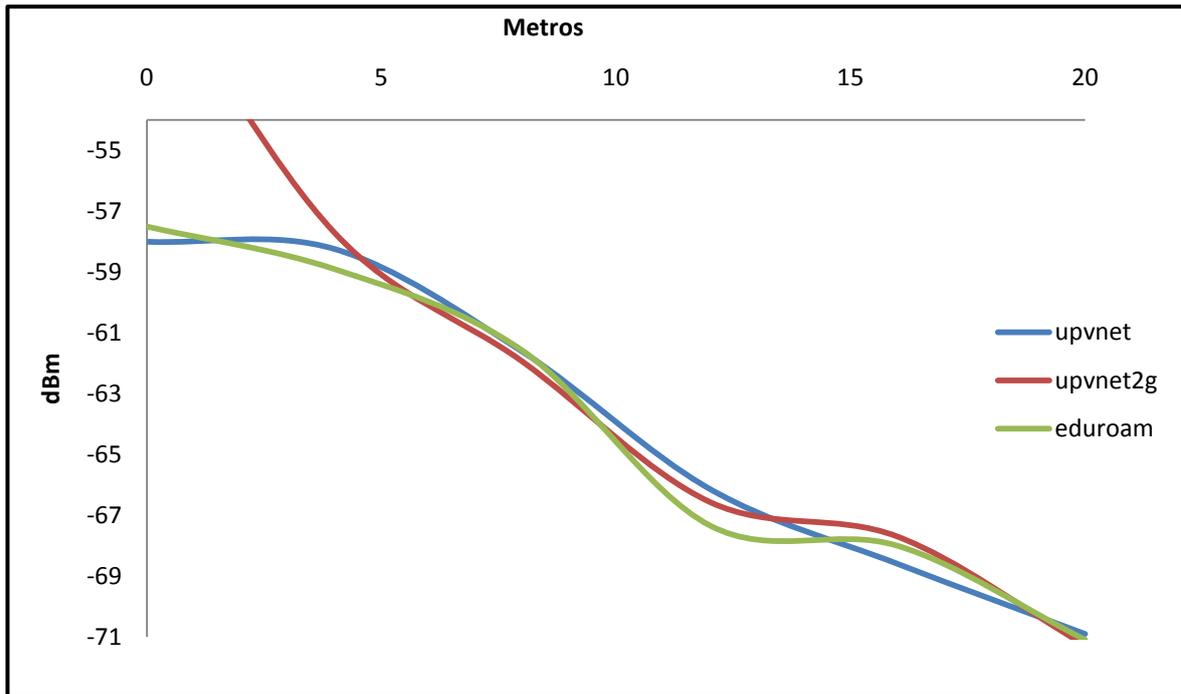


Figura 24. Señales en la planta baja.

En la figura 25, observamos las señales en la primera planta. En la que podemos ver como la señal Upvnet2G es la que presenta mayor señal, y como upvnet, eduroam, son muy parecidas aunque hay algunos puntos en los que la señal de eduroam es mejor.

