

## TFC – Integració de xarxes telemàtiques

Xarxa telemàtica per a serveis de telemedicina mòbils  
a l'Hospital Moisès Broggi de Sant Joan Despí

**Francisco Castillo Rodríguez**  
**E.T.T. Telemàtica**

**Consultor : Antoni Morell Pérez**

**Juny 2012**

## Resum

El projecte es desenvolupa a l'Hospital Moisès Broggi de Sant Joan Despí i es basa en el disseny d'una xarxa telemàtica per a serveis de telemedicina mòbils i la posterior selecció dels equips necessaris per implementar-la.

La solució es dona amb dues tecnologies de comunicacions sense fils atenent l'abast de cadascuna d'elles com són Wimax i Wifi que tenen la possibilitat de treballar amb bandes lliures, sense llicència, premissa que condiciona la selecció dels equips i els serveis a oferir.

Es realitza un estudi previ de les dues tecnologies per entendre i justificar les decisions i solucions al llarg del projecte. A continuació s'analitza la situació actual de la xarxa de telecomunicacions de l'Hospital Moisès Broggi i dels serveis que presta, pas previ al disseny on s'interpreten les necessitats i inconvenients de la nova xarxa, que vol integrar les tecnologies existents a les tecnologies sense fils per oferir els nous serveis al centre hospitalari.

Tanmateix, es realitza un estudi dels equips existents al mercat per tal de seleccionar aquells que s'ajustin millor al disseny del projecte, i s'afegeixen els seus costos.

## Índex

Capítol 1.- Introducció .....	6
1.1.- Justificació del TFC i context del desenvolupament.....	6
1.2.- Relació TIC-sector sanitari.....	6
1.3.- Avaluació de la utilitat .....	6
1.4.- Objectius .....	8
1.5.- Serveis de telemedicina suportats per la xarxa .....	8
1.6.- L'Hospital Moisès Broggi .....	9
1.6.1.- Ubicació .....	9
1.6.2.- Dades d'interès .....	10
1.6.3.- Plànols .....	10
1.7.- Planificació del projecte .....	11
Capítol 2.- Aspectes bàsics del projecte .....	12
2.1.- Conceptes generals .....	12
2.2.- Cobertura .....	13
2.3.- Ample de banda .....	15
2.4.- Banda freqüencial .....	15
2.5.- Tipus de xarxes.....	16
2.6.- Base de dades .....	16
2.7.- Entorn electromagnètic .....	16
2.8.- Qualitat de servei (QoS) .....	17
2.9.- Seguretat.....	17
2.10.- Aspectes legals.....	18
Capítol 3.- Sistemes Telemàtics.....	19
3.1.- Tecnologia xarxa metropolitana sense fils.....	20
3.1.1.- Estàndards .....	20
3.1.2.- Característiques principals.....	21
3.1.3.- Elements bàsics.....	23
3.1.4.- Tecnologies de xarxa.....	23
3.1.5.- Accés al medi.....	23
3.1.6.- Capa MAC.....	24
3.2.- Tecnologia xarxa local sense fils .....	25
3.2.1.- Estàndards .....	25
3.2.2.- Característiques principals.....	26
3.2.3.- Elements bàsics.....	26
3.2.4.- Capa MAC.....	26
3.2.5.- Seguretat.....	27

Capítol 4.- Arquitectura de xarxes.....	28
4.1.- Xarxa cablejada Hospital Moisès Broggi .....	28
4.2.- Xarxa telemàtica para serveis de telemedicina mòbils.....	30
4.3.- Interconnexió de xarxes.....	30
Capítol 5.- Disseny xarxa .....	32
5.1.- Disseny xarxa metropolitana sense fils.....	32
5.2.- Disseny xarxa local sense fils .....	35
Capítol 6.- Selecció d'equips.....	42
6.1.- Equips xarxa metropolitana sense fils .....	42
6.2.- Equips xarxa local sense fils.....	47
Capítol 7.- Valoració econòmica equips xarxa.....	49
7.1.- Valoració econòmica equips xarxa metropolitana sense fils .....	49
7.2.- Valoració econòmica equips xarxa local sense fils.....	50
Capítol 8.- Conclusions .....	51
Capítol 9.- Glossari.....	52
Capítol 10.- Bibliografia .....	54
Capítol 11.- Annexos.....	55
Annex A. Referències tècniques .....	55
Annex B. Especificacions tècniques .....	55

