

Projecte d'implantació d'una xarxa WiFi municipal a Cabrera de Mar

Enrique Martínez Conill

E.T.T. Telemàtica

Consultor:

Antoni Morell Pérez

Índex general

1	Introducció	1
1.1	Objectius del TFC	1
1.2	Metodologia	1
1.3	Planificació del TFC	1
2	El municipi	3
2.1	Situació	3
2.2	Demografia	3
2.3	Geografia	4
2.4	Necessitats	4
2.5	Planificació	5
3	Tecnologies	5
3.1	WiFi	5
3.1.1	Estàndards WiFi	6
3.1.1.1	802.11a	6
3.1.1.2	802.11b	6
3.1.1.3	802.11e	6
3.1.1.4	802.11g	6
3.1.1.5	802.11i	6
3.1.1.6	802.11n	6
3.2	WiMAX	7
3.2.1	Estàndards WiMAX	7
3.2.1.1	IEEE 802.16	7
3.2.1.2	IEEE 802.16a	8
3.2.1.3	IEEE 802.16d	8
3.2.1.4	IEEE 802.16e	8
3.3	Antenes	8
3.3.1	Antenes direccionals	8
3.3.2	Antenes omnidireccionals	9
3.3.3	Antenes sectorials	9
4	Legislació	9
5	Estudi de la solució	10
5.1	punt de partida	10
5.1.1	Fase 1	10
5.1.2	Fase 2	12
5.2	Topologia de la xarxa	13
5.2.1	Fase 1	13
5.2.2	Fase 2	14
5.3	Requeriments i dimensionament	15
5.3.1	Fase 1	15
5.3.2	Fase 2	15
5.4	Disseny de la xarxa	16

5.4.1	Fase 1.....	16
5.4.2	Fase 2.....	17
5.5	Adreçament de la xarxa	18
5.6	Equips	20
5.6.1	Estació base.....	20
5.6.2	<i>CPE</i>	21
5.6.3	Punt d'accés	21
5.6.4	Servidor <i>pfSense</i>	21
5.6.5	Servidor per administració de la xarxa	22
5.6.6	<i>Switch gestionable</i>	22
5.6.7	<i>SAI</i>	22
5.7	Solució tècnica dels enllaços.....	23
5.7.1	Fase 1.....	23
5.7.2	Fase 2.....	24
6	Simulacions	26
6.1	Fase 1	26
6.1.1.1	Punt d'Accés de la Casa de la Vila	27
6.1.1.2	Enllaç Casa de la Vila a Poliesportiu	28
6.1.1.3	Punt d'accés Poliesportiu.....	29
6.1.1.4	Enllaç Casa de la Vila a Camp de futbol	29
6.1.1.5	Punt d'accés Camp de Futbol.....	30
6.1.1.6	Enllaç Casa de la Vila a Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa	31
6.1.1.7	Punt d'accés Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa	32
6.1.1.8	Enllaç Casa de la Vila a Plaça del Poble	32
6.1.1.9	Punt d'accés Plaça del Poble.....	33
6.2	Fase 2	34
6.2.1.1	Enllaç Punt a Punt Casa de la Vila a Cementiri Municipal	35
6.2.1.2	Enllaç Cementiri a Alberg Torre Ametller	37
6.2.1.3	Punt d'accés Alberg Torre Ametller	38
6.2.1.4	Enllaç Cementiri a Centre Comercial Carrefour	38
6.2.1.5	Punt d'accés Centre Comercial Carrefour	39
6.2.1.6	Enllaç Cementiri a Passeig Marítim i Club Nàutic	40
6.2.1.7	Punt d'accés Passeig Marítim i Club Nàutic	41
7	Implementació	41
7.1	Fase 1	45
7.2	Fase 2	48
8	Pressupost.....	52
9	Conclusions	53
10	Bibliografia i enllaços	54
11	Annexes	54

Índex de figures

Imatge 1: Situació del municipi de Cabrera de Mar	3
Imatge 2: Nuclis de població del municipi de Cabrera de Mar	4
Imatge 3: Principals estàndards sense fils.....	5
Imatge 4: Antena yagi	8
Imatge 5: Antenes parabòliques	8
Imatge 6: Antena omnidireccional.....	9
Imatge 7: Antena sectorial	9
Imatge 8: Localització dels nodes <i>WiFi</i> de la primera fase	11
Imatge 9: Localització dels nodes <i>WiFi</i> de la segona fase.....	12
Imatge 10: Enllaços de la primera fase	14
Imatge 11: Enllaços de la segona fase.....	14
Imatge 12: Esquema de xarxa de la fase 1	16
Imatge 13: Esquema de xarxa de la fase 2	17
Imatge 14: Software de gestió de xarxa <i>AirControl</i>	20
Imatge 15: Rocket M5 amb antena sectorial	20
Imatge 16: Rocket M5	20
Imatge 17: Nanostation M5	21
Imatge 18: AP-Outdoor	21
Imatge 19: Vistes del Phoenix pfSense	21
Imatge 20: Switch C2960-24TT-L.....	22
Imatge 21: Vistes del smart-UPS 3000	22
Imatge 22: Enllaços de la fase 2	24
Imatge 23: Orientació de les antenes sectorials de la fase 2.....	25
Imatge 24: Enllaços de la fase 1	27
Imatge 25: Ubicació de estacions base i punt d'accés de la Casa de la Vila	27
Imatge 26: Cobertura del AP <i>WiFi</i> de la Casa de la Vila	27
Imatge 27: Enllaç de la Casa de la Vila al Poliesportiu	28
Imatge 28: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Poliesportiu amb Radio Mobile..	28
Imatge 29: Ubicació del <i>CPE</i> i el AP del poliesportiu.....	29
Imatge 30: Cobertura del AP <i>WiFi</i> del poliesportiu	29
Imatge 31: Enllaç Casa de la Vila - Camp de Futbol	29
Imatge 32: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Camp de Futbol amb Radio Mobile	30
Imatge 33: Ubicació del <i>CPE</i> i el AP del camp de futbol.....	30
Imatge 34: Cobertura del AP <i>WiFi</i> del camp de futbol	30
Imatge 35: Enllaç Casa de la Vila - Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa.....	31
Imatge 36: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa	31
Imatge 37: Ubicació del <i>CPE</i> i el AP del casal de joves i plaça de la cooperativa.....	32
Imatge 38: Cobertura del AP <i>WiFi</i> del casal de joves i plaça de la cooperativa.....	32
Imatge 39: Enllaç Casa de la Vila - Plaça del Poble.....	32
Imatge 40: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Plaça del Poble	33

Imatge 41: Ubicació del <i>CPE</i> i el <i>AP</i> de la plaça del poble.....	33
Imatge 42: Cobertura del <i>AP</i> WiFi de la plaça del poble.....	33
Imatge 43: Enllaços de la fase 2	34
Imatge 44: Enllaç Casa de la Vila - Torre comunicacions del cementiri	35
Imatge 45: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Torre de comunicacions del cementiri	35
Imatge 46: Torre de comunicacions del cementiri municipal.....	36
Imatge 47: Enllaç torre de comunicacions del cementiri - Alberg Torre Ametller.....	37
Imatge 48: Resultats de la simulació de l'enllaç torre de comunicacions - Alberg Torre Ametller .	37
Imatge 49: Ubicació del <i>CPE</i> i <i>AP</i> de l'Alberg Torre Ametller.....	38
Imatge 50: Cobertura del <i>AP</i> WiFi de l'Alberg Torre Ametller	38
Imatge 51: Enllaç torre de comunicacions del cementiri - centre comercial Carrefour	38
Imatge 52: Resultats de la simulació de l'enllaç torre de comunicacions – centre comercial Carrefour	39
Imatge 53: Ubicació del <i>CPE</i> i el <i>AP</i> del centre comercial Carrefour	39
Imatge 54: Cobertura del <i>AP</i> WiFi del centre comercial Carrefour	39
Imatge 55: Enllaç torre de comunicacions del cementiri - club nàutic.....	40
Imatge 56: Resultats de la simulació de l'enllaç torre de comunicacions – club nàutic	40
Imatge 57: Ubicació del <i>CPE</i> i el <i>AP</i> del club nàutic i passeig marítim	41
Imatge 58: Cobertura del <i>AP</i> WiFi del club nàutic i passeig marítim	41
Imatge 59: Pàgina d'autenticació per a accedir a <i>AirOS</i>	42
Imatge 60: Pestanya <i>wireless</i> de <i>AirOS</i>	42
Imatge 61: Pestanya <i>network</i> de <i>AirOS</i>	43
Imatge 62: Pestanya <i>system</i> de <i>AirOS</i>	43
Imatge 63: Pàgina <i>System</i> de configuracions en <i>Unifi Controller</i>	44
Imatge 64: Pàgina <i>Guest Control</i> de configuracions en <i>Unifi Controller</i>	44
Imatge 65: Pàgina <i>Admin Settings</i> de configuracions en <i>Unifi Controller</i>	45
Imatge 66: Pàgina <i>Wireless Networks</i> de configuracions en <i>Unifi Controller</i>	45
Imatge 67: Pàgina <i>Groups</i> de configuracions en <i>Unifi Controller</i>	45
Imatge 68: Exemple de portal captiu promocional.....	52

Índex de taules

Taula 1: Sistemes MIMO	7
Taula 2: Dades dels nodes <i>WiFi</i>	11
Taula 3: Dades de l'enllaç punt a punt entre la Casa de la Vila i la torre de comunicacions del cementiri	13
Taula 4: Dades dels nodes <i>WiFi</i> de la fase 2.....	13
Taula 5: Requeriments de xarxa de la fase 1.....	15
Taula 6: Requeriments de xarxa de la fase 2.....	15
Taula 7: Adreçament dels equips de la xarxa.....	18
Taula 8: Adreçaments creats a cada node <i>WiFi</i>	19
Taula 9: Canvis en l'autenticació dels equips Ubiquiti	41
Taula 10: Configuració de les estacions base de la fase 1.....	46
Taula 11: Configuració dels <i>CPE</i> de la primera fase	46
Taula 12: Configuració dels punts d'accés de la primera fase	47
Taula 13: Configuració de l'enllaç punt a punt.....	48
Taula 14: Configuració de les estacions base de la fase 2.....	49
Taula 15: Configuració dels <i>CPE</i> de la segona fase	49
Taula 16: Configuració dels punts d'accés de la segona fase.....	50
Taula 17: Pressupost del projecte	52
Taula 18: Cost del manteniment anual del servei.....	53

Glossari

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AP	Access Point
CPE	Customer Premises Equipment
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
ED50	European Datum 50
GSM	Global System for Mobile communications
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
LOS	Line Of Sight
MIMO	Multiple Input Multiple Output
NLOS	Non Line Of Sight
PDA	Personal Digital Assistant
PIRE	Potència Isòtropa Radiada Equivalent
QoS	Quality of Service
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service
SAI	Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (<i>UPS</i> en anglés)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTM	Universal Transverse Mercator
WAN	Wide Area Network
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network

1 Introducció

L'ajuntament d'un municipi amb serveis de telefonia bàsics, d'uns 5.000 habitants i una extensió de 7 km², vol oferir als seus veïns un servei d'accés *wireless* a Internet en els seus carrers, places i parcs. En una segona fase es preveu donar accés a les zones costeres del municipi, i fins i tot, als turistes quan estan a la platja. L'accés tant s'ha de poder donar a ordinadors fixos com a portàtils i a les *PDA*s. El projectista ha de presentar el seu projecte a l'ajuntament amb una especificació detallada dels costos de desenvolupament i els requeriments tecnològics i d'infraestructura (per exemple si es requereix de la construcció d'alguna infraestructura).

1.1 Objectius del TFC

L'objectiu del present Treball de Fi de Carrera és el de realitzar un anàlisi, dissenyar e implementar una infraestructura al municipi de Cabrera de Mar perquè l'ajuntament poguï proporcionar als carrers, centres públics i platges accés a Internet mitjançant un sistema *wireless*, tenim en compte els requeriments de funcionalitat dels sistemes sense fils, la disponibilitat del sistema, la seguretat de la xarxa i els requisits necessaris per a no faltar a la lliure competència en el sector de les telecomunicacions al tractar-se d'un organisme públic.

Com a visió ràpida dels objectius tenim:

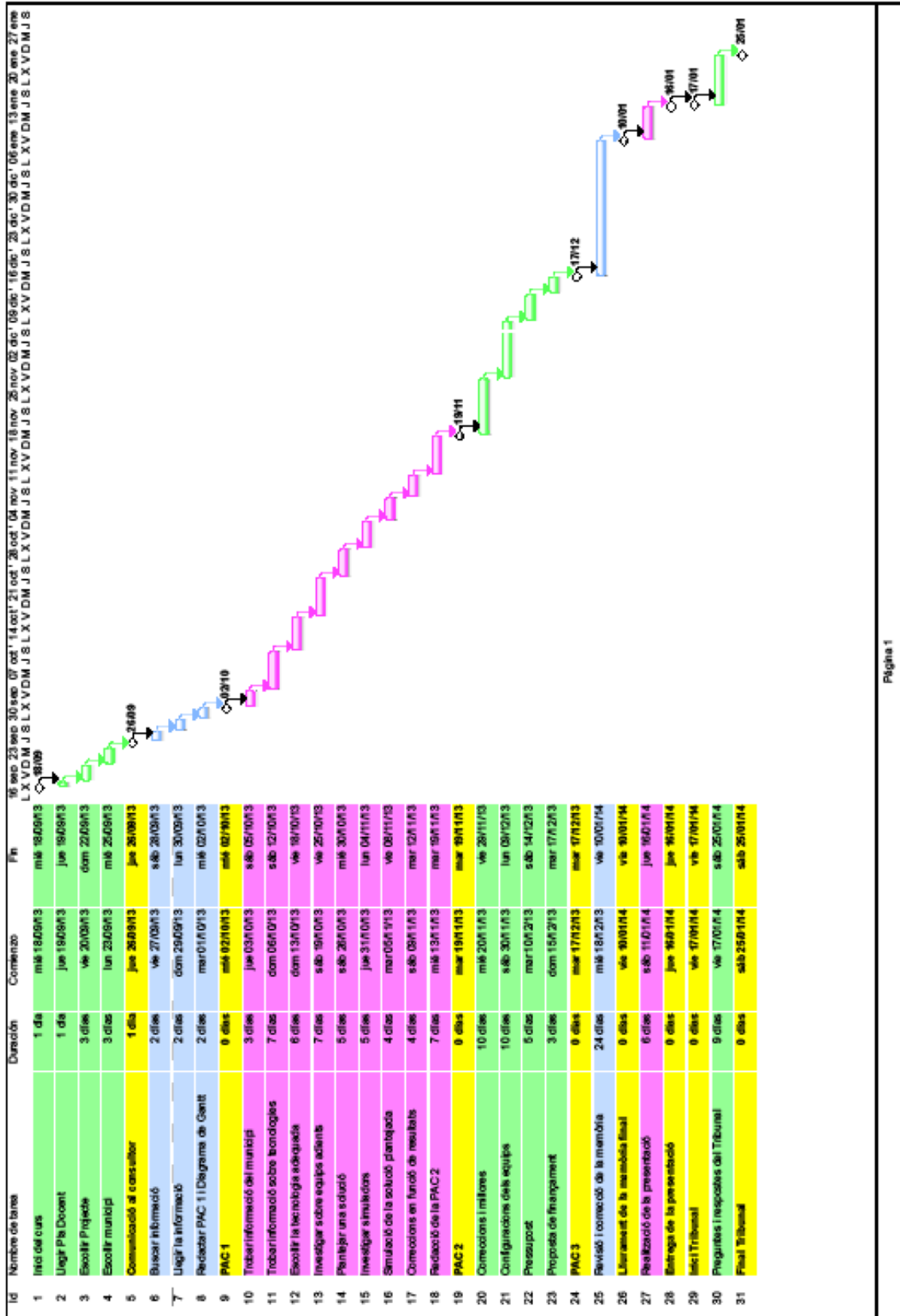
- Veure requeriments de funcionalitat i rendiments del sistema a instal·lar davant una estimació d'usuaris.
- Dissenyar una xarxa sense fils que doni servei un nombre determinat d'usuaris com a mínim.
- Analitzar les tecnologies disponibles i seleccionar les més idònies per a la població.
- Comprovar abast (cobertura) del sistema.
- Fer anàlisi de costos i buscar possibles formes de finançament.

1.2 Metodologia

La metodologia del projecte i les seves aplicacions, constaran d'un anàlisi de la situació actual, una planificació de les necessitats, una etapa de disseny i/o investigació, l'etapa de implantació i la posada en marxa i entrega.

1.3 Planificació del TFC

S'adjunta diagrama de Gantt.



2 El municipi

L'ajuntament de Cabrera de Mar (Maresme) té una població de 4.528 habitants¹ i una superfície de 8,98 km², a més disposa d'una línia de costa formada per una platja de sorra. Això fa que aquest municipi s'ajusti als requisits d'aquest Treball de Fi de Carrera.

2.1 Situació

Cabrera de Mar és un municipi de la comarca del Maresme. Seguint el litoral es troba entre les localitats de Vilassar de Mar i Mataró, tot i que el seu nucli urbà principal és a uns 2,5 km del mar, en una petita vall entre els turons de Burriac (on es troba el castell del mateix nom) i de Montcabrer. A part dels dos municipis citats anteriorment, Cabrera de Mar també limita amb Cabrils i Argentona. Les seves coordenades UTM (ED50) fus 31 són 449570 i 4597495. En la imatge següent es pot observar la situació del municipi de Cabrera de mar i els seus municipis adjacents.



Imatge 1: Situació del municipi de Cabrera de Mar

2.2 Demografia

Cabrera de Mar té 4.528 habitants i entre 1998 i 2011 La població del municipi ha augmentat en 967 habitants cosa que representa un increment del 27% i una taxa de creixement mitjana del 2% anual².

¹ Padró municipal a data 01-01-2011. Institut Nacional d'Estadística 16-12-2011

² Cabrera de Mar (080291). Institut d'Estadística de Catalunya (15 gener del 2012)

2.3 Geografia

La població està dispersa en diversos nuclis i urbanitzacions. A l'interior es troba el casc antic o centre urbà del municipi – on es concentren les activitats comercials i múltiples serveis -, i els nuclis d'Agell (o Santa Helena d'Agell) – barri format per cases de pagès o masies, Sant Joan de Munt i Mas Terrillo. En el litoral es troben els nuclis del Pla de l'Avellà (en el límit amb Vilassar), Costamar i Bonamar - aquests darrers a la platja.

A la imatge següent es mostra la situació dels diferents nuclis de població del municipi de Cabrera de Mar.



Imatge 2: Nuclis de població del municipi de Cabrera de Mar

2.4 Necessitats

A Cabrera de Mar ja existeix el servei d'accés a Internet bé sigui mitjançant *ADSL* o bé mitjançant un accés *WiMAX* proporcionat per l'empresa *ONES*³ que cobreixen totes les zones poblades del municipi.