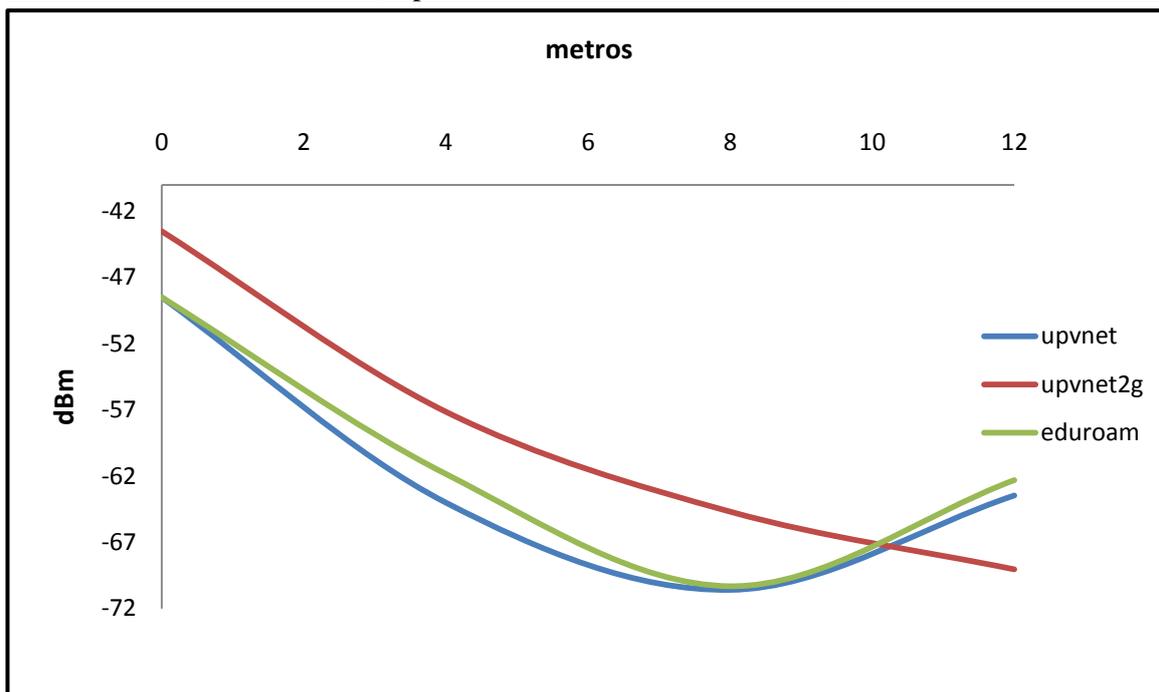


Figura 25. Señales en la primera planta.

En la figura 26, correspondiente a la segunda planta, se puede apreciar que las señales eduroam y upvnet2g en las distancias entre los 3 metros y los 10 son idénticas, pero de 0 a 3 y de 10 a 12 la señal eduroam es mayor. Y la señal upvnet es menor en todo momento.