## Taules

Taula 1. Ample de banda .....	15
Taula 2. Estàndards WiMax .....	21
Taula 3. Mecanismes de Seguretat.....	27
Taula 4. Paràmetres BreezeMAX Extreme 5000 1.5 .....	42
Taula 5. Paràmetres BreezeMax Extreme CPE PRO 5000 .....	43
Taula 6. Paràmetres Unitat de Subscriptor Vehicular 5000 .....	45

## Figures

Figura 1. Ubicació de l'hospital Moisès Broggi de Sant Joan Despí .....	9
Figura 2. Plànol Planta 1, P1 .....	10
Figura 3. Capa MAC .....	24
Figura 4. Arquitectura xarxa Hospital Moisès Broggi .....	28
Figura 5. Serveis de telemedicina mòbils.....	30
Figura 6. Interconnexió de xarxes .....	31
Figura 7. Serveis xarxa metropolitana sense fils .....	33
Figura 8. Plànol Planta 1 (P1) .....	36
Figura 9. Plànol Planta 1 (P1) amb punts d'accés .....	37
Figura 10. Cobertura punts d'accés Planta 1 (P1) .....	38
Figura 11. Plànol Soterrani 1 (S1) .....	39
Figura 12. Plànol Soterrani 1 (S1) amb punt d'accés.....	39
Figura 13. Cobertura punts d'accés Soterrani 1 (S1) .....	40
Figura 14. Plànol Zona Cardiologia. Planta 1. Passadís 2 amb punts d'accés .....	41
Figura 15. Estació base BreezeMAX Extreme 5000 .....	43
Figura 16. Estació remota BreezeMax Extreme CPE PRO 5000.....	43
Figura 17. Unitat de Subscriptor Vehicular (VSU) 5000 .....	45
Figura 18. BreezeMAX Networking and Voice Gateway (NG-VG).....	46
Figura 19. Punt d'accés HP MSM422 .....	47
Figura 20. HP MSM765 z1 Mobility Controller.....	48
Figura 21. Dispositiu Infinity M300 .....	48

## 1. Introducció

### 1.1 Justificació del TFC i context del desenvolupament

El Treball Final de Carrera (TFC) pretén desenvolupar un projecte d'integració de xarxes telemàtiques amb la finalitat de combinar i integrar diferents tipus de xarxes per donar solució a un problema concret.

El treball es desenvolupa a l'Hospital Moisès Broggi i es basa amb una proposta del departament d'integració de xarxes telemàtiques de la UOC.

Descripció de la proposta:

*“ A un hospital es vol integrar dins de la seva intranet el servei d'informació dels pacients (dades personals, diagnòstics, historial clínic, etc...) d'una manera cablejada dins de l'hospital i també d'una manera remota fora l'hospital (per exemple en cas d'urgència , el seu doctor pugui consultar des de qualsevol lloc de la ciutat un historial clínic a través d'una PDA). A més a més, es desitja mantenir una xarxa d'equipaments de telemedicina que controlin els sensors (pressió arterial, ritme cardíac, equips per controlar el funcionament cardío-vascular, etc...) dels pacients hospitalitzats de manera cablejada dins l'hospital (pacients que estan dins el llit i no es mouen) i de manera no cablejada (pacients hospitalitzats que es passegen per l'hospital). També s'ha de mantenir intercanvi de dades de l'hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat. S'ha de mantenir una comunicació dels equips i sensors dels malalts en observació que no estan hospitalitzats en tot moment per fer-los un seguiment o per fer un bolcat de la informació en temps real. Òbviament, s'ha de tenir accés a Internet des de l'hospital. Finalment, a la clínica hi ha d'haver una xarxa de video-vigilància i VoIP. La solució ha d'incloure una estimació del cost de la solució.”*