El que es pretén en aquest treball és desenvolupar una xarxa sense fils que doni accés *WiFi* a Internet als ciutadans que estan als llocs públics i a la platja. Aquests ciutadans podran aprofitar aquest recurs amb els dispositius actuals habituals existents en el mercat, com ara ordinadors portàtils, *smartphones*, *tablets* o *PDA*s. Hem de pensar que l'ús que es fa al

³ www.ones.cat

carrer de l'accés a Internet no és el mateix que es fa des d'un domicili o una oficina. Al carrer es fan servir dispositius mòbils com ara els *smartphones* que tenen integrades interfícies *WiFi* i fan servir la connexió a Internet per a aplicacions com ara *facebook*, *whatsapp*, *twitter* i d'altres que no requereixen un ús intensiu de la xarxa ni consumeixen molta amplada de banda.

2.5 Planificació

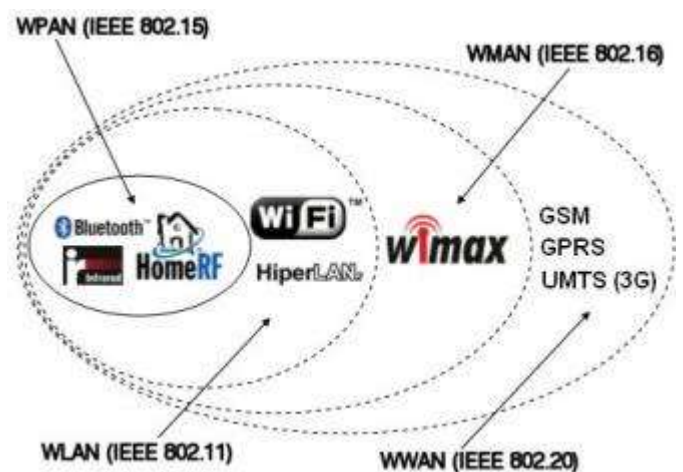
El projecte s'ha dividit en dues fases. A la primera fase es planteja donar servei *WiFi* al centre urbà, concretament al poliesportiu, al camp de futbol, al casal de joves, a la plaça de la cooperativa, i a la plaça del poble. En una segona fase a zones més allunyades com ara l'alberg Torre Ametller, el club nàutic o el centre comercial Carrefour.

3 Tecnologies

En els últims anys, les telecomunicacions han experimentat un gran avanç impulsades, entre d'altres, per l'evolució de les comunicacions via ràdio. Tecnologies com *GSM*, *DECT*, *LMDS*, *UMTS*, *WiFi*, *WiMAX*, etc. han generat grans expectatives de nous serveis entre la població.

Aquestes tecnologies serveixen per a crear diferents tipus de xarxes, i estan definides pels seus estàndards tal com es pot veure a la imatge.

Les tecnologies que ens afecten en aquest projecte serien les tecnologies *WiFi* i *WiMAX*, que serveixen per a la creació de xarxes *WLAN* i *WMAN* respectivament, és a dir xarxes locals i xarxes metropolitanas.



Imatge 3: Principals estàndards sense fils

3.1 *WiFi*

WiFi s'utilitza per identificar els productes que incorporen qualsevol variant de la tecnologia sense fils dels estàndards *IEEE 802.11*, que permeten la creació de xarxes d'àrea local sense fils conegudes com *WLAN*, i que són plenament compatibles amb els de qualsevol altre fabricant que utilitzi aquests estàndards.

Les característiques generals de funcionament d'una xarxa *WiFi* són les mateixes que les d'una xarxa per cable. La particularitat és que el *WiFi* utilitza l'aire com a mitjà de transmissió.

3.1.1 Estàndards WiFi

L'especificació IEEE 802.11⁴ (ISO/IEC 8802-11) és un estàndard internacional que defineix les característiques d'una xarxa d'àrea local sense fils. Els principals estàndards són:

3.1.1.1 802.11a

Aquest estàndard defineix la creació de xarxes sense fils a la freqüència de 5 GHz. Permet assolir velocitats de transmissió màximes de fins 54 Mbps, cosa que suposa una velocitat efectiva 30 Mbps.

3.1.1.2 802.11b

Aquest estàndard defineix la creació de xarxes sense fils a la freqüència de 2,4 GHz, permet assolir velocitats de fins a 11 Mbps, cosa que suposa una velocitat efectiva per als usuaris de aproximadament 6 Mbps. Pot arribar a distàncies de 300 metres en espais oberts.

3.1.1.3 802.11e

Aquest estàndard està destinat a millorar la qualitat de servei (QoS) per donar prioritat a certs tipus de trànsit sobre altres i millorar les transmissions d'àudio i de vídeo.

3.1.1.4 802.11g

Aquest estàndard millora el 802.11b, ja que treballa igualment a la freqüència de 2,4 GHz, però varia la modulació (en aquest cas és idèntica a la de 802.11a) fins a arribar igualment velocitats de transmissió màximes de fins a 54 Mbps, cosa que suposa una velocitat efectiva de 30 Mbps. La seva capacitat de treballar conjuntament amb l'equipament 802.11b ho fa doblement interessant.

3.1.1.5 802.11i

Aquest estàndard està destinat a millorar la seguretat en la transferència de dades, tant en l'administració com en la distribució de les claus i també al implementar el xifrat i l'autenticació. Està basat en AES i pot xifrar transmissions basades en tecnologies 802.11a, 802.11b i 802.11g.

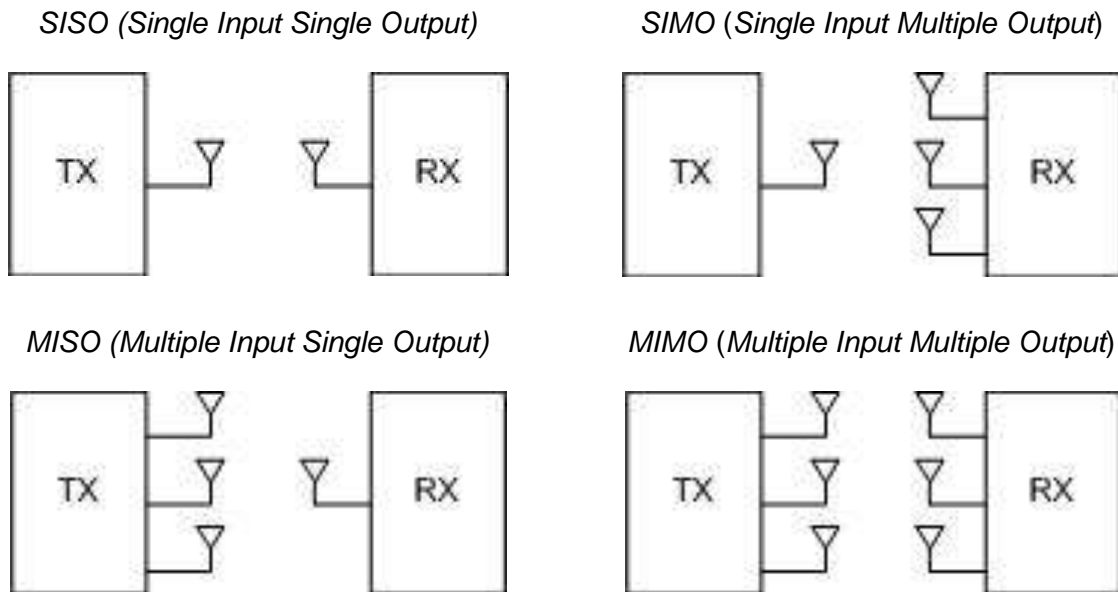
3.1.1.6 802.11n

L'estàndard 802.11n treballa simultàniament en les bandes de 2,4 i 5 GHz i el seu objectiu és millorar l'abast i sobretot l'amplada de banda de les xarxes WiFi, arribant a màxims de 300 Mbps, de manera que sigui comparable a les xarxes de àrea local fixes. La gran innovació del 802.11n és l'ús de més d'una antena en cada punt d'accés i en cada terminal, de manera que es puguin aprofitar els "rebots" i combinar-los per obtenir un senyal millor.

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

Alhora, es pot enviar més d'un senyal alhora (diverses antenes). Combinant ambdós efectes, s'aconsegueix una transmissió més eficaç i més robusta, i en definitiva, més amplada de banda per a l'usuari. Aquesta tècnica es diu *MIMO*. Quan es parla de sistemes *MIMO NxM* estem parlant de que el sistema disposa de N antenes per transmissió (TX) i M antenes per la recepció (RX). Els sistemes de antenes múltiples es poden combinar en funció del nombre d'antenes que hi ha al transmissor i al receptor, d'aquesta manera s'obtenen 4 sistemes:

Taula 1: Sistemes MIMO



3.2 WiMAX

La tecnologia estandarditzada pel *IEEE* sota l'apel·latiu 802.16, comunament coneguda com *WiMAX*, és considerada el germà gran del *WiFi*. Això respon al fet que el *WiMAX* promet més abast, més amplada de banda i més potència que el *WiFi*, acompanyades de més funcionalitat, especialment, de qualitat de servei i seguretat.

3.2.1 Estàndards WiMAX

Com el *WiMAX* és un estàndard més recent que el *WiFi*, el nombre i la complexitat dels estàndards que el componen és molt menor que en el cas precedent.

3.2.1.1 IEEE 802.16⁵

Originalment, l'estàndard 802.16 es va finalitzar l'any 2001 i comprenia les funcionalitats bàsiques del *WiMAX*. Treballava en la banda dels 10 als 66 GHz, que exigia visió directa per a la comunicació. Amb canals molt amples (fins a 28 MHz) i modulacions eficients, l'estàndard permetia capacitats teòriques de fins a 134 Mbps.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.16

3.2.1.2 IEEE 802.16a

L'any 2003 es va publicar un estàndard complementari, el 802.16a, que bàsicament estenia l'estàndard original a les bandes de 2 a 11 GHz amb sistemes *NLOS* i *LOS*, que permetien la comunicació sense visió directa, millorava la cobertura dins d'edificis i permetia establir xarxes on els mateixos terminals *WiMAX* actuen com repetidors (*mesh networks*).

3.2.1.3 IEEE 802.16d

L'estàndard 802.16d, més conegut com a 802.16-2004, és l'estàndard de referència actualment, i per al qual comencen a aparèixer els primers equips. Funciona en les bandes llicenciades de 2,5 i 3,5 GHz, i en la banda lliure de 5,8 GHz, i la seva velocitat màxima és de 75 Mbps.

3.2.1.4 IEEE 802.16e

Inclou suport per a la mobilitat amb velocitats de fins a 120 km/h, així com suport per a la itinerància, en la banda de freqüències més inferior de les utilitzades per *WiMAX*. Funciona en les bandes de 2 a 6 GHz i la seva velocitat màxima és de 30 Mbps.

3.3 Antenes

Les antenes són els elements que envien l'aire senyals en forma de ones electromagnètiques que contenen la informació dirigida al dispositiu de destinació, i alhora, capten de l'aire els senyals de les quals s'extraurà la informació que arriba d'un altre dispositiu. Farem una classificació en funció de la seva directivitat, és a dir, les classificarem en funció de l'angle del seu feix, tenint en compte que compararem el feix i l'abast d'antenes amb una mateixa potència de transmissió. El resultat és que tenim antenes direccionals, antenes omnidireccionals i antenes sectorials.

3.3.1 Antenes direccionals



Imatge 4: Antena yagi

Són les que orienten el senyal en una direcció molt determinada, amb un feix molt estret però amb gran abast. La idea seria semblant a un focus de llum que emet un feix estret però intens com ara un punter làser. Normalment el feix o obertura i l'abast són inversament proporcionals de forma que a més obertura menys abast i a menor obertura més abast. Dintre de les antenes direccionals les de major abast són les parabòliques, però amb un feix molt petit i

Són les que orienten el senyal en una direcció molt determinada, amb un feix molt estret però amb gran abast. La idea seria semblant a un focus de llum que emet un feix estret però intens com ara un punter làser.

Normalment el



Imatge 5: Antenes parabòliques

diffícil d'orientar-les. Després tenim les Yagi, no tan direccionals i més fàcils d'orientar encara que tenen un menor abast. Y finalment estarien les antenes planes, que no tenen tant abast com les anteriors però són molt més fàcils d'orientar.

3.3.2 Antenes omnidireccionals

Les antenes omnidireccionals per contra emeten el senyal en totes direccions amb un feix molt ample però de curt abast. Tornant al símil del focus de llum aquestes antenes serien com una bombeta que emet llum en totes les direccions encara que no arriba tant lluny. Teòricament el feix en el que emeten el senyal és de 360° i per tant amb una única antena s'arriba a cobrir tot el voltant de l'antena.



Imatge 6: Antena omnidireccional

3.3.3 Antenes sectorials



Imatge 7: Antena sectorial

Són un punt intermedi entre les antenes direccionals i les omnidireccionals, ja que emeten el senyal en un feix més ampli que les direccionals encara que no tant com les omnidireccionals. De la mateixa manera el seu abast és més gran que les omnidireccionals però no tant com les direccionals. El senyal s'emet en un feix que anomenem sector, el més típics són els de 90° i de 120° . Es fan servir normalment per a formar la estació base i cobrir un sector del terreny determinat. Combinant varies antenes es pot arribar a

cobrir una zona de 360° , per exemple amb tres antenes sectorials de 120° en lo que s'anomena *array* d'antenes.

4 Legislació

Les xarxes de telecomunicacions es veuen sotmeses a una regulació que s'ha de tenir present en el desplegament de tota xarxa. Donada la seva importància en relació al present projecte farem referència la següent legislació:

- Llei General de les Telecomunicacions (LGT) 32/2003 del 3 de novembre. L'objectiu d'aquesta llei és regular l'explotació de les xarxes de comunicacions electròniques i no el contingut dels serveis que es presten a través d'aquesta.
- El quadre nacional d'atribució de freqüències (CNAF), que apareix a la LGT, on es poden trobar totes les bandes que formen l'espectre radioelèctric, que va des dels 9kHz als 3000GHz . Les bandes apareixen ordenades per freqüències indicant els possibles usos i la potència màxima permesa de cadascuna d'elles. En el cas de *WiFi* descriu un ús de les bandes des dels 2400MHz fins als $2483,5\text{MHz}$ i una potència màxima de 100mW PIRE , i de 5470MHz a 5725MHz amb una potència màxima d' 1W PIRE per a la banda de 5GHz .

- Circular 1/2010 de 18 de juny de 2010 en la que es regulen les condicions d'explotació de les xarxes i la prestació de serveis de comunicacions electròniques per les administracions públiques. Segons aquesta circular els serveis que no afecten a la competència son:
 - El servei d'accés a Internet limitat a les pàgines web de les Administracions que tinguin competències en l'àmbit territorial on es presti aquest servei.
 - Servei general d'accés a Internet en biblioteques en tant que resulti indispensable per a complir els seus fins i sempre que els usuaris acreditin la seva vinculació amb el servei mitjançant algun document que permeti la seva identificació.
 - Servei general d'accés a Internet en centres de foment d'activitats docents o educatives i culturals no incloses en l'article tercer de la Circular en tant que resulti indispensable per a complir els seus fins i sempre que els usuaris acreditin la seva vinculació amb el servei mitjançant algun document que permeti la seva identificació.
 - L'explotació de xarxes sense fils que utilitzen bandes d'ús comú i la prestació de serveis de comunicacions electròniques disponibles pel públic mitjançant aquestes mateixes xarxes sempre que la cobertura de la xarxa exclouï els edificis i els conjunts d'edificis d'ús residencial o mixtes i es limiti la velocitat xarxa-usuari a 256 kbps.
- Respecte a la legislació local destacarem l'article 53 de l'Estatut d'Autonomia de Catalunya, sobre la importància del paper atorgat a l'ajuntament com administració pública encarregada de fomentar la creació de tota xarxa d'àrea metropolitana i l'ús de la Societat de la informació: *"Els poders públics han de facilitar el coneixement de la societat de la informació i han d'impulsar l'accés a la comunicació i a les tecnologies de la informació, en condicions d'igualtat, en tots els àmbits de la vida social, inclòs el laboral; han de fomentar que aquestes tecnologies es posin al servei de les persones i no afectin negativament llurs drets, i han de garantir la prestació de serveis mitjançant les tecnologia, d'acord amb els principis d'universalitat, continuïtat i actualització"*.

5 Estudi de la solució

5.1 punt de partida

Es pretén dotar d'un servei d'accés *WiFi* als principals espais públics del municipi. En principi es preveuen 9 punts d'accés, tot i que depenent dels resultats d'aquest projecte s'ajustaran segons les necessitats. La implantació d'aquest servei s'ha previst fer-la de forma progressiva, i dividir-la en dues fases. La primera únicament es desenvolupa al nucli urbà i la segona inclou punts més allunyats.

5.1.1 Fase 1

A la primera fase es pretén instal·lar l'accés *WiFi* en els següents punts:

- Casa de la Vila

- Poliesportiu municipal
- Camp de futbol
- Casal de joves i Plaça de la cooperativa
- Plaça del poble

A la imatge següent es mostra la situació dels nodes *WiFi*.



Imatge 8: Localització dels nodes *WiFi* de la primera fase

El pas següent és reunir la informació necessària per a dimensionar la xarxa. En primer lloc hem de saber la distància des de cada punt *WiFi* a la Casa de la Vila i també el nombre d'usuaris previst a cada node.

A la taula següent es mostra la informació de les coordenades, la distància a la Casa de la Vila, la alçada de la antena i el nombre previst d'usuaris. L'alçada de l'antena és l'alçada total sobre el terreny a la que es situa l'antena.

Taula 2: Dades dels nodes *WiFi* de la fase 1

Node	Coordenades	Distància a la Casa de la Vila (m)	Alçada de l'antena (m)
Casa de la Vila	41°31'33.71" N 2°23'35.75" E	0	18

Poliesportiu	41°31'31.09" N 2°23'34.93" E	85	18
Camp de futbol	41°31'28.92" N 2°23'33.63" E	155	15
Casal de Joves	41°31'41.79" N 2°23'37.06" E	250	15
Plaça cooperativa	41°31'42.50" N 2°23'35.86" E	270	12
Plaça del poble	41°31'41.56" N 2°23'34.28" E	245	18

5.1.2 Fase 2

A la segona fase es pretén instal·lar l'accés *WiFi* en els següents punts:

- Alberg Torre Ametller
- Club nàutic
- Centre comercial Carrefour

A la següent imatge es mostra la localització dels llocs esmentats, així com de la Casa de la Vila i del Cementiri, on hi ha una torre de comunicacions que te visual amb tots els nodes.



Imatge 9: Localització dels nodes *WiFi* de la segona fase

A la segona fase les distàncies a salvar son més grans que a la primera fase, i a més ens trobem amb el problema afegit de que no hi ha visió directa des de la Casa de la Vila als nous nodes. Per tal de solucionar aquest punt hem buscat una ubicació en la que hi hagi visió directa tant amb la Casa de la Vila com amb els altres nodes. En aquesta nova ubicació s'instal·larà un node intermedi que es comunicarà amb la Casa de la Vila mitjançant un enllaç punt a punt. Aquest node finalment s'ubicarà a la torre de comunicacions que hi ha al cementiri municipal.

A la taula següent es mostra la informació de les coordenades, la distància a la Casa de la Vila, la alçada de la antena de l'enllaç punt a punt.