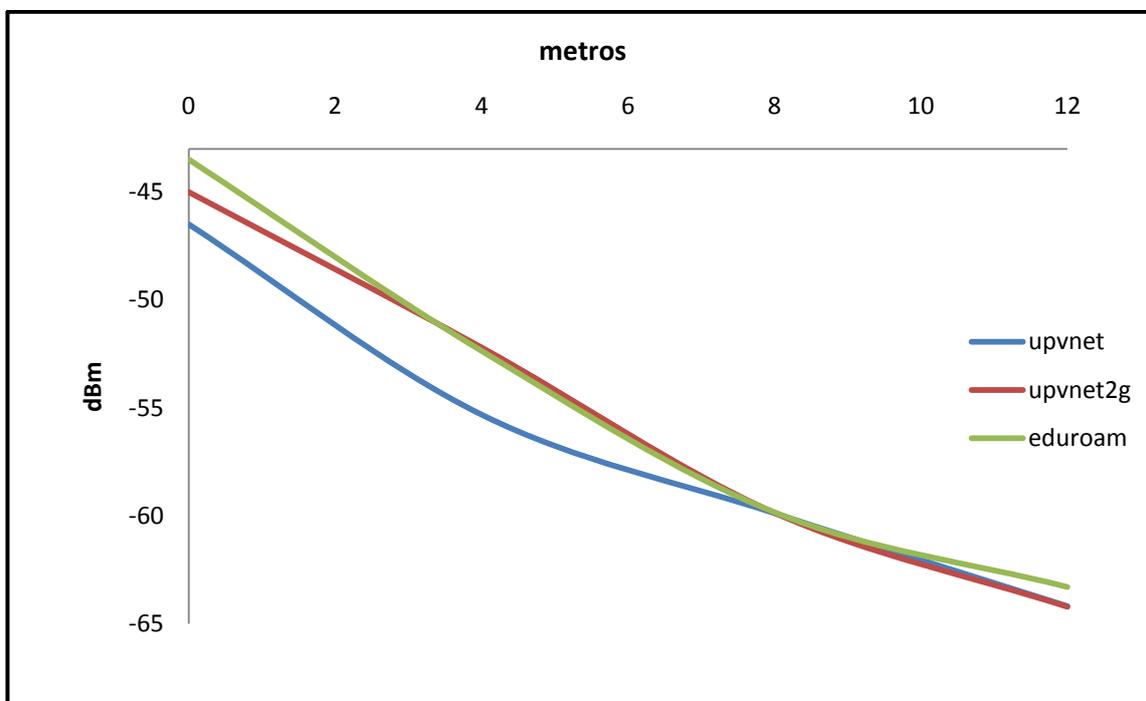


Figura 26. Señales en la segunda planta

Tras observar las distintas graficas podemos afirmar que en general la que nos proporciona más nivel de señal es la Upvnet2G.



## Capítulo 9: Conclusiones

Para llevar a cabo este proyecto se han empleado aproximadamente unos 6 meses. Durante este tiempo hemos estado tomando medidas de la cobertura en distintos puntos del edificio CRAI de las tres redes de las cuatro redes que posee la universidad politécnica.

### 9.1 Conclusión del trabajo realizado

Mediante este proyecto, el personal del centro de cálculo de la UPV, tienen un estudio del lugar idóneo para la reubicación de los puntos de acceso, ya que la ubicación actual de los mismos, no es la mejor opción, en algunos de los casos.

Tras las medidas, se han realizado mapas de coberturas, para ver los sitios en los que la señal no se considera buena (menor de -70dBm), y así reubicar tres puntos de acceso y añadir tres más.

También hemos realizado un estudio analítico y comparativo, del que hemos extraído que la señal que nos ofrece valores mayores es Upvnet2G.

Después de este estudio, podemos observar, que, por una parte, que las señales Upvnet y Eduroam, presentan unas coberturas muy similares, mientras que Upvnet2G, varía un poco respecto a las dos primeras. Este fenómeno, resulta un poco extraño, ya que es el mismo punto de acceso el que da la cobertura de las 3 señales.

Por otra parte, se ha podido observar que la planta que peor estaba diseñada, en cuanto a distribución de los APs, era la planta baja, ya que hemos propuesto, por una parte la reubicación de algunos de los dispositivos ya colocados y añadir nuevos dispositivos, para cubrir las zonas de sombra, donde la señal captada, era inferior a los niveles que nos habíamos marcado como buenos.

Tampoco parecía correcta la especificación de los canales de los APs y por ello, hemos propuesto una nueva especificación. Con ello, conseguiremos reducir las interferencias entre dispositivos, mejorando las velocidades de comunicación.

Por último hemos intentado caracterizar el comportamiento de cada señal inalámbrica dentro de cada planta. En todos los casos en una expresión polinómica de grado igual o superior a 3, dependiendo de cada planta. Resumiendo, los APs, dentro del edificio del CRAI, dan niveles de cobertura aceptable hasta unos 16 metros, desde la posición del propio AP.

Finalmente, hemos extraído, que como media en las tres plantas, los niveles de señal dados por los puntos de acceso, en función de la distancia, podría modelarse como un polinomio de quinto grado, con un coeficiente de correlación de 1 tal y como representa la ecuación 4, siendo el nivel de señal en dBm y x la distancia al punto de acceso en metros.

$$y = 4E-05 x^5 - 0,0024 x^4 + 0,0455 x^3 - 0,2065 x^2 - 1,966x - 50,792 \quad (4)$$

### 9.2 Valoración personal

Con la realización de este proyecto, he aprendido como se realiza un análisis de coberturas y donde recolocar los puntos de acceso, ya que yo durante mis años de estudio de la carrera, solo lo he visto teóricamente y no lo había visto de manera práctica. Me ha resultado muy interesante.



### 9.3 Trabajos futuros

Algunos de los posibles proyectos futuros sería duplicar los puntos de acceso. Si estos trabajaran de forma paralela se podrían conseguir mayores anchos de banda. Pero si configuramos uno de los dos puntos de acceso como modo de espera activa, se utilizaría como unidad de reserva en caliente y aumentaría la tolerancia a fallos.