### 1.2 Relació TIC-sector sanitari

Estem a una etapa de canvis socioeconòmics que afecta a tots els sectors. Les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) i el sector sanitari també es veuen afectats per les limitacions pressupostàries i la contenció de la despesa, però apareixen necessitats on es troben i es complementen aquest dos sectors.

L'atenció sanitària té que afrontar nous reptes, com una creixent demanda sanitària, l'envelliment de la població o l'augment de mobilitat dels ciutadans, que requereix la necessitat de gestionar grans quantitats d'informació i de diverses maneres. Les TIC proporcionen la possibilitat de desenvolupar xarxes telemàtiques que suporten els serveis necessaris per gestionar les noves necessitats del sector sanitari.

### 1.3 Avaluació de la utilitat

La implantació de les xarxes sense fils ha augmentat el nivell de comunicació entre individus i empreses, i el sector sanitari també aprofita aquesta tecnologia per millorar.

Les xarxes sense fils es comuniquen per un medi de transmissió no guiat (sense fils). Es basen en un enllaç que utilitza ones electromagnètiques (ràdio o infraroig) en lloc de cablejat estàndard. La transmissió i recepció es realitza a través d'antenes. Existeixen diverses tecnologies que es diferencien per la freqüència de transmissió que utilitzen, l'abast i la velocitat de transmissió.

La mobilitat és la principal avantatge que aporten les xarxes sense fils. Els usuaris mòbils realitzen l'accés a les xarxes sense fils a través d'equips portàtils (telèfons amb WiFi, PDA's, tablets, ...), permeten a l'usuari moure's en un perímetre definit i no perdre l'accés a la xarxa..

La integració i combinació de les diverses tecnologies sense fils s'ha implantat a tots els àmbits del nostre entorn: personal, domèstic i empresarial amb aplicacions amb tots els sectors: sanitari, industrial, logístic, energètic, seguretat, ...

Cadascun dels sectors té unes necessitats específiques, com el sector sanitari, i cada centre hospitalari té unes característiques particulars que requereixen d'un estudi previ per aprofitar eficientment tots els recursos que aporta la tecnologia de xarxes sense fils. Els centres hospitalaris són conscients de que la integració d'aquestes xarxes suposa una via per millorar la qualitat de la atenció a l'usuari i optimitzar els processos de treball de tot el personal de l'hospital.

A qualsevol projecte és necessari realitzar un anàlisi previ de les necessitats i dels possibles riscos abans de iniciar el treball.

Les xarxes sense fils ofereixen moltes avantatges al sector sanitari:

- Baix cost, una xarxa sense fils té menys despeses globals que una xarxa cablejada. Estalvi en obra i manteniment.
- Rapidesa de desplegament, es poden desplegar i posar-se operatives en menys temps que les xarxes cablejades.
- Baixa inversió inicial: l'estrictament necessària per desplegar les estacions base que cobren l'àrea definitiva i els equips necessaris.
- Creixement adaptat a la demanda: una vegada realitzat el desplegament inicial els equips s'instal·len a mida que creixen les necessitats sense introduir canvis a la infraestructura. La xarxa té possibilitats d'ampliació i funcionalitats extres.
- El personal sanitari pot fer ús d'Internet o de la xarxa local amb un dispositiu portàtil.
- Els historials sanitaris es poden actualitzar des de qualsevol part de l'hospital.
- A peu de llit del pacient, el personal d'infermeria pot guardar les dades del pacient directament a la historia clínica (ronda de visites electròniques).
- Els personal sanitari estalvia temps de despatx que pot dedicar als pacients .
- Es redueix el nombre d'errors humans al no ser necessari que el personal torni a introduir les dades al sistema.
- El personal sanitari pot accedir a les dades dels pacients amb major rapidesa, permet reaccionar millor en cas d'emergència.
- Accés a Internet WLAN pels pacients.
- Comunicació de la central de l'hospital amb ambulàncies i UVIs mòbils.
- Hospitalització domiciliària, trasllada els recursos hospitalaris d'assistència primària i especialitzada al domicili del pacient.