Taula 3: Dades de l'enllaç punt a punt entre la Casa de la Vila i la torre de comunicacions del cementiri

Node	Coordenades	Distància a la Casa de la Vila (m)	Alçada de l'antena (m)
Cementiri	41°31'49.02" N 2°23'57.73" E	695	30

A la taula següent es mostra la informació de les coordenades, la distància a la torre de comunicacions del cementiri, la alçada de la antena i el nombre previst d'usuaris dels nodes de la segona fase.

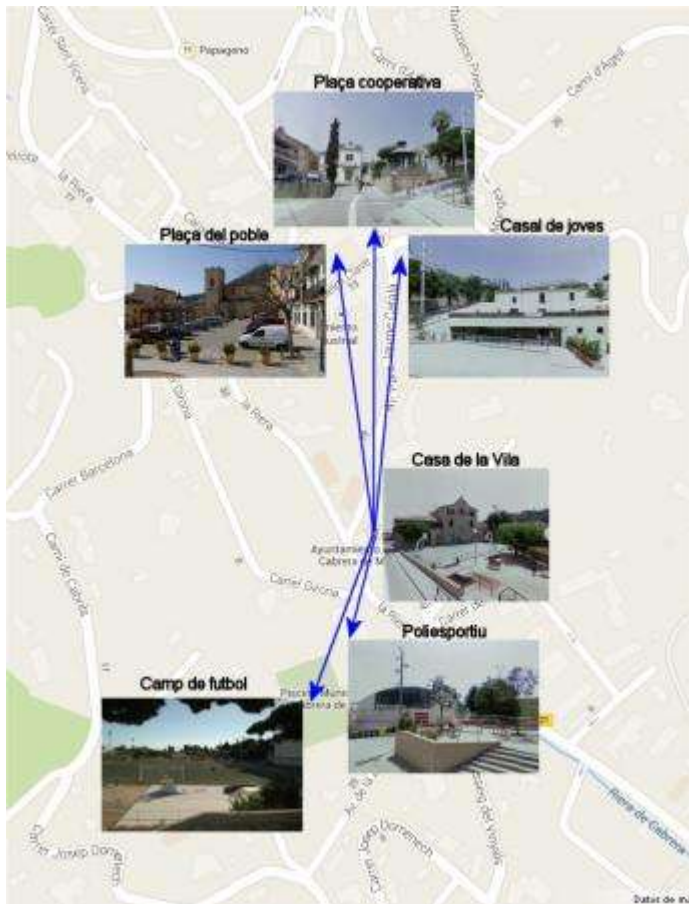
Taula 4: Dades dels nodes WiFi de la fase 2

Node	Coordenades	Distància al cementiri (m)	Alçada de l'antena (m)
Alberg Torre Ametller	41°32'06.65" N 2°24'12.34" E	640	18
Centre comercial	41°31'10.83" N 2°25'16.73" E	2150	15
Club Nàutic	41°30'29.04" N 2°24'18.82" E	2500	10

5.2 Topologia de la xarxa

5.2.1 Fase 1

La primera fase constarà d'una xarxa troncal primària amb topologia punt a multipunt i les seves corresponents xarxes d'accés també amb topologia punt a multipunt. La xarxa troncal estarà formada per una estació base situada a la Casa de la Vila i 5 estacions subscriptores situades a cadascun dels nodes d'accés WiFi. La xarxa d'accés constarà d'un punt d'accés WiFi a cadascun dels nodes. La distribució dels enllaços es pot veure a la següent imatge.



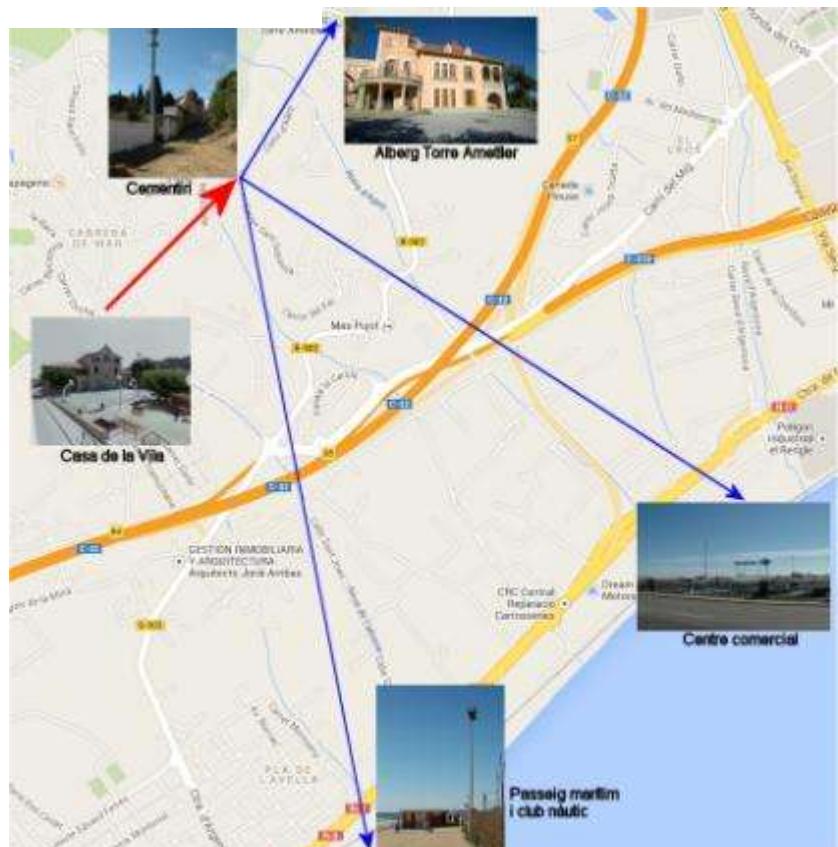
Imatge 10: Enllaços de la primera fase

5.2.2 Fase 2

La segona fase constarà d'una xarxa troncal primària amb topologia punt a punt, una xarxa troncal secundària amb tecnologia punt a multipunt i les seves corresponents xarxes d'accés també amb topologia punt a multipunt. La xarxa troncal primària estarà formada l'enllaç *PtP* entre la estació base situada a la Casa de la Vila i la torre de comunicacions situada al cementiri municipal. Des d'aquest punt ja tenim visió directa amb els nodes de la fase 2, més allunyats del centre urbà. La xarxa troncal secundària estarà formada per una estació base situada a la

torre de comunicacions del cementiri municipal i una estació subscriptora per cadascun dels nodes de la segona fase. Finalment la xarxa d'accés estarà formada per un punt d'accés *WiFi* a cadascun dels nodes.

A la següent imatge es mostra la segona fase de la xarxa. En color vermell es mostra l'enllaç punt a punt de la xarxa troncal primària i en blau la xarxa troncal secundària.



Imatge 11: Enllaços de la segona fase

5.3 Requeriments i dimensionament

En aquest apartat es farà un càlcul dels requeriments de la xarxa en funció del nombre d'usuaris. Primer haurem de fer el càlcul del nombre d'usuaris. Aquest càlcul el farem per a cadascun dels nodes previstos. Finalment, tenint en comte que l'amplada de banda màxima permesa per usuari és de 256 kbps obtindrem els requeriments de la xarxa.

Per a calcular el nombre d'usuaris calcularem l'aforament dels diferents espais. En alguns com el poliesportiu i el camp de futbol ja està definit, però en els espais públics exteriors com aparcaments o parcs farem servir el mètode de càlcul d'aforament en espais oberts que es proposa en l'Article 190 del Decret 52/2010 de 26 de març de la Generalitat Valenciana⁶. Segons això farem servir un aforament de 10 m²/persona per a parcs i places, i de 40 m²/persona per a llocs de pas com ara els pàrkings.

Una vegada calculat l'aforament calcularem el nombre d'usuaris concurrents estimat. Per això emprarem un percentatge d'un 20% sobre la població d'acord amb les xifres de l'informe de comportament de l'usuari *WiFi* fora de casa⁷ fet per la companyia Gowex.

5.3.1 Fase 1

Taula 5: Requeriments de xarxa de la fase 1

Node	Superfície (m ²)	Aforament	Nombre d'usuaris	Amplada de banda (Mbps)
Casa de la Vila	180	18	4	1,024
Poliesportiu		200	40	10,24
Camp de futbol		200	40	10,24
Casal de Joves	100	10	2	0,512
Plaça cooperativa	90	9	2	0,512
Plaça del poble	153	16	4	1,24
Total		453	92	23,552

5.3.2 Fase 2

Taula 6: Requeriments de xarxa de la fase 2

Node	Superfície (m ²)	Aforament	Nombre d'usuaris	Amplada de banda (Mbps)
Alberg Torre Ametller		167	34	8,704
Centre comercial	25.000	625	125	32,0

⁶ http://www.docv.gva.es/datos/2010/03/30/pdf/2010_3496.pdf

⁷ <http://es.scribd.com/doc/95275987/Informe-de-Comportamiento-del-Usuario-WiFi-fuera-de-casa>

Passeig marítim	4.800	120	24	6,144
Club Nàutic	5.000	125	25	6,4
Total		1.089	218	53,248

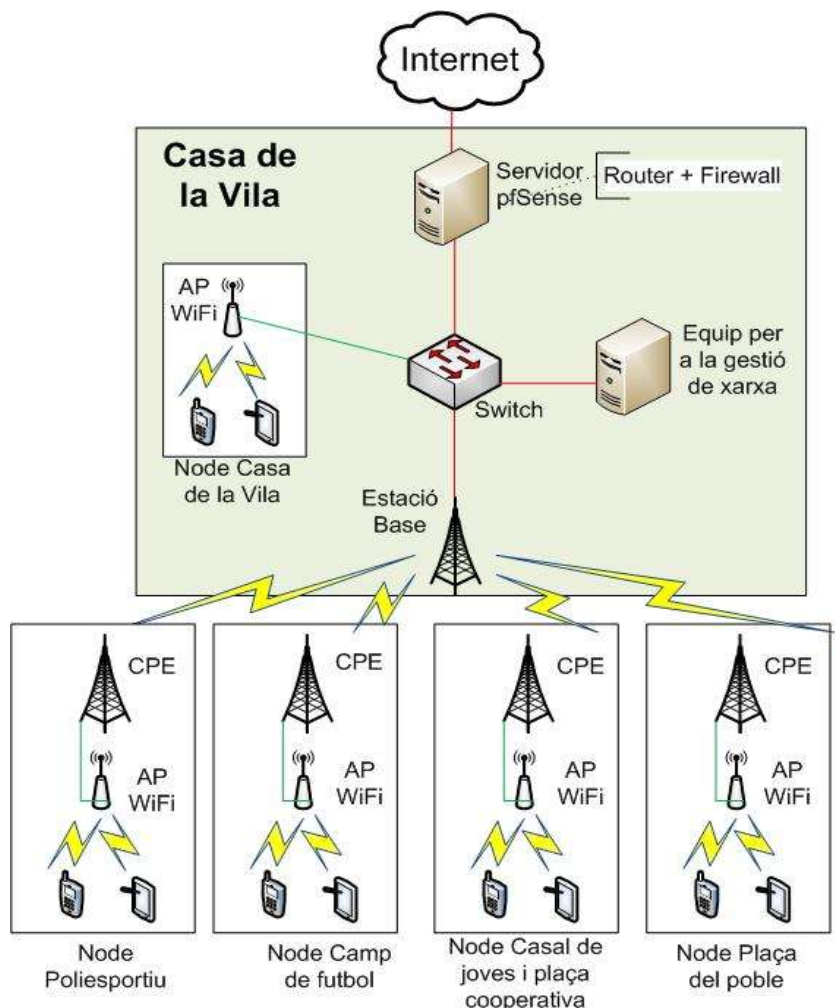
5.4 Disseny de la xarxa

Actualment hi ha en el mercat moltes marques que ens poden proporcionar el material necessari per crear la nostra xarxa *WiFi* com ara las conegudes Alvarion, Motorola i Cisco, o altres no tan conegudes com Albentia o Aerohive. Tenint en compte la relació qualitat/preu i el seu bon resultat s'ha decidit finalment optar per equips de la marca Ubiquiti Networks⁸.

5.4.1 Fase 1

A la primera fase s'instal·laran dues estacions base a la Casa de la Vila que enllaçaran amb els nodes *WiFi* projectats. També s'instal·larà una xarxa d'accés a cada node que estarà formada per un *CPE* i un punt d'accés *WiFi*.

La connexió amb Internet es contractarà amb l'operador habitual de telefonia per simplificar els interlocutors. Tal com hem vist amb una línia de 50 Mbps hauria suficient per a la primera fase i posteriorment s'ampliaria a 100 Mbps per afegir la segona fase. El proveïdor d'Internet instal·larà el conjunt mòdem i *router*, encara que el *router* es configurarà en mode *bridge*, ja que serà el *router* propi el que farà l'enrutament. Aquest conjunt anirà connectat a un servidor *pfSense* que farà les funcions de *firewall* i de *router*,



Imatge 12: Esquema de xarxa de la fase 1

⁸ www.ubnt.com

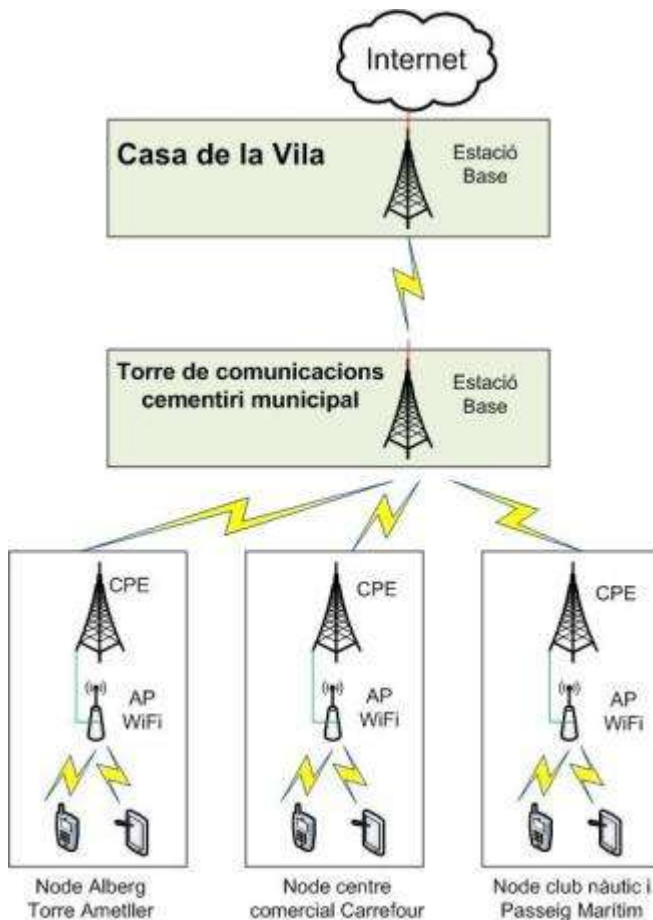
que a la seva vegada es connectarà a un *switch* gestionable. Des del *switch* sortiran totes les connexions cap a els ordinadors de gestió de la xarxa i servidor de dades, el punt d'accés de la Casa de la Vila i les estacions base. Totes aquestes connexions seran cablejades. Tot i que per 100 Mbps n'hi hauria prou amb cable *ethernet* Cat5e utilitzarem cable *ethernet cat6* en previsió de futures ampliacions.

Els nodes *WiFi* s'instal·laran en llocs que disposen de subministrament elèctric i la connexió entre el *CPE* i el punt d'accés es farà amb cable *ethernet cat5e*.

Dintre de l'edifici de la Casa de la Vila es centralitzaria tota l'electrònica de la xarxa i seria el propi personal de l'Ajuntament, que adequadament format, s'encarregaria de la gestió i manteniment del servei d'accés *WiFi* municipal.

5.4.2 Fase 2

A la segona fase es vol ampliar el nombre de nodes *WiFi* i donar servei d'accés a Internet en tres nous espais públics, concretament a l'alberg Torre Ametller, al centre comercial Carrefour i al club nàutic que hi ha a la platja juntament amb el passeig marítim. Hi un inconvenient important i és que no hi ha línia de visió directa des de la Casa de la Vila a aquests tres nous espais i per tant s'ha de trobar un punt auxiliar que tingui visió directa tant



Imatge 13: Esquema de xarxa de la fase 2

amb la Casa de la Vila com amb els tres nous espais. En aquest punt auxiliar s'instal·larà un enllaç punt a punt amb la Casa de la Vila i les estacions base per a fer arribar la xarxa als nous espais públics. El punt escollit és la torre de comunicacions situada al cementiri municipal. El cementiri està situat en un turó elevat per sobre del terme municipal de Cabrera de Mar i a més l'antena de comunicacions té una alçada de 30 metres.

Durant aquesta fase s'instal·larà l'accés punt a punt, tres estacions base a la torre de comunicacions del cementiri que enllaçaran amb els nodes *WiFi* projectats i una xarxa d'accés a cada node que estarà formada per un equip *CPE* i un punt d'accés *WiFi*. Els nodes *WiFi* s'instal·laran

en llocs que disposen de subministrament elèctric i la connexió entre el *CPE* i el punt d'accés es farà amb cable *ethernet* cat5e.

5.5 Adreçament de la xarxa

Es crearà una xarxa d'àrea local de classe C amb tots els equips locals de control i administració de la xarxa, les estacions base i la interfície *WAN* dels *CPE*. Les adreces es distribuïran de la manera següent:

- 192.168.0.1 a 192.168.0.100 pels equips locals, estacions base i electrònica de xarxa.
- 192.168.0.101 a 192.168.0.199 pels *CPEs*

Les estacions base configuraran en mode *bridge* mentre que els *CPE* es configuraran en mode *router* amb servidor *DHCP* activat de forma que cada *CPE* crearà una nova xarxa de classe C i assignarà *IP* locals tant al punt d'accés com els clients que es connectin a la seva xarxa. Es a dir, els *CPE* actuen com enrutadors i tenen dues interfícies de xarxa amb dues adreces *IP* diferents, una interfície *WAN* que el connecta amb la xarxa municipal i Internet (192.168.0.0/24) i una interfície *LAN* que és una nova xarxa de classe C que serà on es connectaran els clients *WiFi* (192.168.X.0/24).

Per continuïtat amb el criteri anterior cada *CPE* amb la *IP WAN* 192.168.0.N (amb N entre 0 i 7) crearà la nova xarxa posant en el tercer Byte de la interfície de xarxa *LAN* les dues últimes xifres de la seva interfície *WAN*, per exemple el *CPE* amb *IP* 192.168.0.101 crearà la xarxa 192.168.1.0/24, el *CPE* amb *IP* 192.168.0.102 crearà la xarxa 192.168.2.0/24, i així successivament. Cada *CPE* tindrà emparellat un punt d'accés i per comoditat s'assignaran *IP* dinàmiques de manera que el servidor *DHCP* del *CPE* s'encarregarà d'assignar la *IP* tant al punt d'accés com els clients.

A la taula següent es detalla l'adreçament de cada equip de la xarxa.