El cambio al estándar IEEE 802.11n para así conseguir mayores velocidades y mayores distancias. Ya que este estándar utilizará la tecnología MIMO para lograr velocidades de hasta 600 Mbps y así no harán falta tantos puntos de acceso, ya que estos proporcionarían la cobertura y velocidades deseadas. Esto es necesario puesto que cada vez somos más gente utilizando las redes inalámbricas.

Otro posible proyecto sería el estudio de las coberturas externas de edificio, para ver hasta dónde llega la señal y que interferencia produce en los edificios colindantes.



## Referencias

- [1] IEEE Std 802.11 (2007) IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Pp.1-1184. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, USA.
- [2] Esteve Segarra, Salvador. Diseño Y Cobertura De La Red Inalámbrica En La Universidad Politécnica De Valencia Sección Este. Escuela Politécnica Superior de Gandia. 02/04/03 (Tutor: Lloret Mauri, Jaime).\_Q-PFC/867G
- [3] Escrivá Martínez, Sergio. Diseño De La Red Local Inalámbrica En La Universidad Politécnica De Valencia (Parte oeste). Escuela Politécnica Superior de Gandia. 11/04/03 (Director Académico: Lloret Mauri, Jaime) Q-PFC/455G
- [4] Martínez Pizarro, Salvador Vicente. Diseño De La Red Local Inalámbrica De La Escuela Politécnica Superior De Gandia. Escuela Politécnica Superior de Gandia. 30/09/03 (Director Académico: Lloret Mauri, Jaime) Q-PFC/970G
- [5] Baldoví Ortells, Juan Francisco. Diseño De Coberturas Para Wlan'S En Zonas De Área Extensa. Escuela Politécnica Superior de Gandia. 07/04/04 (Director Académico: Lloret Mauri, Jaime) Q-PFC/1049G
- [6] Espada, Verónica. Diseño y cobertura de la red inalámbrica IEEE802.11b en la Escuela politécnica superior de Alcoy. Escuela Politécnica Superior de Alcoy 10/09/03 (Directores Raúl Llinares Llopis y Jaime Lloret Mauri)
- [7] Página web del comité del estándar IEEE 802. Disponible en: <http://www.ieee802.org>
- [8] Lewis, Wayne. LAN inalámbrica y conmutada: Guía de estudio de CCNA exploration. Madrid: 2009. ISBN 978-84-8322-473-1
- [9] Plano general de la EPSG. Disponible en:  
<http://www.upv.es/entidades/EPSG/info/U0529738.jpg>
- [10] Información referente a la redes de la upv. Disponible en:  
<http://www.upv.es/contenidos/miw/infoweb/infoacceso/dat/497098normalc.html>
- [11] Especificaciones del dispositivo WUSB600N. Disponible en:  
<http://www.linksysbycisco.com/EU/es/products/WUSB600N>
- [12] Especificaciones del punto de acceso cisco Aironet 1130 AG Disponible en:  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps6087/product\\_data\\_sheet0900aecd801b9058.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps6087/product_data_sheet0900aecd801b9058.html)
- [13] Página web inSSIDer disponible en <http://www.metageek.net/products/inssider>
- [14] J. Lloret, J. R. Díaz, J. M. Jiménez. “Apuntes de Redes de Área Local”. Editorial UPV. Referencia 2004.1041



I.T. en Telecomunicaciones (Esp- Sistemas de Telecomunicación)

[15] Jaime Lloret Mauri, Miguel García Pineda, Instalación, Configuración y Administración de Redes de Ordenadores, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. SUPV. 2008.2210, Julio 2008

[16] Jaime Lloret Mauri y José Javier López Monfort, Despliegue de Redes WLAN de Gran Extensión, el Caso de la Universidad Politécnica de Valencia, XVIII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio, La Coruña (España), 10-12 de Septiembre de 2003.