Les xarxes sense fils també incorporen inconvenients:

- La seguretat degut a que el medi de transmissió és l'aire.
- Menor velocitat de transmissió que les xarxes cablejades.
- Interferències provocades per altres dispositius sense fils, per altres xarxes properes o inclús per equips connectats a la mateixa xarxa.

## 1.4 Objectius

L'objectiu és integrar a l'Hospital Moisès Broggi les eines necessàries per donar una millor resposta a la creixent demanda sanitària per part de la població. Millorem l'atenció sanitària quan facilitem als professionals una manera més ràpida i eficient de gestionar la informació dels pacients, obrint un ventall de possibilitats per millorar i organitzar els recursos amb la implantació d'una xarxa sense fils per a serveis de telemedicina mòbils.

El projecte realitza un estudi teòric per integrar a l'Hospital Moisès Broggi nous serveis de telemedicina mòbils a partir de sistemes de comunicació sense fils.

Es realitza una presentació dels elements i característiques de la tecnologia sense fils per entendre i justificar les decisions que es prenen al llarg del procés del projecte. S'analitza la situació de l'hospital per integrar els serveis d'acord amb les seves necessitats.

Es dissenya la xarxa telemàtica dels serveis proposats a partir dels coneixements teòrics de les xarxes sense fils, de les necessitats i característiques de l'hospital i dels equips disponibles al mercat. Es seleccionen i proposen els equips més adients i es fa una valoració econòmica aproximada.

Relació de tasques:

- Conèixer i analitzar les característiques de la infraestructura de xarxa actual de l'hospital.
- Analitzar les necessitats dels nous serveis i la seva adaptació a la xarxa actual.
- Definir l'arquitectura que suporta i interconnecta la xarxa cablejada i la xarxa sense fils per la prestacions de serveis integrals de telemedicina mòbil a l'interior i a l'exterior de l'hospital
- Dissenyar una solució capaç d'integrar els equipaments mèdics i les característiques particulars de l'hospital amb els recursos de les TIC.
- Valorar i seleccionar els diferents equips que existeixen al mercat per realitzar un disseny ajustat a les necessitats de l'hospital.

## 1.5 Serveis de telemedicina suportats per la xarxa

L'objectiu final és dotar al centre hospitalari de serveis de telemedicina mòbils dintre d'una infraestructura final formada per la interconnexió d'una xarxa cablejada i una xarxa sense fils.

Al llarg del projecte es valorarà quins d'aquests serveis són factibles i quins no. Els equips disponibles per les xarxes sense fils, els equips específics necessaris al sector hospitalari, els costos, les cobertures, són factors que aniran modelant el projecte.

Descripció dels possibles serveis a desenvolupar:

- Servei Intranet: servei per gestionar les grans quantitats d'informació generades a l'hospital relativa als pacients i afers interns.
  1. Accés al servei de manera cablejada dins l'hospital
  2. Accés al servei de manera remota des de fora de l'hospital



- Servei equipaments: servei per mantenir una xarxa d'equipaments de telemedicina que controlin els sensors dels pacients hospitalitzats. (pressió arterial, ritme cardíac, equips cardiovasculars,...).
  3. Accés de manera cablejada dins l'hospital (pacients que estan enllitats, no es mouen).
  4. Accés de manera no cablejada dins l'hospital (pacients que passen per l'hospital).
- Servei ambulàncies: servei d'intercanvi de dades de l'hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat.
- Servei domiciliari: servei de comunicació de l'hospital amb els pacients que estan en observació domiciliària i controlats per equips ubicats als mateixos domicilis. Amb la possibilitat de seguiment o bolcat de la informació en temps real.
- Servei Internet: servei d'accés a Internet des de l'hospital.
- Servei video-vigilància: servei de control de seguretat visual de l'hospital

## 1.6 L'Hospital Moisès Broggi

L'Hospital Moisès Broggi està ubicat a Sant Joan Despí a la província de Barcelona. El centre dona servei a més de 300.00 habitants d'onze municipis del Baix Llobregat.