Taula 7: Adreçament dels equips de la xarxa

Equip	Ubicació	Adreça <i>IP</i>
Servidor pfSense (<i>router</i> i <i>firewall</i>)	Casa de la Vila	192.168.0.1
<i>Switch</i>	Casa de la Vila	192.168.0.2
Equip de per la gestió i administració de la xarxa	Casa de la Vila	192.168.0.10
Estació Base 1 (EB1)	Casa de la Vila	192.168.0.51
Estació Base 2 (EB2)	Casa de la Vila	192.168.0.52
Estació Base 3 (EB3) - <i>PtP</i>	Casa de la Vila	192.168.0.53
Estació Base 4 (EB4) - <i>PtP</i>	Cementiri municipal	192.168.0.54

Estació Base 5 (EB5)	Cementiri municipal	192.168.0.55
Estació Base 6 (EB6)	Cementiri municipal	192.168.0.56
Estació Base 7 (EB7)	Cementiri municipal	192.168.0.57
<i>CPE 1</i>	Poliesportiu	192.168.0.101
<i>CPE 2</i>	Camp de futbol	192.168.0.102
<i>CPE 3</i>	Casal de Joves	192.168.0.103
<i>CPE 4</i>	Plaça del Poble	192.168.0.104
<i>CPE 5</i>	Alberg Torre Ametller	192.168.0.105
<i>CPE 6</i>	Centre comercial Carrefour	192.168.0.106
<i>CPE 7</i>	Passeig marítim i club nàutic	192.168.0.107

La següent taula mostra les xarxes *WiFi* que es crearan a *CPE*:

Taula 8: Adreçaments creats a cada node *WiFi*

Equip	Ubicació	<i>IP WAN</i>	<i>IP LAN</i>	Xarxa <i>WiFi</i>
AP	Casa de la Vila		192.168.0.20	192.168.0.0/24
<i>CPE 1</i>	Poliesportiu	192.168.0.101	192.168.1.1	192.168.1.0/24
<i>CPE 2</i>	Camp de futbol	192.168.0.102	192.168.2.1	192.168.2.0/24
<i>CPE 3</i>	Casal de Joves	192.168.0.103	192.168.3.1	192.168.3.0/24
<i>CPE 4</i>	Plaça del Poble	192.168.0.104	192.168.4.1	192.168.4.0/24
<i>CPE 5</i>	Alberg Torre Ametller	192.168.0.105	192.168.5.1	192.168.5.0/24
<i>CPE 6</i>	Centre comercial Carrefour	192.168.0.106	192.168.6.1	192.168.6.0/24
<i>CPE 7</i>	Passeig marítim i club nàutic	192.168.0.107	192.168.7.1	192.168.7.0/24

En el cas de la Casa de la Vila no hi ha *CPE* ja que el punt d'accés està connectat per cable amb el *switch* de la xarxa principal. En aquest cas el servidor *pfSense* actuarà com a *router* i tindrà el servidor *DHCP* activat amb un rang d'adreces 192.168.0.201 a 192.168.0.250, de manera que podrà assignar 50 *IP* pels clients del punt d'accés de la Casa de la Vila. A més, per raons de seguretat, el *switch* al que es connectarà el punt d'accés serà un *switch* gestionable i es crearà una *VLAN* pels clients d'aquest punts d'accés de manera que tot el tràfic generat per aquesta *VLAN* estigui directament dirigit al servidor *pfSense* i els clients de la xarxa *WiFi* no tinguin accés a cap altre equip de la xarxa.

S'ha unificat en un sol node els nodes del casal de joves i el de la plaça de la cooperativa donat que el nombre d'usuaris estimat és molt petit.

5.6 Equips

Per unificar criteris s'utilitzarà el mateix model d'estació base, de *CPE* i punt d'accés per a tots els nodes, tots de la

marca Ubiquiti per assegurar la compatibilitat.

A més, podem fer servir el software que proporciona aquesta marca per centralitzar i gestionar la

totalitat de la xarxa *WiFi* formada per equips de la marca Ubiquiti. Aquest

software es diu *AirControl* i té capacitat per trobar els

dispositius de la marca Ubiquiti, també connectar dispositius, visualitzar informes sobre el seu estat, actualitzar el firmware dels dispositius i fer canvis en la configuració dels dispositius, així com crear *backups* de les configuracions dels dispositius i restaurar les configuracions en cas de fallida. Crea estadístiques i gràfics del comportament de la xarxa, mostra un mapa de xarxa amb els dispositius geolocalitzats i altres aplicacions. Tot aquest sistema s'implementa via web.



Imatge 14: Software de gestió de xarxa *AirControl*

dispositius de la marca Ubiquiti, també connectar dispositius, visualitzar informes sobre el seu estat, actualitzar el firmware dels dispositius i fer canvis en la configuració dels dispositius, així com crear *backups* de les configuracions dels dispositius i restaurar les configuracions en cas de fallida. Crea estadístiques i gràfics del comportament de la xarxa, mostra un mapa de xarxa amb els dispositius geolocalitzats i altres aplicacions. Tot aquest sistema s'implementa via web.

5.6.1 Estació base

Les estacions base estaran compostes de un equip *Rocket M5* juntament amb una antena sectorial *AM-5G16-120* o *AM-5G17-90*, tot de la marca Ubiquiti. La unitat *Rocket M5* té capacitat MIMO 2x2⁹ i ofereix un gran rendiment. Tenen un abast teòric superior als 50 km i un rendiment teòric de 300 Mbps arribant a més de 100 Mbps reals. Està específicament dissenyada per a realitzar enllaços Punt a Punt en exterior i treballar com a estació base *AirMax* en enllaços Punt a Multipunt. Treballa en la freqüència lliure dels 5 GHz.



Imatge 15: Rocket M5



Imatge 16: Rocket M5 amb antena sectorial

⁹ Si el receptor té 2 antenes l'enllaç serà MIMO 2x2, si només té 1 antena serà MISO. Veure apartat 3.1.1.6

L'antena *AM-5G16-120*, és una antena sectorial de classe *Carrier*¹⁰ amb doble polaritat MIMO 2x2. Té un guany de 16 dBi i un sector de 120°. Mentre que l'antena *AM-5G17-90* té un guany de 17 dBi i un sector de 90°. A la imatge 17 es pot veure com la unitat *Rocket M5* s'acobla perfectament a les antenes sectorials de la mateixa marca Ubiquiti i a l'hora aprofiten la tecnologia AirMax de Ubiquiti per obtenir el màxim rendiment dels equips.

5.6.2 CPE

Els CPEs són equips *Nanostation M5* de la marca Ubiquiti. Aquests equips integren la tecnologia AirMax de Ubiquiti utilitzant el protocol TDMA MIMO i són plenament compatibles amb els equips de les estacions base escollides. Porten integrada una antena de 16 dBi



Imatge 17: Nanostation M5

5.6.3 Punt d'accés



Imatge 18: AP-Outdoor

Els equips escollits per a treballar com punt d'accés són els *AP-Outdoor* de la marca Ubiquiti. Aquests equips combinen un rendiment de classe *Carrier* amb una gran escalabilitat i un controlador d'administració virtual anomenat *Unifi Controller*. Treballa en la banda de 2,4 GHz per a donar servei tant a ordinadors portàtils com altres dispositius electrònics de consum com ara smartphones, tablets, PDAs, etc. Suporta el estàndard 802.11n i arriba a velocitats màximes teòriques de 300 Mbps gràcies a la seva tecnologia MIMO. Té un abast teòric superior als 183 metres.

5.6.4 Servidor pfSense

pfSense és un sistema operatiu de lliure distribució i codi obert basat en *FreeBSD* i adaptat per a funcions de *Firewall* i *Router* principalment. A més ofereix funcionalitats de servidor *DHCP*, servidor



Imatge 19: Vistes del Phoenix pfSense

DNS, Servidor *PPPoE*, Portal captiu, *VPN*, *NAT*, balanceig de càrrega, etc. Aquest sistema estarà

instal·lat en un servidor dedicat model *Phoenix pfSense 1U server*, que segons les seves especificacions és un equip amb capacitat fins a 500 usuaris. A més té els avantatges de ser dissenyat per instal·lar en bastidor i de tenir 5 ports *Gigabit ethernet* de forma que es pot gestionar les fases del projecte per separat o mantenir els equips de gestió de la xarxa en una *VLAN separada*.

¹⁰ Es diu que un sistema és de classe Carrier quan és extremadament fiable, ha passat tots els tests de qualitat i les seves característiques han estat totalment verificades. Per a adquirir la categoria de Classe Carrier el sistema ha d'estar dissenyat i provat per aconseguir una disponibilitat del 99,999% (regla dels cinc nous), - temps de fallida de cinc minuts l'any - i uns mecanismes de restabliment del sistema molt ràpids en cas de fallida.

5.6.5 Servidor per administració de la xarxa

Per la gestió i administració de la xarxa necessitem instal·lar el software *Unifi Controller* de Ubiquiti Networks. Aquest software ens permet administrar milers de punts d'accés Unifi de Ubiquiti, traçar xarxes, gestionar el tràfic del sistema i modificar les configuracions dels punts d'accés tant en grup com individualment. Per la seva instal·lació es requereix un ordinador amb *Windows 7*, *Windows 8*, o *Mac OS*. Per aquesta tasca hem escollit un ordinador *PC microtorre HP ProDesk 490 G1 (D5T64EA)*, amb *Windows 8* instal·lat. Les seves característiques principals són:

- Sistema Operatiu: Windows 8 professional 64
- Processador: Intel i5-4570
- Memòria: 4 GB SDRAM DDR3 a 1600MHz
- Disc Dur: SATA de 1 TB
- Gràfics: AMD Radeon HD 8490 (1 GB)
- Xarxa: Realtek RTL815GH-CG GbE

5.6.6 Switch gestionable

Com hem vist en l'esquema de xarxa a la sortida del servidor *pfSense* que fa les funcions de *firewall* i de *router* es connectarà un *switch* gestionable que portarà el senyal als equips instal·lats a la Casa de la Vila. Aquest *switch* es configurarà de forma que es crearà una *VLAN* que donarà servei d'Internet al punt d'accés situat a l'exterior però que aquesta *VLAN* no tingui accés a cap altre recurs de la xarxa. L'equip escollit és el model Catalyst 2960-24TT-L de la marca Cisco. Aquest *switch* té 24 ports 10/100M i 2 ports 10/100/1000, i està dissenyat per a instal·lar en armari.



Imatge 20: Switch C2960-24TT-L

5.6.7 SAI

En el mateix armari dels equips d'electrònica de xarxa s'instal·larà un sistema d'alimentació ininterrompuda per a la protecció dels mateixos equips d'electrònica de xarxa contra fallides en el subministrament d'alimentació de corrent elèctric, caigudes de tensió, sobretensions i petites o grans fluctuacions de la xarxa. A més, el SAI subministrarà alimentació de reserva fins que el subministrament de la xarxa elèctrica quedi restablert o les bateries quedin totalment descarregades. L'equip escollit és el Smart-UPS 3000 VA 2U de la marca APC, amb el que



Imatge 21: Vistes del smart-UPS 3000

es pot alimentar fins a un màxim de 8 equips i té una autonomia de més de 60 minuts per a demandes fins a 350 W i fins a 6 minuts en cas de que la demanda sigui de 2000 W.

5.7 Solució tècnica dels enllaços

En aquest apartat estudiarem la solució adoptada per a cada enllaç i posteriorment farem una simulació per a comprovar la qualitat de l'enllaç.

5.7.1 Fase 1

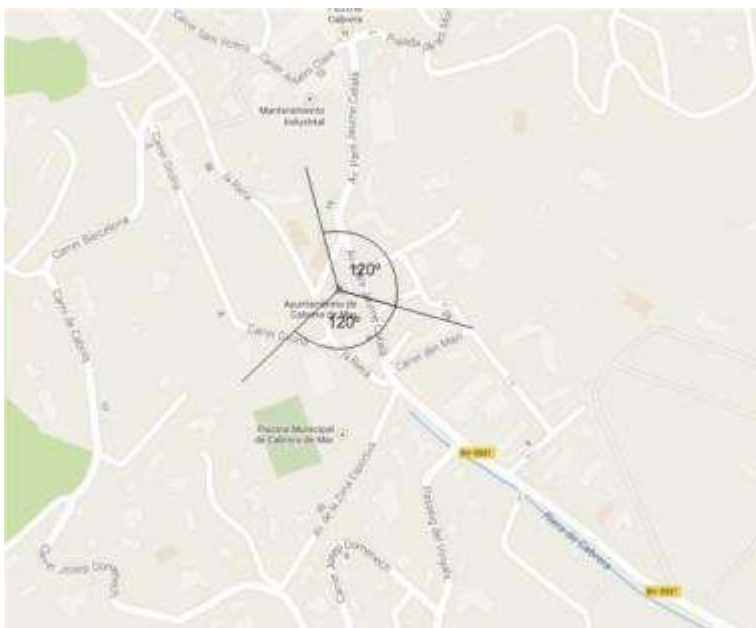
Tots els enllaços de la fase 1 tenen el seu origen a la Casa de la Vila. Tal com es mostra a la taula 4 el nombre màxim d'usuaris es de 92 i com que la velocitat està limitada a 256 kbps per usuari això ens dona un total de 23,55 Mbps. Així doncs es podria contractar una línia de 50 Mbps per a la primera fase.

L'edifici de la Casa de la Vila en el seu punt més elevat té uns 15 metres. A més s'hauria d'instal·lar un màstil de 3 metres per a col·locar els radioenllaços. Aquí es col·locaran les dues estacions base de la Casa



Imatge 19: Enllaços de la fase 1

de la Vila de la fase 1. Aquestes estacions base estarien compostes per un sistema *Rocket M5* amb una antena sectorial *AM-5G16-120*.



Imatge 20: Sectors de les antenes de la fase 1

La primera estació base (EB1) orientada cap al sud i la segona (EB2) cap al nord-est. La EB1 enllaçaria amb els CPEs del poliesportiu i del camp de futbol, mentre que la EB2 enllaçaria amb el CPE del casal de joves i la plaça de la cooperativa. Cada CPE estarà compost per una unitat *Nanostation M5* de la mateixa

marca Ubiquiti per assegurar la compatibilitat, d'aquesta manera tindrem enllaçat cada node amb la Casa de la Vila. Finalment, juntament amb la unitat *Nanostation M5* s'instal·larà una unitat *UniFi AP AC Outdoor* que ens donarà l'accés *WiFi* en cada node. La ubicació de les unitats dependrà de cada node però s'ha escollit ubicacions estratègiques per la seva situació i per la seva alçada, a l'hora que disposen de corrent elèctric per a la seva alimentació.

5.7.2 Fase 2

A la imatge següent es veu l'enllaç punt a punt des de la Casa de la Vila fins a la torre de comunicacions del cementiri municipal juntament amb el enllaços als node de la 2^a fase.



Imatge 22: Enllaços de la fase 2

Des de la Casa de la Vila no hi ha línia de visió amb els nodes de la segona fase i és necessari trobar un punt elevat que tingui visió directa tant amb la Casa de la Vila com amb els tres nodes de la segona fase. El punt escollit és la torre de comunicacions situada al cementiri municipal. La segona fase comença amb l'enllaç punt a punt entre la Casa de la Vila i la torre de comunicacions del cementiri municipal. Per aquest enllaç s'instal·larà una nova estació base (EB3) a la Casa de la Vila equipada igualment amb un equip *Rocket M5* i una antena direccional. Tots els enllaços de la fase 2 tenen el seu origen a la



Imatge 23: Orientació de les antenes sectorials de la fase 2

torre de comunicacions del cementiri municipal. Tal com es mostra a la taula 5 el màxim d'usuaris és de 218 i el que ens dona una amplada de banda total de 53,25 Mbps. La torre de comunicacions del cementiri té una alçada de 30 metres que és on s'instal·laran les quatre estacions base. La primera d'aquestes estacions base (EB4) estaria composta per un equip *Rocket M5* amb una antena direccional apuntant cap a la Casa de la Vila mentre que les altres tres estacions base estarien compostes per un equip *Rocket M5* amb una antena sectorial *AM-5G17-90* amb un feix 90°. La segona estació base (EB5) orientada cap al nord, que enllaçaria amb el node de l'alberg Torre Ametller, una tercera estació base (EB6) orientada cap a l'est que enllaçaria amb el centre comercial Carrefour i finalment una quarta (EB7) que enllaçaria amb el node del club nàutic i el passeig marítim. A cada node s'instal·larà una unitat *Nanostation M5* de Ubiquiti per compatibilitat i funcionament de *AirMax*. Finalment, juntament amb cada unitat *Nanostation M5* s'instal·larà una unitat *UniFi AP AC Outdoor* que ens donarà l'accés *WiFi* en cada node. La ubicació de les unitats dependrà de cada node però en qualsevol cas s'ha escollit ubicacions estratègiques la seva situació i per la seva alçada, a l'hora que disposen de corrent elèctric per a la seva alimentació.

6 Simulacions

Per a fer les simulacions de la xarxa s'ha fet servir el programari *Radio Mobile*. En poques paraules *Radio Mobile* és un software de simulació de radioenllaços gratuït desenvolupat per Roger Coudé per a predir el comportament de sistemes de comunicació mitjançant radiofreqüències. Els resultats de les simulacions s'han exportat a *Google Earth* per a la seva presentació. Es mostren els resultats obtinguts tant en els enllaços com en les àrees de cobertura *WiFi* dels punts d'accés. Cal dir que en totes les simulacions els resultats han estat correctes, únicament s'ha adaptat la potència de sortida de les estacions base a 14,5 dBi per tal de no superar 1 W de radiació *PIRE* que és el màxim permès. També s'han escollit els canals dels punts d'accés de manera que en punts d'accés adjacents estiguin configurats canals que no es superposin com ara els canals 1 i 6. En tots els casos la cobertura *WiFi* és suficientment àmplia com per donar servei d'Internet a tota l'àrea requerida, però durant la fase de proves s'haurà d'ajustar la potència de sortida dels punts d'accés per a evitar interferències amb altres punts d'accés.

Els principals paràmetres que haurem de tenir en compte per validar els nostres enllaços amb *Radio Mobile* són:

- Veure si al perfil hi ha línia de visió i la zona de Fresnel no te obstacles.
- Nivell de Rx (en dBm), podem veure que es mantenen sempre dintre dels nivells correctes (> -80 dBm). En valor absolut, per sota dels 80 dBm.
- Potència radiada, es pot observar com el tots els enllaços la potència *PIRE* està limitada a 1 W, segons normativa per a freqüències de 5 GHz.

6.1 Fase 1

Es mostren els enllaços previstos per aquesta primera fase, és a dir, els enllaços entre l'Estació Base de la Casa de la Vila i els nodes del poliesportiu, el camp de futbol, el node del casal de joves i la plaça de la cooperativa i finalment el node de la plaça del poble.

Després es mostren els llocs on s'instal·laran els equips de xarxa i la simulació de l'àrea de cobertura del node *WiFi*.



Imatge 24: Enllaços de la fase 1

6.1.1.1 Punt d'Accés de la Casa de la Vila

Tant les estacions base com el punt d'accés de la Casa de la Vila s'instal·laran a l'antena situada a la part superior de la Casa de la Vila.



Imatge 25: Ubicació de estacions base i punt d'accés de la Casa de la Vila



Imatge 26: Cobertura del AP WiFi de la Casa de la Vila

6.1.1.2 Enllaç Casa de la Vila a Poliesportiu



Imatge 27: Enllaç de la Casa de la Vila al Poliesportiu

Enlace de Radio

Editar Ver Invertir

Azimut=213,09°	Ang. de elevación=-1,726°	Despeje a 0,03km	Peor Fresnel=19,0F1	Distancia=0,07km
Espacio Libre=84,3 dB	Obstrucción=0,8 dB	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=4,2 dB
Pérdidas=87,7dB (4)	Campo E=94,5dB μ V/m	Nivel Rx=-42,2dBm	Nivel Rx=1731,84 μ V	Rx relativo=51,8dB

Transmisor		Receptor	
S9+40		S9+30	
CdM-EB1-CdV1		CdM-CPE1-Poliesportiu	
Rol	Master	Rol	Esclavo
Nombre del sistema Tx	Estacion Base CdV	Nombre del sistema Rx	CPE 15
Potencia Tx	0,0282 W 14,5 dBm	Campo E requerido	42,75 dB μ V/m
Pérdida de línea	0,5 dB	Ganancia de antena	16 dBi 13,8 dBd +
Ganancia de antena	16 dBi 13,8 dBd +	Pérdida de línea	0,5 dB
Potencia radiada	PIRE=1 W PRE=0,61 W	Sensibilidad Rx	4,4668 μ V -94 dBm
Altura de antena (m)	18 - + Deshacer	Altura de antena (m)	15 - + Deshacer
Red	CdM-PtmP-CdV sur	Frecuencia (MHz)	Mínimo 5470 Máximo 5825

Imatge 28: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Poliesportiu amb Radio Mobile

6.1.1.3 Punt d'accés Poliesportiu

Tant el *CPE* com el punt d'accés del poliesportiu s'instal·laran a la torre d'enllumenat que hi ha a la cantonada de l'acera just davant de l'accés al poliesportiu



Imatge 29: Ubicació del *CPE* i el *AP* del poliesportiu

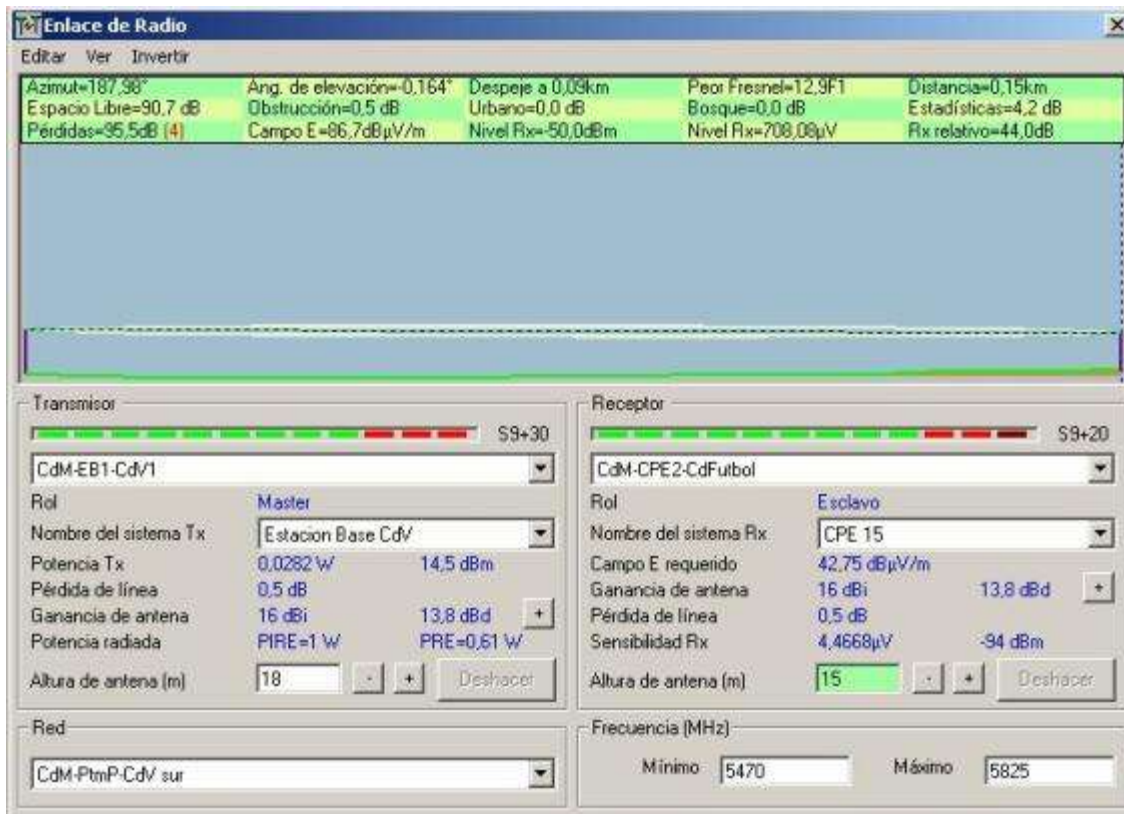


Imatge 30: Cobertura del *AP WiFi* del poliesportiu

6.1.1.4 Enllaç Casa de la Vila a Camp de futbol



Imatge 31: Enllaç Casa de la Vila - Camp de Futbol



Imatge 32: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Camp de Futbol amb Radio Mobile

6.1.1.5 Punt d'accés Camp de Futbol

Tant el CPE com el punt d'accés del camp de futbol s'instal·laran en la torre d'enllumenat central.



Imatge 33: Ubicació del CPE i el AP del camp de futbol



Imatge 34: Cobertura del AP WiFi del camp de futbol

6.1.1.6 Enllaç Casa de la Vila a Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa



Imatge 35: Enllaç Casa de la Vila - Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa

Enlace de Radio

Editar Ver Invertir

Azimut=4,48°	Ang. de elevación=3,428°	Despeje a 0,14km	Peor Fresnel=9,8F1	Distancia=0,25km
Espacio Libre=95,5 dB	Obstrucción=0,3 dB	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=4,2 dB
Pérdidas=100,0dB (4)	Campo E=82,3dBμV/m	Nivel Rx=-54,5dBm	Nivel Rx=422,39μV	Rx relativo=39,5dB

Transmisor

CdM-EB2-CdV2 S9+30

Rol: Master

Nombre del sistema Tx: Estacion Base CdV

Potencia Tx: 0,0282 W / 14,5 dBm

Pérdida de línea: 0,5 dB

Ganancia de antena: 16 dBi / 13,9 dBd

Potencia radiada: PIRE=1 W / PRE=0,61 W

Altura de antena (m): 18 Desajustar

Receptor

CdM-CPE3-CdJoves S9+20

Rol: Esclavo

Nombre del sistema Rx: CPE 15

Campo E requerido: 42,75 dBμV/m

Ganancia de antena: 16 dBi / 13,8 dBd

Pérdida de línea: 0,5 dB

Sensibilidad Rx: 4,4668μV / -94 dBm

Altura de antena (m): 15 Desajustar

Red

CdM-PlmP-CdV norte

Frecuencia [MHz]

Mínimo: 5470 Máximo: 5825

Imatge 36: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa

6.1.1.7 Punt d'accés Casal de Joves i Plaça de la Cooperativa

Tant el *CPE* com el punt d'accés del casal de joves i plaça de la cooperativa s'instal·laran a la farola que hi ha cantonada de l'acera davant del casal i de la plaça.



Imatge 37: Ubicació del *CPE* i el AP del casal de joves i plaça de la cooperativa



Imatge 38: Cobertura del AP WiFi del casal de joves i plaça de la cooperativa

6.1.1.8 Enllaç Casa de la Vila a Plaça del Poble



Imatge 39: Enllaç Casa de la Vila - Plaça del Poble



Imatge 40: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Plaça del Poble

6.1.1.9 Punt d'accés Plaça del Poble

Tant el CPE com el punt d'accés de la plaça del poble s'instal·laran a l'antena que hi ha a la torre del campanar de l'església just davant de la plaça.



Imatge 41: Ubicació del CPE i el AP de la plaça del poble



Imatge 42: Cobertura del AP WiFi de la plaça del poble

6.2 Fase 2

Es mostren els enllaços previstos per aquesta segona fase, és a dir, l'enllaç punt a punt entre l'Estació Base de la Casa de la Vila i la torre de comunicacions del cementiri municipal i els enllaços entre la torre del cementiri a l'alberg Torre Ametller, al centre comercial Carrefour i el node del Club Nàutic i Passeig Marítim.

Després es mostren els llocs on s'instal·laran els equips de xarxa i la simulació de l'àrea de cobertura del node *WiFi*.



Imatge 43: Enllaços de la fase 2

6.2.1.1 Enllaç Punt a Punt Casa de la Vila a Cementiri Municipal

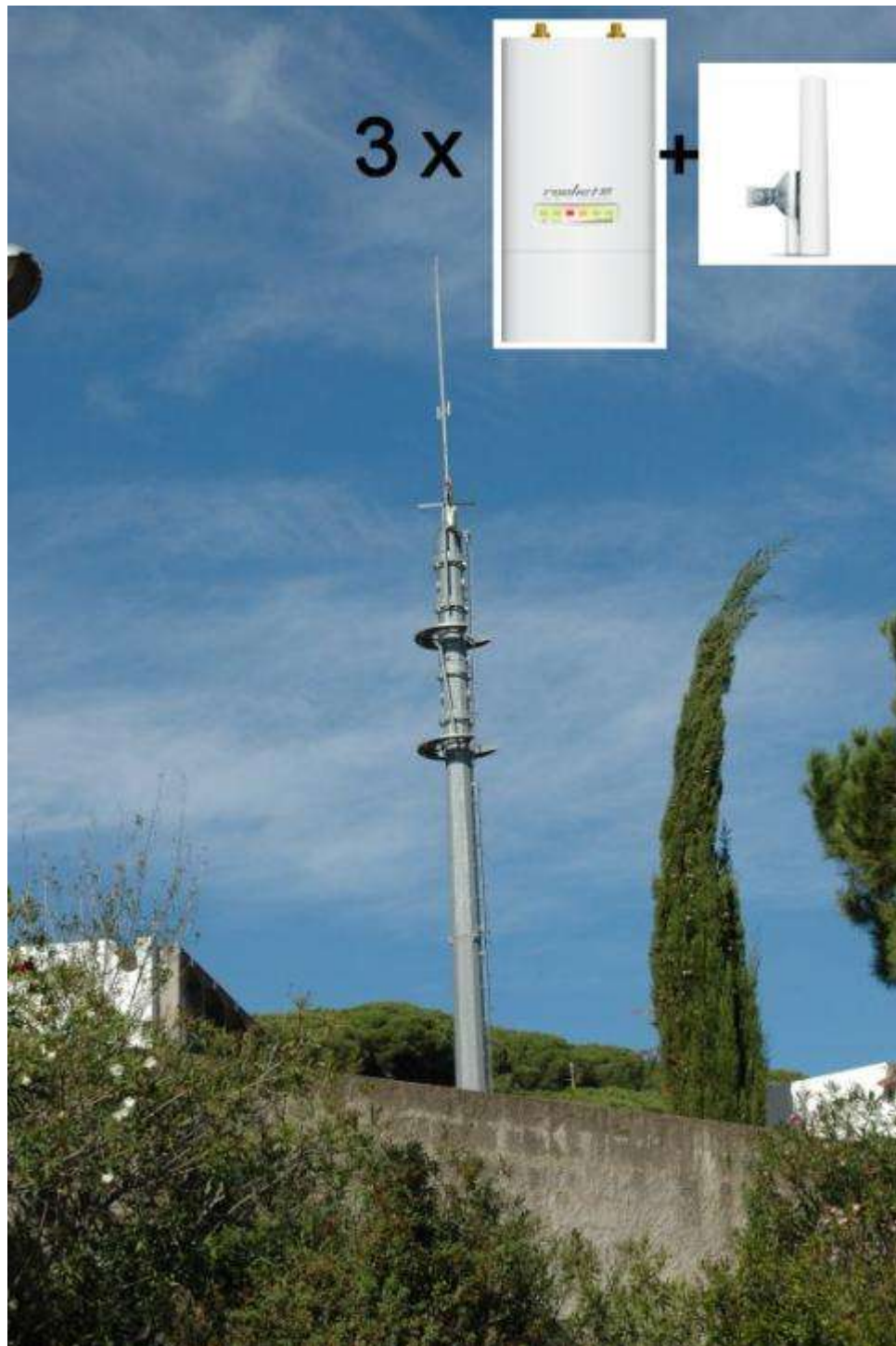


Imatge 44: Enllaç Casa de la Vila - Torre comunicacions del cementiri



Imatge 45: Resultats de la simulació de l'enllaç Casa de la Vila - Torre de comunicacions del cementiri

A la torre de comunicacions situada al cementiri municipal s'instal·larà l'enllaç punt a punt amb la Casa de la Vila i les tres estacions base per a crear els enllaços amb la resta de nodes de la segona fase.

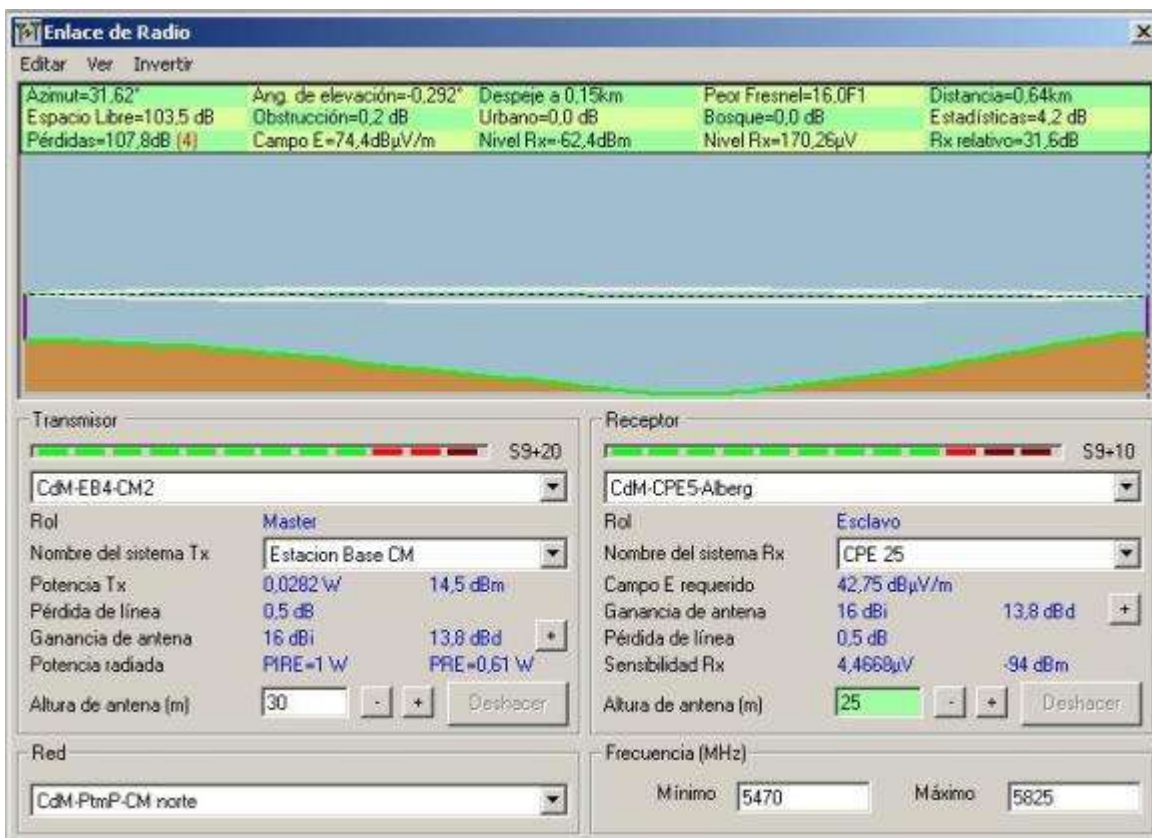


Imatge 46: Torre de comunicacions del cementiri municipal

6.2.1.2 Enllaç Cementiri a Alberg Torre Ametller



Imatge 47: Enllaç torre de comunicacions del cementiri - Alberg Torre Ametller



Imatge 48: Resultats de la simulació de l'enllaç torre de comunicacions - Alberg Torre Ametller

6.2.1.3 Punt d'accés Alberg Torre Ametller

Tant el *CPE* com el punt d'accés de l'alberg Torre Ametller s'instal·laran a l'antena situada a la part superior de la zona nova de l'alberg.



Imatge 49: Unió del *CPE* i AP de l'Alberg Torre Ametller

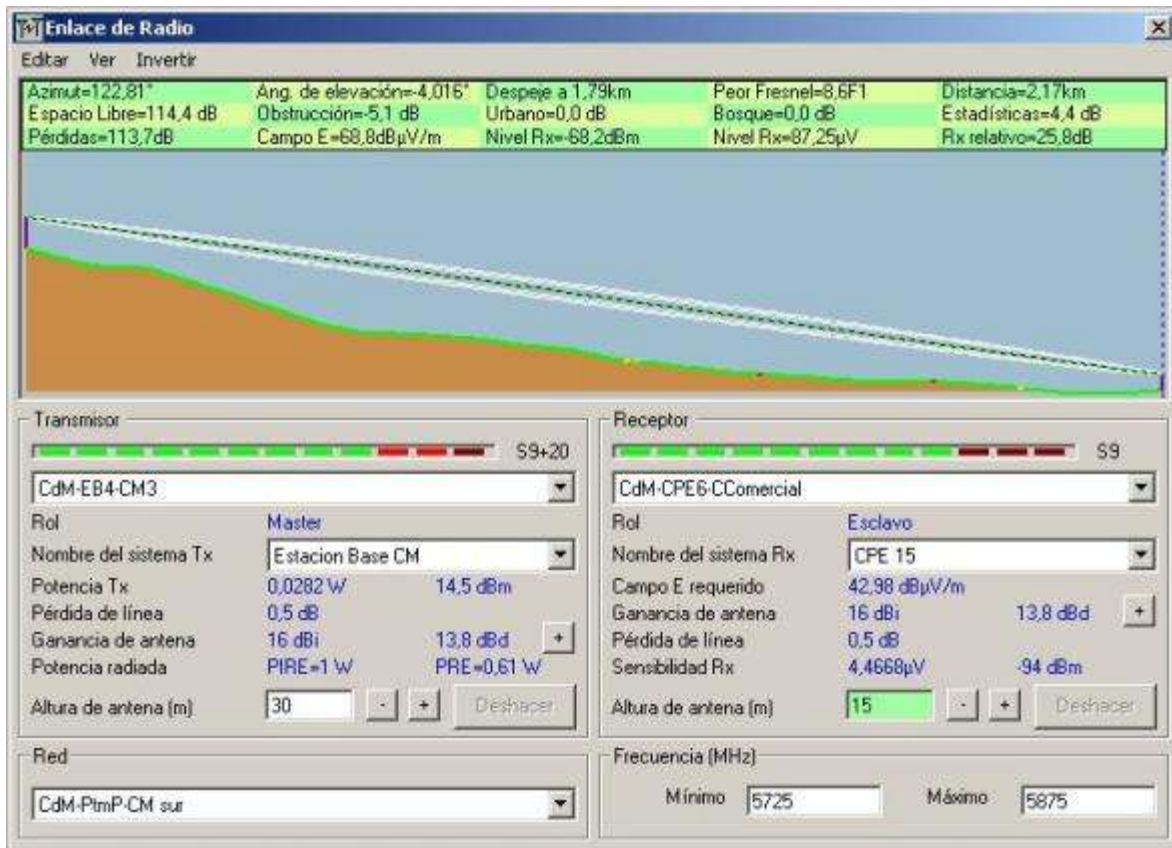


Imatge 50: Cobertura del AP WiFi de l'Alberg Torre Ametller

6.2.1.4 Enllaç Cementiri a Centre Comercial Carrefour



Imatge 51: Enllaç torre de comunicacions del cementiri - centre comercial Carrefour



Imatge 52: Resultats de la simulació de l'enllaç torre de comunicacions – centre comercial Carrefour

6.2.1.5 Punt d'accés Centre Comercial Carrefour

Tant el CPE com el punt d'accés del centre comercial Carrefour s'instal·laran a la farola central del pàrking del centre comercial.



Imatge 53: Ubicació del CPE i el AP del centre comercial Carrefour

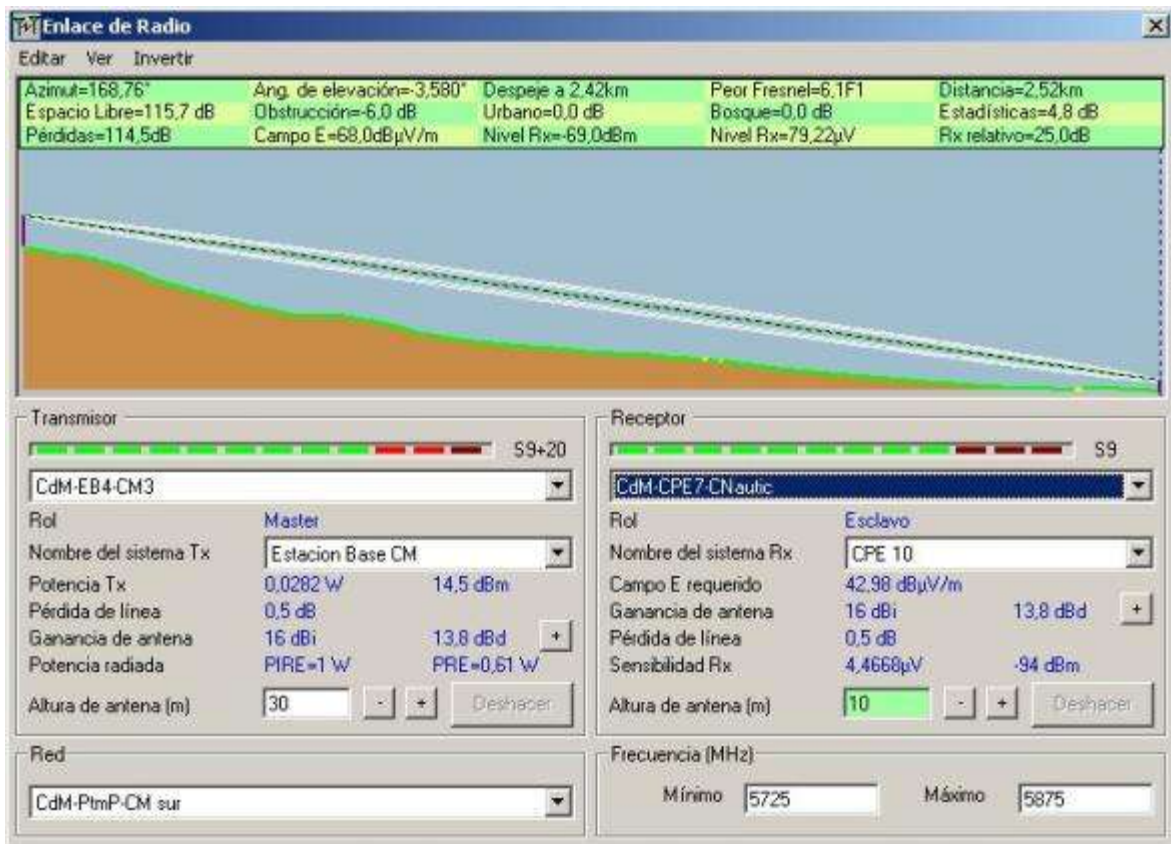


Imatge 54: Cobertura del AP WiFi del centre comercial Carrefour

6.2.1.6 Enllaç Cementiri a Passeig Marítim i Club Nàutic



Imatge 55: Enllaç torre de comunicacions del cementiri - club nàutic



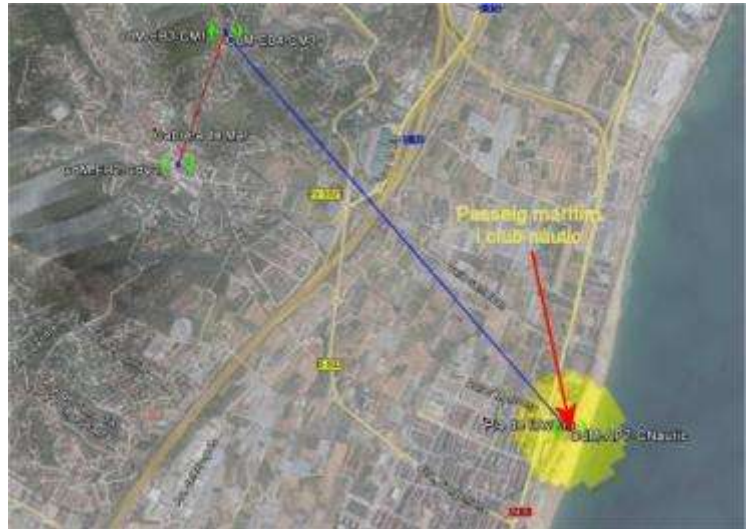
Imatge 56: Resultats de la simulació de l'enllaç torre de comunicacions – club nàutic

6.2.1.7 Punt d'accés Passeig Marítim i Club Nàutic

Tant el *CPE* com el punt d'accés del club nàutic s'instal·laran a la farola del passeig marítim que surt a la imatge per donar servei al club nàutic i al passeig marítim.



Imatge 57: Ubicació del *CPE* i el *AP* del club nàutic i passeig marítim



Imatge 58: Cobertura del *AP WiFi* del club nàutic i passeig marítim

7 Implementació

En aquest apartat es mostraran les configuracions dels equips que formaran la xarxa *WiFi* de Cabrera de Mar. Els equips *Rocket* i *Nanostation* es configuren accedint al seu sistema operatiu (*AirOS*) mitjançant un navegador Web. Els equips *Unifi* es configuren amb el software *Unifi Controller* de la pròpia marca Ubiquiti.

Veurem que en tots els casos per a poder accedir a les configuracions dels equips ens haurem d'autenticar amb els paràmetres de fàbrica però els canviarem en tots els equips.

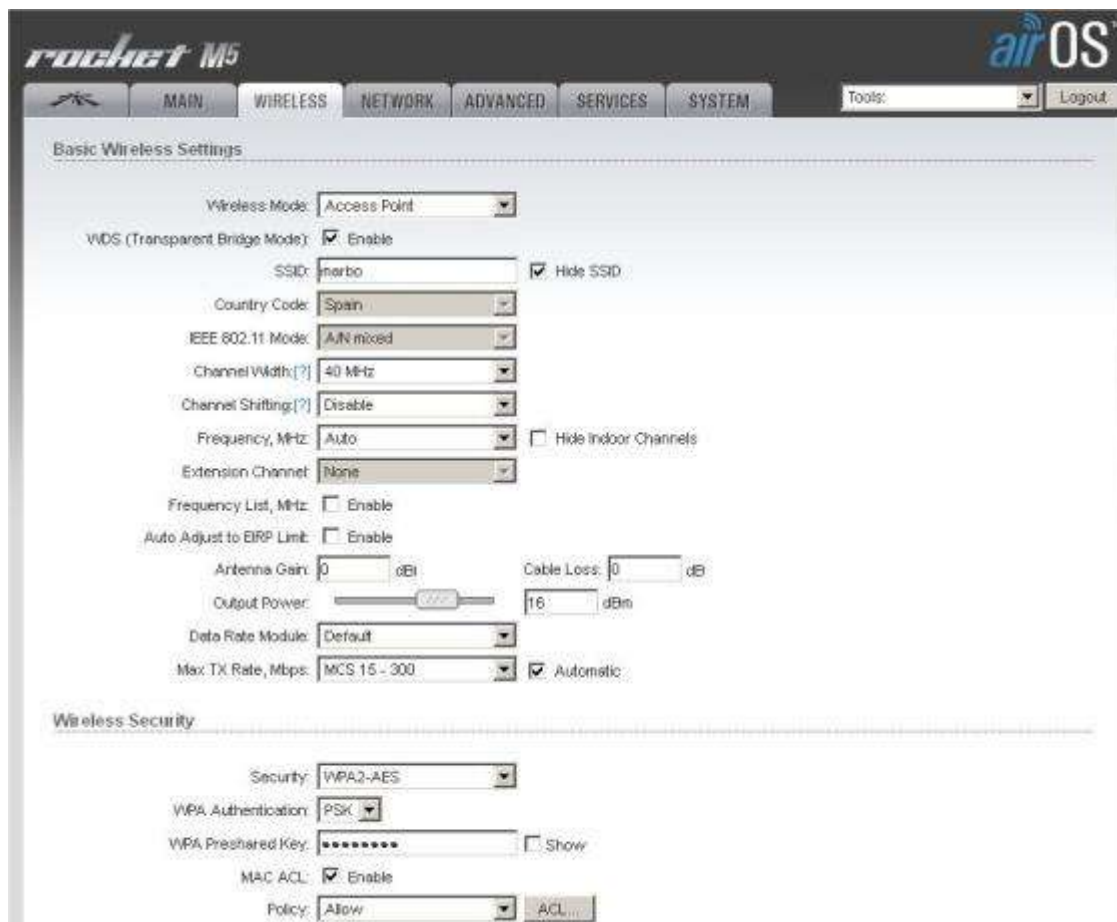
Taula 9: Canvis en l'autenticació dels equips Ubiquiti

	Per defecte	Nou
Usuari	ubnt	CdM_admin
Contrasenya	ubnt	CdM_admin_KEY

A continuació es mostren captures de pantalla de les pestanyes de *AirOS* on es faran modificacions en els paràmetres de configuració dels equips *Rocket M5* i *Nanostation M5*.



Imatge 59: Pàgina d'autenticació per a accedir a AirOS



Imatge 60: Pestanya wireless de AirOS

rocket M5 **airOS**

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Tools: [v] Logout

Network Rule

Network Mode:

Disable Network:

Configuration Mode

Configuration Mode:

Management Network Settings

Management IP Address: DHCP Static

IP Address:

Netmask:

Gateway IP:

Primary DNS IP:

Secondary DNS IP:

MTU:

Management VLAN: Enable

Auto IP Aliasing: Enable

STP: Enable

Imatge 61: Pestanya network de AirOS

rocket M5 **airOS**

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Tools: [v] Logout

Firmware Update

Firmware Version: XM v5.5.6 Upload Firmware: No se ha seleccionado ningún archivo.

Build Number: 17762

Check for Updates: Enable

Device **Date Settings**

Device Name:

Time Zone:

Interface Language:

Startup Date: Enable

Startup Date:

System Accounts

Administrator Username:

Read-Only Account: Enable

Miscellaneous **Location**

Reset Button: [?] Enable

Latitude:

Longitude:

Device Maintenance **Configuration Management**

Reboot Device:

Back Up Configuration:

Support Info:

Upload Configuration: No se ha seleccionado ningún archivo.

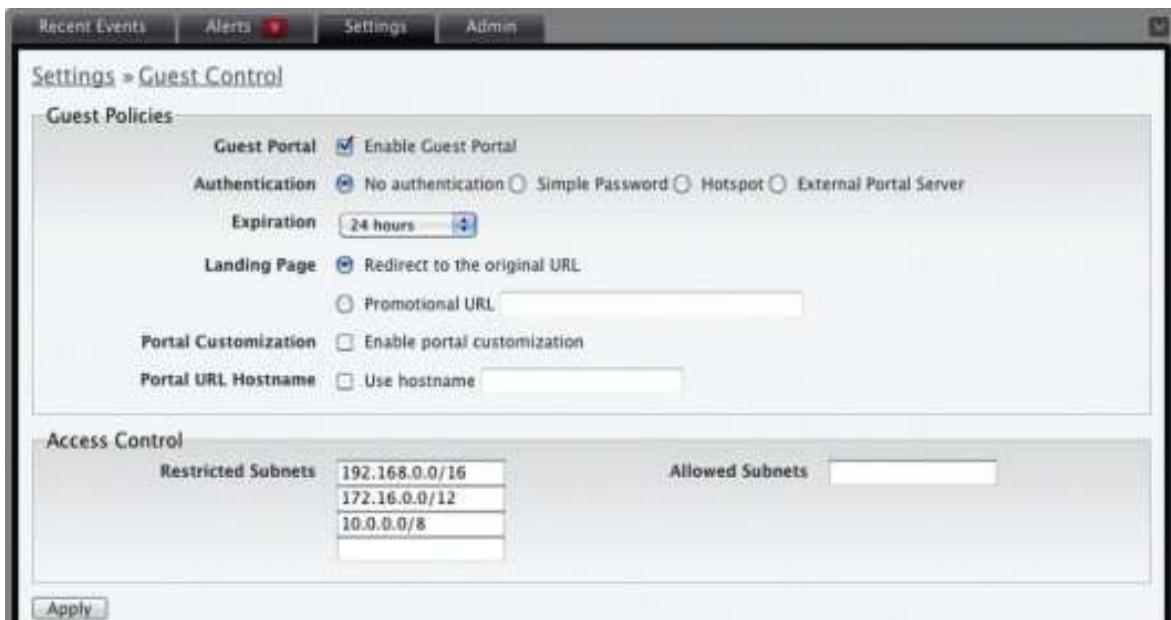
Reset to Factory Defaults:

Imatge 62: Pestanya system de AirOS

Aquí es mostren captures de pantalla de les pestanyes de *Unifi Controller* on es faran modificacions en els paràmetres de configuració dels equips *Unifi AC Outdoor*.



Imatge 63: Pàgina *System* de configuracions en *Unifi Controller*



Imatge 64: Pàgina *Guest Control* de configuracions en *Unifi Controller*



Imatge 65: Pàgina *Admin Settings* de configuracions en *Unifi Controller*



Imatge 66: Pàgina *Wireless Networks* de configuracions en *Unifi Controller*



Imatge 67: Pàgina *Groups* de configuracions en *Unifi Controller*

7.1 Fase 1

Per configurar les estacions base i els *CPE* de la primera fase accedirem a *AirOS* i modificarem els següents paràmetres:

Taula 10: Configuració de les estacions base de la fase 1

Pestanya	Paràmetre	EB 1	EB 2
Network	Network mode	Bridge	Bridge
	IP Address	192.168.0.51	192.168.0.52
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0
	Gateway	192.168.0.1	192.168.0.1
	Primary DNS	192.168.0.1	192.168.0.1
Wireless	Wireless mode	Access Point	Access Point
	WDS	enable	enable
	SSID	CdM_1	CdM_2
	Hide SSID	enable	enable
	Country Code	Spain	Spain
	IEEE 802.11 Mode	A/N mixed	A/N mixed
	Antenna Gain	16	16
	Output power	14	14
	Security	WPA2-AES	WPA2-AES
	WPA preshared Key	CdM_KEY	CdM_KEY
System	Device Name	EB1	EB2

Taula 11: Configuració dels CPE de la primera fase

Pestanya	Paràmetre	CPE 1	CPE 2	CPE 3	CPE 4
Network	Network mode	Router	Router	Router	Router
	Configuration mode	Advanced	Advanced	Advanced	Advanced
	WAN IP Address	Static	Static	Static	Static
	IP Address	192.168.0.101	192.168.0.102	192.168.0.103	192.168.0.104
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
	Gateway IP	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
	Primary DNS	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
	NAT	enable	enable	enable	enable

	LAN IP Address	192.168.1.1	192.168.2.1	192.168.3.1	192.168.4.1
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
	DHCP Server	enabled	enabled	enabled	enabled
Wireless	Wireless mode	Station	Station	Station	Station
	WDS	enable	enable	enable	enable
	SSID	CdM_1	CdM_1	CdM_2	CdM_2
	Hide SSID	enable	enable	enable	enable
	Country Code	Spain	Spain	Spain	Spain
	IEEE 802.11 Mode	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed
	Antenna Gain	16	16	16	16
	Output power	14	14	14	14
	Security	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES
	WPA preshared Key	CdM_KEY	CdM_KEY	CdM_KEY	CdM_KEY
System	Device Name	CPE1	CPE2	CPE3	CPE4

Els punts d'accés es configuraran de manera que els usuaris tinguin una connexió limitada a 30 minuts i 256 kbps. La connexió es farà mitjançant un portal captiu on es demana l'acceptació dels termes d'ús i en acceptar et redirigeix a una pàgina web promocional, però sense cap contrasenya. Per a configurar els punts d'accés *Unifi AC Outdoor* iniciarem *Unifi Controller* i farem els següents canvis:

Taula 12: Configuració dels punts d'accés de la primera fase

Pestanya	Paràmetre	AP 0	AP 1	AP 2	AP 3	AP 4
System	System name	AP0	AP1	AP2	AP3	AP4
	Country	Spain	Spain	Spain	Spain	Spain
Guest Control	Guest Portal	enabled	enabled	enabled	enabled	Enabled
	Authentication	No	No	No	No	No
	Expiration	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min
	Landing Page	Promotional URL	Promotional URL	Promotional URL	Promotional URL	Promotional URL
Admin	Admin Name	CdM_admin	CdM_admin	CdM_admin	CdM_admin	CdM_admin

	Password	CdM_admin_KEY	CdM_admin_KEY	CdM_admin_KEY	CdM_admin_KEY	CdM_admin_KEY
Wireless (create)	Name/SSID	WiFiCabrera_0	WiFiCabrera_1	WiFiCabrera_2	WiFiCabrera_3	WiFiCabrera_4
	Security	Open	Open	Open	Open	Open
	Guest Policy	enabled	enabled	enabled	enabled	Enabled
	User Group	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi
User Groups (new group)	Name	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi
	BW limit (download)	256	256	256	256	256
	BW limit (upload)	128	128	128	128	128

7.2 Fase 2

Per l'enllaç punt a punt primer configurarem l'equip de la Casa de la Vila i després l'equip de la torre de comunicacions. Només es mostren les modificacions, els altres paràmetres es deixen per defecte.

Taula 13: Configuració de l'enllaç punt a punt

Pestanya	Paràmetre	EB3 (Casa de la Vila)	EB4 (Torre cementeri)
Network	Network mode	Bridge	Bridge
	IP Address	192.168.0.53	192.168.0.54
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0
	Gateway	192.168.0.1	192.168.0.1
	Primary DNS	192.168.0.1	192.168.0.1
Wireless	Wireless mode	Access Point	Station
	WDS	enable	enable
	SSID	CdM_PtP	CdM_PtP
	Hide SSID	enable	enable
	Lock to AP MAC	---	MAC de la EB3
	Country Code	Spain	Spain
	IEEE 802.11 Mode	A/N mixed	A/N mixed
	Antenna Gain	30	30

	Output power	14	14
	Security	WPA2-AES	WPA2-AES
	WPA preshared Key	CdM_KEY	CdM_KEY
	MAC ACL	enable	---
System	Device Name	EB3	EB4

De la mateixa manera que en la fase 1 per configurar les estacions base i els CPE de la segona fase accedirem a AirOS i modificarem els següents paràmetres:

Taula 14: Configuració de les estacions base de la fase 2

Pestanya	Paràmetre	EB5	EB6	EB7
Network	Network mode	Bridge	Bridge	Bridge
	IP Address	192.168.0.55	192.168.0.56	192.168.0.57
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
	Gateway	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
	Primary DNS	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
Wireless	Wireless mode	Access Point	Access Point	Access Point
	WDS	enable	enable	enable
	SSID	CdM_5	CdM_6	CdM_7
	Hide SSID	enable	enable	enable
	Country Code	Spain	Spain	Spain
	IEEE 802.11 Mode	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed
	Antenna Gain	16	16	16
	Output power	14	14	14
	Security	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES
	WPA preshared Key	CdM_KEY	CdM_KEY	CdM_KEY
System	Device Name	EB5	EB6	EB7

Taula 15: Configuració dels CPE de la segona fase

Pestanya	Paràmetre	CPE 5	CPE 6	CPE 7
Network	Network mode	Router	Router	Router

	Configuration mode	Advanced	Advanced	Advanced
	WAN IP Address	Static	Static	Static
	IP Address	192.168.0.105	192.168.0.106	192.168.0.107
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
	Gateway IP	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
	Primary DNS	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
	NAT	enable	enable	enable
	LAN IP Address	192.168.5.1	192.168.6.1	192.168.7.1
	Netmask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
	DHCP Server	enabled	enabled	enabled
	Wireless	Wireless mode	Station	Station
WDS		enable	enable	enable
SSID		CdM_5	CdM_6	CdM_7
Hide SSID		enable	enable	enable
Country Code		Spain	Spain	Spain
IEEE 802.11 Mode		A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed
Antenna Gain		16	16	16
Output power		14	14	14
Security		WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES
WPA preshared Key		CdM_KEY	CdM_KEY	CdM_KEY
System		Device Name	CPE5	CPE6

Els punts d'accés es configuraran de mateixa manera que en la primera fase

Taula 16: Configuració dels punts d'accés de la segona fase

Pestanya	Paràmetre	AP 5	AP 6	AP 7
System	System name	AP5	AP6	AP7
	Country	Spain	Spain	Spain
Guest Control	Guest Portal	enabled	enabled	Enabled
	Authentication	No	No	No

	Expiration	30 min	30 min	30 min
	Landing Page	Promotional URL	Promotional URL	Promotional URL
Admin	Admin Name	CdM_admin	CdM_admin	CdM_admin
	Password	CdM_admin_KEY	CdM_admin_KEY	CdM_admin_KEY
Wireless (create)	Name/SSID	WiFiCabrera5	WiFiCabrera6	WiFiCabrera7
	Security	Open	Open	Open
	Guest Policy	enabled	enabled	Enabled
	User Group	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi
User Groups (new group)	Name	CdMWiFi	CdMWiFi	CdMWiFi
	BW limit (download)	256	256	256
	BW limit (upload)	128	128	128

Segons la documentació de Ubiquiti el nombre màxim d'usuaris amb les configuracions establertes és de 120 usuaris¹¹. En el cas del punt d'accés del centre comercial Carrefour no arribaria al nombre d'usuaris estimat ja que és de 125 però com que la diferència és molt poca s'ha decidit iniciar la fase de proves i posteriorment avaluar la necessitat d'ampliar la capacitat d'aquest node.

Tal com s'ha explicat a la configuració dels punts d'accés l'autenticació dels usuaris es farà mitjançant un portal captiu, tal com es fa en alguns establiments comercials. Per a utilitzar el servei cal connectar-se a la xarxa *WiFi* i la configuració establerta als punts d'accés ens redirigirà a una pàgina web predeterminada com la que es mostra a continuació on es pot mostrar publicitat per finançar el servei i on s'haurà d'acceptar les condicions d'ús del servei. La idea és oferir l'espai publicitari del portal captiu a diferents empreses a canvi d'una remuneració que hauria de servir per a cobrir les despeses de manteniment anual i el cost de la instal·lació inicial. El cost de la instal·lació es preveu amortitzar en un període de tres anys per tant al cost anual de manteniment s'hauria d'afegir un terç del cost de la instal·lació i obtindríem el preu anual del lloguer de la pàgina promocional del portal captiu. Una vegada finalitzat el període inicial de 3 anys es mantindria el preu per a cobrir futures despeses com ara avaries o ampliació de la xarxa.

Un exemple de pàgina de termes i condicions d'ús es mostra en l'annex.

¹¹ http://dl.ubnt.com/UBNT-inter-ops-5g_2.pdf



Imatge 68: Exemple de portal captiu promocional

8 Pressupost

S'ha fet un pressupost separant les dues fases del projecte.

Taula 17: Pressupost del projecte

FASE 1			
Equip	Preu Ut. (€)	Unitats	Total (€)
Rocket M5	58,51	2	117,02
AM-5G16-120	53,55	2	107,10
Nanostation M5	58,81	4	235,24
UAP-Outdoor	88,41	5	442,05
APC Smart-UPS 3000VA LCD RM 2U 230V	990	1	990,00
Phoenix pfSense	600	1	600,00
HP ProDesk 490 G1 (D5T64EA)	724,79	1	724,79
Cisco WS-Catalyst 2960-24TT-L	471,7	1	471,70
Bobina 300m cat6	172,66	1	172,66
UTP cat6 0,5m	1,14	5	5,70
UTP cat6 1,5m	1,8	5	9,00
configuració equips	60	70	4.200,00
Total Fase 1			8.075,26
FASE 2			
Equip	Preu Ut. (€)	Unitats	Total (€)
Rocket M5	58,51	5	292,55
AM-5G17-90	53,55	6	321,30

Nanostation M5	58,81	3	176,43
UAP-Outdoor	88,41	3	265,23
UTP cat6 1,5m	1,8	5	9,00
configuració equips	55	70	3.850,00
Total Fase 2			4.914,51

TOTAL PROJECTE

12.989,77

Tots els preus són sense IVA.

Aquest pressupost no inclou els materials i treballs d'instal·lació dels equips. S'ha considerat que l'Ajuntament ja té els medis i el personal necessari per a fer aquestes feines i per tant es rebaixa el cost final del projecte.

A aquest pressupost s'haurà d'incloure el cost de la connexió a Internet, que es mostra apart ja que serà un cost fix anual.

Taula 18: Cost del manteniment anual del servei

Concepte	preu mes	Mesos	Total
Cost línia	15	12	180,00
Internet (100 MB)	59,99	12	719,88
Manteniment	11	12	132,00
Total			1.031,88

Com que la instal·lació s'amortitzarà en tres anys el cost anual és de 4.329,92€ i al sumar el cost de manteniment anual de 1.031,88 obtenim un total de 5.361,80€ o 446,82€ mensuals.

S'ha optat per un projecte de baix pressupost i una configuració de portal captiu amb pàgina promocional amb la intenció d'oferir als comerços de la zona la possibilitat de finançar el projecte i el cost de manteniment anual. Es de preveure que donat el baix cost del projecte i del manteniment anual hi poden haver empreses interessades, com ara el centre comercial Carrefour.

9 Conclusions

Es pot concloure que es pot arribar a crear una xarxa *WiFi* municipal de baix cost i a l'abast de molts municipis, sobretot tenint en compte que podem trobar finançament tant per el projecte com per el manteniment anual.

Per altra banda, amb la velocitat que està avançant la tecnologia *WiFi* s'obre un món de possibilitats per a municipis als que no arriba la banda ampla ja que els costos de instal·lació de la línia ho fan impossible.

10 Bibliografia i enllaços

<http://www.cabrerademar.cat/>

<http://es.wikipedia.org>

<http://www.ubnt.com/>

<http://blog.e2h.net/>

<http://landashop.com/catalog/ubiquiti-networks-c-175.html>

<http://politube.upv.es/play.php?vid=8545>

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

<http://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual%2520de%2520Radio%2520Mobile.pdf>

<http://www.pfsense.org/>

<http://www.hacom.net/catalog/phoenix-pfsense-1u-server#>

<http://www.senetic.es/product/SUA3000RMI2U>

<http://www.cisco.com>

http://www.albentia.com/index_ES.php

http://www.youtube.com/watch?v=p_5zB1A-jVg

<http://guifi.net>

11 Annexes

A les següents pàgines es mostra un exemple de pàgina de termes i condicions d'ús del servei *WiFi* municipal de Cabrera de Mar i s'adjunten els *Datasheets* dels equips utilitzats.

Condicions d'ús de l'accés a la xarxa WiFi de Cabrera de Mar

1. - Condicions generals

1.1 - Per la present, L'ajuntament de Cabrera de Mar l'informa que les presents condicions d'ús dels serveis d'accés WiFi tenen com a finalitat regular la seva utilització, i determinar les condicions d'accés als continguts i serveis que, a través d'Internet, es posen a disposició de l'usuari. L'accés via WiFi té caràcter gratuït per als usuaris, es dóna en determinats espais públics del municipi de Cabrera de Mar, i per tant, en règim d'autoprestació, sent l'operador de xarxa de comunicacions competent qui ens presta el servei de comunicacions electròniques i accés a Internet que vostè utilitza. Així mateix, el seu ús està subjecte als termes i condicions establerts en el present document.

1.2. – L'usuari és responsable de proveir el seu propi ordinador o aparell mòbil per accedir a Internet. L'Ajuntament de Cabrera de Mar no subministra cap tipus d'assistència tècnica.

1.3. – L'usuari en accedir al Portal i utilitzar l'accés WiFi accepta les presents condicions, les quals podran ser modificades, totalment o parcialment, sense previ avís per L'Ajuntament de Cabrera de Mar en qualsevol moment, pel que li recomanem que revisi periòdicament aquestes condicions

1.4. - L'Ajuntament de Cabrera de Mar disposa d'un ample de banda per a l'accés a Internet determinat i la velocitat d'accés i fiabilitat del servei pot variar depenent de nombrosos factors, citant a títol enunciatiu però no limitatiu: les capacitats del seu aparell, el senyal *wireless*, la quantitat de usuaris connectats etc. L'Ajuntament de Cabrera de Mar no garanteix l'accés a Internet en tot moment, ni de forma contínua, segura o lliure d'errors. Així mateix, no es responsabilitza si l'accés és inestable, insegur, lent o no disponible. L'Ajuntament de Cabrera de Mar declina qualsevol responsabilitat que de tot això pogués derivar.

1.5. - Per la present l'usuari declara ser major de divuit anys.

1.6. - Els menors d'edat per accedir i utilitzar els serveis WiFi necessiten obligatòriament autorització dels seus pares i / o representants legals. L'Ajuntament de Cabrera de Mar informa als pares i/o representants legals del menor que es facilita un accés lliure i transparent a Internet, la qual cosa permet l'accés a continguts o serveis que poden no ser apropiats o que poden estar prohibits per als menors. Es recorda als pares i/o representants legals dels menors que és de la seva exclusiva i única responsabilitat el controlar i decidir els continguts o serveis adequats per als menors al seu càrrec

2. – Obligacions dels usuaris

2.1. – L'usuari es compromet a utilitzar el servei d'accés WiFi de forma diligent i correcta i es compromet a no utilitzar-lo per a la realització d'activitats contràries a la llei, a la moral, als bons costums acceptats i / o amb fins o efectes il·lícits, prohibits o lesius de drets i interessos de tercers, així com a no realitzar cap tipus d'ús que de qualsevol forma pugui danyar, inutilitzar, sobrecarregar, deteriorar o impedir la normal utilització del servei, els documents, arxius i tota classe de continguts emmagatzemats en qualsevol equip informàtic accessible a

través d'Internet. L'Ajuntament de Cabrera de Mar declina qualsevol responsabilitat que de tot això pogués derivar amb tota l'extensió que permeti l'ordenament jurídic

2.2. – Els tràfics permesos a Internet són: navegació web (http), navegació web Segura amb Secure Socket Layer (https), Correu entrant (POP3) i Correu Sortint (SMTP). Amb caràcter enunciatiu però no limitatiu no es permeten continguts que incloguin (i) material que infringeixi drets d'autor no degudament autoritzats, o que infringeixi qualsevol altre dret de propietat intel·lectual o Industrial, (ii) material ofensiu per a la comunitat i la moral pública (iii) material que faci apologia del terrorisme, racisme, o altres conductes il·legals, (iv) material pornogràfic, especialment el que atempti contra menors, (v) materials amenaçadors, difamatoris o que incitin a la violència

2.3. – Així mateix, igualment a títol enunciatiu però no limitatiu, l'usuari es compromet a no utilitzar, transmetre o difondre: (i) llenguatge difamatori, amenaçador o que sigui contrari al dret a l'honor, a la intimitat personal o familiar o la pròpia imatge de les persones, (ii) accedir il·legalment o sense autorització a sistemes, o xarxes que pertanyin a una altra persona, qualsevol activitat que pugui ser utilitzada com a causant d'un atac a un sistema (escaneig de ports, etc.), (iii) Distribució de virus, cucs, troians a través d'Internet, o qualsevol altra activitat destructiva; També activitats que interrompin o interfereixin en l'ús efectiu dels recursos de xarxa d'altres persones o la realització de "spamming", (iv) realitzar un ús fraudulent de l'adreça IP proporcionada en cada accés, (v) Qualsevol altra forma que sigui contrària, menyspreï o atempti contra els Drets Fonamentals i les Llibertats públiques reconegudes en la Constitució i en els tractats internacionals.

3. – Responsabilitats

L'usuari accepta i comprèn que l'accés i ús del portal WiFi d'accés a Internet és sota la seva pròpia responsabilitat. L'Ajuntament de Cabrera de Mar no assumeix cap responsabilitat respecte als usos que faci d'aquest servei, ni de les dades o informacions transferides des d'Internet. Així mateix, s'exclou qualsevol tipus de garantia o responsabilitat per la utilització del Portal, dels serveis i els continguts. Únicament a títol enunciatiu però no limitatiu, l'exoneració de responsabilitat de L'Ajuntament de Cabrera de Mar comprèn qualssevol responsabilitats derivades de: L'absència de disponibilitat i continuïtat del funcionament del servei d'accés, la interrupció, suspensió o cancel·lació de l'accés, la informació transmesa pels usuaris a través del canal subministrat per aquest servei d'accés, els danys i perjudicis de tota naturalesa que puguin deure a l'ús indegut d'aquest servei, la realització per part dels usuaris d'accessos no autoritzats a llocs protegits d'Internet, utilitzant qualsevol tècnica de *hacking*, *cracking*, etc., la manca de servei, lentitud de l'accés, etc., els danys i perjudicis de qualsevol naturalesa que puguin derivar del coneixement que puguin tenir tercers de l'ús d'Internet que pugui fer l'usuari o que pugui haver-se del accés i, si escau, a la intercepció, eliminació, alteració, modificació o manipulació de qualsevol manera dels continguts i comunicacions de tota mena que els usuaris transmetin, difonguin, emmagatzemin, posin a disposició, rebuin, obtinguin o accedeixin a través del servei.

4. – Legislació aplicable

El present avís legal es regeix en tots i cadascun dels seus extrems per la llei vigent.



rocket M

Powerful 2x2 MIMO AirMax BaseStation Platforms

Models: M2, M2GPS, M3, M365, M365GPS, M5, M5GPS, M900

Ultimate in RF Performance

Seamlessly Integrates with AirMax
BaseStation and Rocket Antennas

Incredible Range and Speed

Specifications

System Information		
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz	
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash	
	M	M GPS
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet	2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet

Regulatory / Compliance Information			
	M900, M2, M5, M2 GPS, M5 GPS	M3	M365, M365 GPS
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Y
RoHS Compliance	YES		

Physical / Electrical / Environmental		
Enclosure Size	17 x 8 x 3cm (length, width, height)	
Weight	0.5kg	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included	
Power Supply	24V, 1A POE Supply included	
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)	
Operating Temperature	-30C to 75C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4	
	M	M GPS
RF Connector	2x RP-SMA (Waterproof)	2x RP-SMA and 1x SMA (Waterproof)
	M (Except M5), M GPS (Except M5 GPS)	M5, M5 GPS
Max Power Consumption	6.5 Watts	8 Watts

Compatible Antennas				
M900	M2, M2 GPS	M3	M365, M365 GPS	M5, M5 GPS
AirMax Sector 900M-13-120	AirMax Sector 2G-16-90 2G-15-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 5G-17-90 5G-16-120 5G-20-90 5G-19-120
		Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 3G-26	
	Rocket Dish 2G-24			

Specifications (cont.)

Rocket M5 / M5 GPS - Operating Frequency 5470-5825 MHz*							
OUTPUT POWER: 27 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance		DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	27 dBm	+/- 2 dB	11a	6-24 Mbps	-94 dBm min	+/- 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	+/- 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	+/- 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/- 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	+/- 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/- 2 dB
11n / AirMax	MCS0	27 dBm	+/- 2 dB	11n / AirMax	MCS0	-96 dBm	+/- 2 dB
	MCS1	27 dBm	+/- 2 dB		MCS1	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS2	27 dBm	+/- 2 dB		MCS2	-92 dBm	+/- 2 dB
	MCS3	27 dBm	+/- 2 dB		MCS3	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS4	26 dBm	+/- 2 dB		MCS4	-86 dBm	+/- 2 dB
	MCS5	24 dBm	+/- 2 dB		MCS5	-83 dBm	+/- 2 dB
	MCS6	22 dBm	+/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	+/- 2 dB
	MCS7	21 dBm	+/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	+/- 2 dB
	MCS8	27 dBm	+/- 2 dB		MCS8	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS9	27 dBm	+/- 2 dB		MCS9	-93 dBm	+/- 2 dB
	MCS10	27 dBm	+/- 2 dB		MCS10	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS11	27 dBm	+/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	+/- 2 dB
	MCS12	26 dBm	+/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	+/- 2 dB
	MCS13	24 dBm	+/- 2 dB		MCS13	-79 dBm	+/- 2 dB
	MCS14	22 dBm	+/- 2 dB		MCS14	-78 dBm	+/- 2 dB
MCS15	21 dBm	+/- 2 dB	MCS15	-75 dBm	+/- 2 dB		

* Only 5745 - 5825 MHz is supported in the USA



NanoStation™ M

NanoStation™ loco M

Indoor/Outdoor airMAX™ CPE

Models: NSM2, NSM3, NSM365, NSM5, locoM2, locoM5, locoM9

Cost-Effective, High-Performance

Compact and Versatile Design

Powerful Integrated Antenna



Specifications

System Information			
Model	NanoStationM	locoM5/M2	locoM9
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory/Compliance Information				
Model	NSM5/NSM2/locoM5/locoM2	NSM3	NSM365	locoM9
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Z	FCC Part 15.247, IC RS210
RoHS Compliance	Yes	Yes	Yes	Yes

Physical/Electrical/Environmental						
Model	NSM5	NSM3/365	NSM2	locoM5	locoM2	locoM9
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80	163 x 31 x 80	164 x 72 x 199
Weight	0.4 kg	0.5 kg	0.4 kg	0.18 kg	0.18 kg	0.9 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 1A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W	8 W	5.5 W	5.5 W	6.5 W
Gain	16 dBi	13.7 dBi	11 dBi	13 dBi	8 dBi	8 dBi
RF Connector	-	-	-	-	-	External RP-SMA
Polarization	Dual Linear					
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting	Pole Mounting Kit Included					
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)					
Operating Temperature	-30 to 75° C					
Operating Humidity	5 to 95% Condensing					
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4					

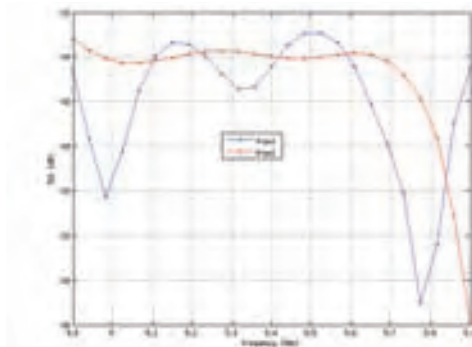
Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NSM5/locoM5	NSM365	NSM3	NSM2/locoM2	locoM9
Worldwide	5170 - 5875	3650-3675	3400-3700	2412-2462	902-928
USA	5725 - 5850				
USA DFS	5250 - 5850	-	-	-	-

NanoStationM5 Specifications

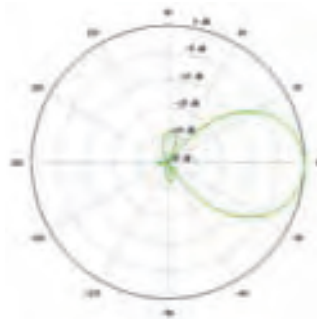
Output Power: 27 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance		Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	11a	6-24 Mbps	-94 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Antenna Information	
Gain	14.6 - 16.1 dBi
Cross-pol Isolation	22 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1
Beamwidth	43° (H-pol) / 41° (V-pol) / 15° (Elevation)

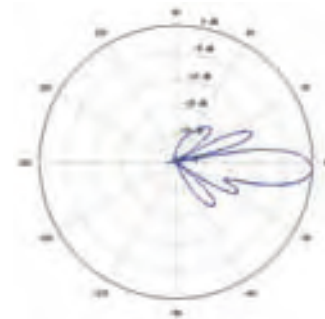
Return Loss



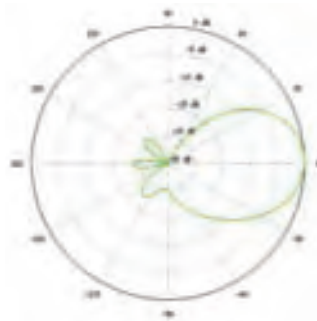
Vertical Azimuth



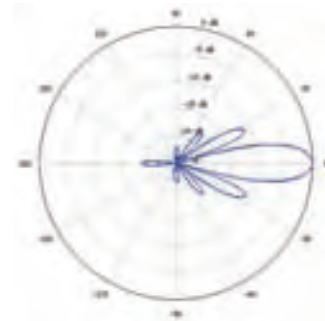
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation





airMAX™

2x2 MIMO BaseStation Sector Antenna

Models: AM-9M13, AM-2G15-120, AM-2G16-90, AM-3G18-120,
AM-5G16-120, AM-5G17-90, AM-5G19-120, AM-5G20-90

High Performance, Long Range

Seamlessly Integrates with RocketM

Excellent Cross-Polarization Isolation



Specifications

	Antenna Characteristics			
Model	AM-9M13	AM-2G15-120	AM-2G16-90	AM-3G18-120
Dimensions* (mm)	1290 x 290 x 134	700 x 145 x 93	700 x 145 x 79	735 x 144 x 78
Weight**	12.5 kg	4.0 kg	3.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	902 - 928 MHz	2.3 - 2.7 GHz	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz
Gain	13.2 - 13.8 dBi	15.0 - 16.0 dBi	16.0 - 17.0 dBi	17.3 - 18.2 dBi
HPOL Beamwidth	109° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)	118° (6 dB)
VPOL Beamwidth	120° (6 dB)	118° (6 dB)	90° (6 dB)	121° (6 dB)
Electrical Beamwidth	15°	9°	9°	6°
Electrical Downtilt	N/A	4°	4°	3°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	95 lbf @ 100 mph	24 lbf @ 100 mph	19 lbf @ 100 mph	21 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	30 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	N/A	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)

** Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

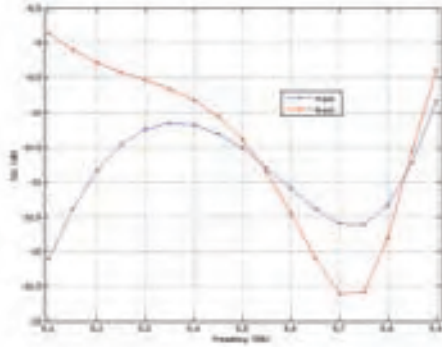
	Antenna Characteristics			
Model	AM-5G16-120	AM-5G17-90	AM-5G19-120	AM-5G20-90
Dimensions* (mm)	367 x 63 x 41	367 x 63 x 41	700 x 135 x 73	700 x 135 x 70
Weight**	1.1 kg	1.1 kg	5.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	5.10 - 5.85 GHz	4.90 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz
Gain	15.0 - 16.0 dBi	16.1 - 17.1 dBi	18.6 - 19.1 dBi	19.4 - 20.3 dBi
HPOL Beamwidth	137° (6 dB)	72° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)
VPOL Beamwidth	118° (6 dB)	93° (6 dB)	123° (6 dB)	85° (6 dB)
Electrical Beamwidth	8°	8°	4°	4°
Electrical Downtilt	4°	4°	2°	2°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	6 lbf @100 mph	6 lbf @100 mph	20 lbf @ 100 mph	26 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	22 dB Min.	22 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)

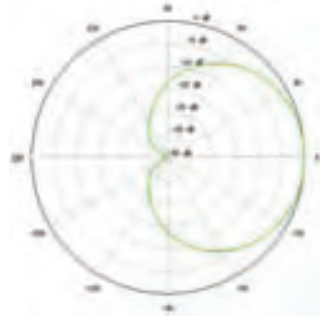
** Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

AM-5G16-120 Antenna Information

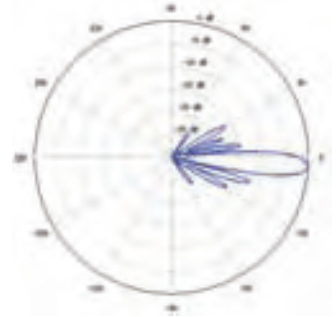
Return Loss



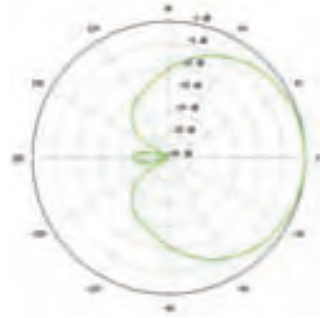
Vertical Azimuth



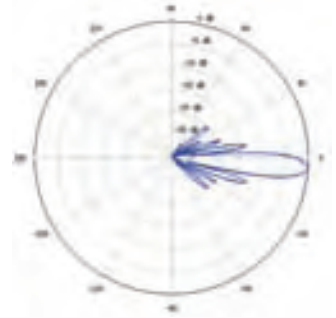
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth

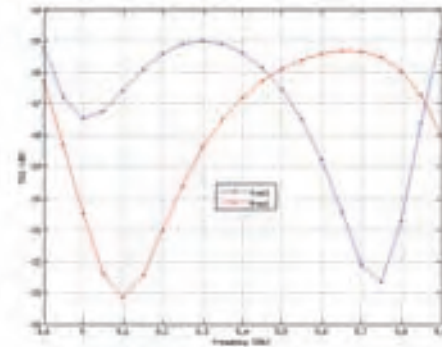


Horizontal Elevation

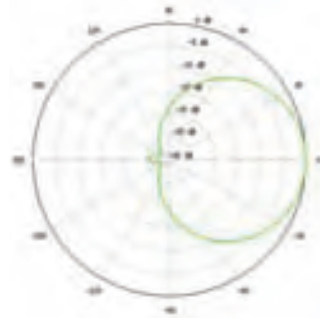


AM-5G17-90 Antenna Information

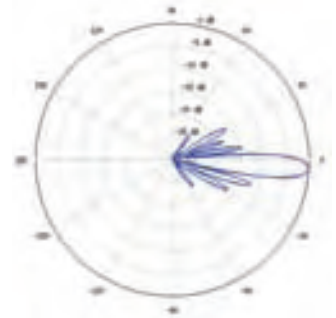
Return Loss



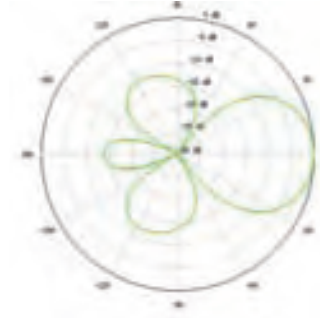
Vertical Azimuth



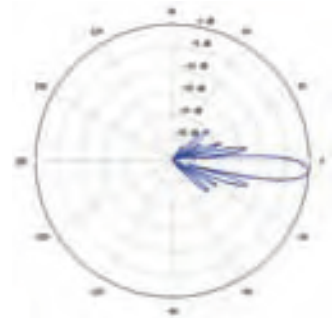
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation





UniFi®

Enterprise WiFi System

Models: UAP, UAP-LR, UAP-PRO, UAP-AC, UAP-Outdoor+, UAP-Outdoor5, UAP-AC Outdoor

Unlimited Indoor/Outdoor AP Scalability in a Unified Management System

Breakthrough Speeds up to 1300 Mbps (802.11ac)

Intuitive UniFi Controller Software

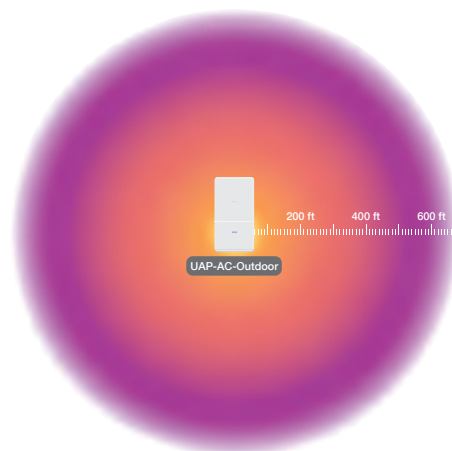
Hotspot Management – Customization and Built-In Billing Options

Specifications (UAP-AC Outdoor)

UniFi AP-AC Outdoor	
Dimensions	340 x 180 x 65 mm
Weight	1.55 kg (with Wall Mount) 2 kg (with Pole Mount)
Networking Interface	(2) 10/100/1000 Ethernet Ports
Buttons	Reset
Antennas	Integrated 5 dBi Omni (Supports 3x3 MIMO with Spatial Diversity) Integrated 5 dBi Omni (Supports 3x3 MIMO with Spatial Diversity)
Wi-Fi Standards	802.11 a/b/g/n/ac
Power Method	Passive Power over Ethernet (48V), 802.3at Supported (Supported Voltage Range: 39 to 57VDC)
Power Supply	48V, 0.5A PoE Gigabit Adapter (Included)
Maximum Power Consumption	22 W
Maximum TX Power	2.4 GHz 28 dBm 5 GHz 28 dBm
BSSID	Up to Four Per Radio
Power Save	Supported
Wireless Security	WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Wall and Pole (Kits Included)
Operating Temperature	-30 to 60 °C
Operating Humidity	5 - 80% Non-Condensing

Advanced Traffic Management	
VLAN	802.1Q
Advanced QoS	Per-User Rate Limiting
Guest Traffic Isolation	Supported
WMM	Voice, Video, Best Effort, and Background
Concurrent Clients	200+

Supported Data Rates (Mbps)	
Standard	Data Rates
802.11a	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
802.11n	6.5 Mbps to 450 Mbps (MCS0 - MCS23, HT 20/40)
802.11ac	6.5 Mbps to 1300 Mbps (MCS0 - MCS9 NSS1/2/3, VHT 20/40/80)
802.11b	1, 2, 5.5, 11 Mbps
802.11g	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps



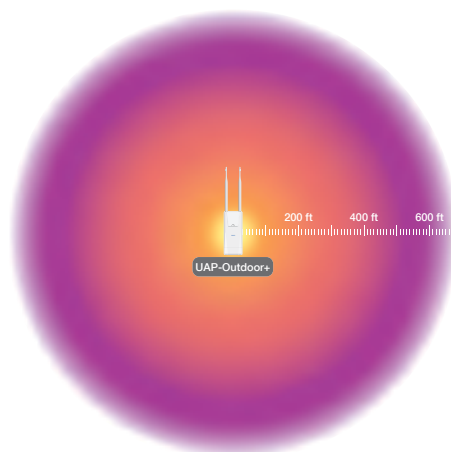
Specifications (UAP-Outdoor+)

UniFi AP-Outdoor+	
Dimensions	205 x 83 x 37 mm
Weight	250 g (without Antennas) 294 g (with Antennas)
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports
Buttons	Reset
Antennas	(2) External 5 dBi Omni Antennas Included 191 mm (Length), 13 mm (Diameter)
Wi-Fi Standards	802.11 b/g/n*
Power Method	Passive Power over Ethernet (48V), 802.3af Supported
Power Supply	48V, 0.5A PoE Adapter (Included)
Maximum Power Consumption	8 W
Maximum TX Power	28 dBm
BSSID	Up to Four Per Radio
Power Save	Supported
Wireless Security	WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Wall/Ceiling (Kits Included)
Operating Temperature	-30 to 65° C
Operating Humidity	5 - 95% Non-Condensing

Advanced Traffic Management	
VLAN	802.1Q
Advanced QoS	Per-User Rate Limiting
Guest Traffic Isolation	Supported
WMM	Voice, Video, Best Effort, and Background
Concurrent Clients	100+

Supported Data Rates (Mbps)	
Standard	Data Rates
802.11n	6.5 Mbps to 300 Mbps (MCS0 - MCS15, HT 20/40)
802.11b	1, 2, 5.5, 11 Mbps
802.11g	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps

* 2.4 GHz



Phoenix Firewall 1U Server



Phoenix Firewall 1U Server. 1.9Ghz Intel Celeron G465 1C/2T. Five (5) x Realtek Gigabit Ethernet ports (1 x RTL8111E and 4xRTL8111C) . 4GB DDR3 RAM (maximum 16GB). Stateful inspection firewall. 50 - 500 users. 2,000,000 concurrent connections. 90 Mbps IPSec VPN throughputs. 1U short-depth case dimension: 19" x 1.75" x 9.84". Based on pfSense®.

pfSense® is an open-source firewall distribution based on FreeBSD.

The 1U server Phoenix appliance has been employed at the following network locations to protect SMB (Small and Medium Business) and Enterprise:

1. SOHO/SMB
2. Branch Office
3. VPN Endpoints

Features

1. 1.9 Ghz Intel Celeron G465 (single core/two threads)
 - 4GB DDR3 RAM (expandable to a maximum of 16GB)
 - There is **NO serial/comm port!** Console is through VGA only.
2. Short-Depth 1U Rackmount Case. The form factor of the 1U server is about 19 inches by 10 inches by 1.75 inches in dimensions. Weight about 12 lbs.
 - The 1U rack ears can be removed to turn into a desktop chassis. See [picture!](#)
3. High Performance IPSec VPN without VPN Hardware Accelerator:
 - 90 Mbps AES256
4. Five (5) Gigabit Ethernet Ports:
 - Multi-WAN for load balancing, redundancy and failover
 - One (1) built-in Realtek RTL8111E Gigabit Ethernet
 - Four (4) Realtek RTL8111C Gigabit Ethernet on one (1) quad-port PCIe x1 card (limited to 1.2 Gbps throughput).
 - [Specifications of the Quad-Port Gigabit Ethernet PCIe x1 Card](#)
5. Low power-consumption: 45W without a hard drive
6. 64-bit (AMD64) pfHacom 2.1, derived from pfSense® 2.1 Stable Release firmware.

CISCO CATALYST 2960 SERIES SWITCHES

PRODUCT OVERVIEW

Cisco® Catalyst® 2960 Series Intelligent Ethernet Switches are a new family of fixed-configuration standalone devices that provide desktop Fast Ethernet and Gigabit Ethernet connectivity, enabling enhanced LAN services for entry-level enterprise, mid-market, and branch office networks. The Catalyst 2960 Series offers integrated security, including network admission control (NAC), advanced quality of service (QoS), and resiliency to deliver intelligent services for the network edge.

The Cisco Catalyst 2960 Series offers:

- Intelligent features at the network edge, such as sophisticated access control lists (ACLs) and enhanced security
- Dual-purpose uplinks for Gigabit Ethernet uplink flexibility, allowing use of either a copper or a fiber uplink—each dual-purpose uplink port has one 10/100/1000 Ethernet port and one Small Form-Factor Pluggable (SFP)-based Gigabit Ethernet port, with one port active at a time
- Network control and bandwidth optimization using advanced QoS, granular rate limiting, ACLs, and multicast services
- Network security through a wide range of authentication methods, data encryption technologies, and network admission control based on users, ports, and MAC addresses
- Easy network configuration, upgrades, and troubleshooting using Cisco Network Assistant software
- Auto-configuration for specialized applications using Smartports

CONFIGURATIONS

The Cisco Catalyst 2960 Series comprises the following switches (Figure 1):

- Cisco Catalyst 2960-24TT: 24 Ethernet 10/100 ports and 2 fixed Ethernet 10/100/1000 uplink ports; 1 rack unit (RU)
- Cisco Catalyst 2960-48TT: 48 Ethernet 10/100 ports and 2 fixed Ethernet 10/100/1000 uplink ports; 1 RU
- Cisco Catalyst 2960-24TC: 24 Ethernet 10/100 ports and 2 dual-purpose uplink ports; 1 RU
- Cisco Catalyst 2960-48TC: 48 Ethernet 10/100 ports and 2 dual-purpose uplink ports; 1 RU
- Cisco Catalyst 2960G-24TC: 24 Ethernet 10/100/1000 ports, 4 of which are dual-purpose; 1 RU

Figure 1. Cisco Catalyst 2960 Series Switches



Manual de funcionamiento

SAI Smart-UPS[®]

**750/1000/1500/2200 VA de montaje en armario 2U
120/230 V de CA**

**3000 VA de montaje en armario 2U
120/208/230 V de CA**