### 1.6.1 Ubicació

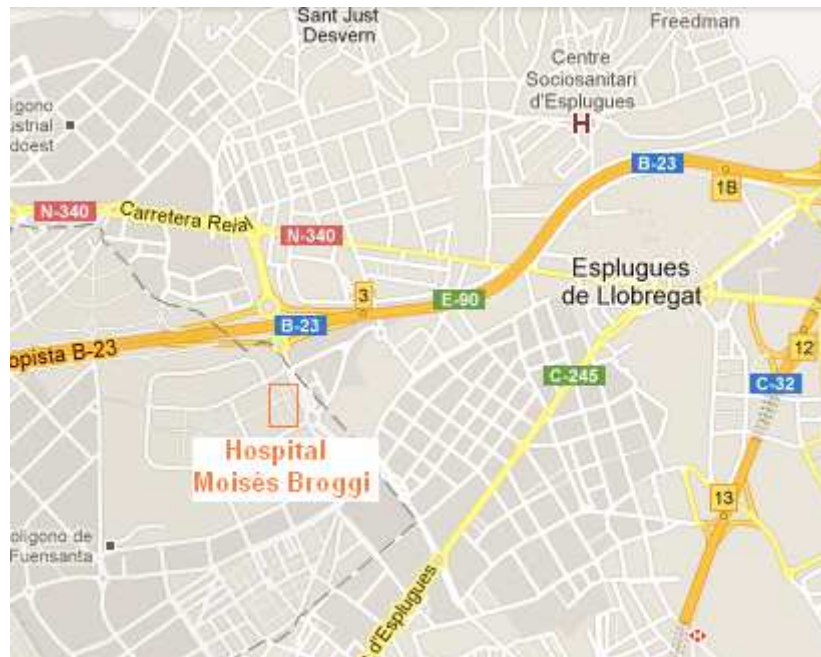


Figura 1. Ubicació de l'hospital Moisès Broggi de Sant Joan Despí

L'Hospital Moisès Broggi pertany al Consorci Sanitari Integral i està connectat per un sistema de comunicacions cablejat amb l'Hospital de la Creu Roja que també pertany al Consorci.

## 1.6.2 Dades d'interès

L'Hospital Moisès Broggi és un edifici hospitalari de 46.000 m<sup>2</sup> de superfície construïda (unes dimensions aproximades de 150 metres de longitud per 75 d'amplada.), distribuïts en dues plantes soterrades i cinc damunt rasant, la planta de l'edifici és en forma de pinta amb quatre derivacions o braços, on es situen les unitats d'hospitalitzacions amb algunes dependències auxiliars. L'estructura és de ciment armat i les parets interiors de pladur.

- ✓ Superfície de l'hospital..... 46.127,7m<sup>2</sup>
- ✓ Professionals sanitaris.....600
- ✓ Llits convencionals.....310
- ✓ Llits de crítics i semicrítics (UCI).....18
- ✓ Sales d'operacions.....12
- ✓ Places de recuperació.....18
- ✓ Places de cirurgia major ambulatoria.....24
- ✓ Consultoris.....53
- ✓ Gabinets de proba.....21
- ✓ Boxes d'urgències.....40
- ✓ Places d'observació.....13
- ✓ Places d'hospital de dia.....46
- ✓ Places d'hemodiàlisis.....27
- ✓ Càmera hiperbàrica.....1

## 1.6.3 Plànols

La planta de l'hospital és en forma de pinta.

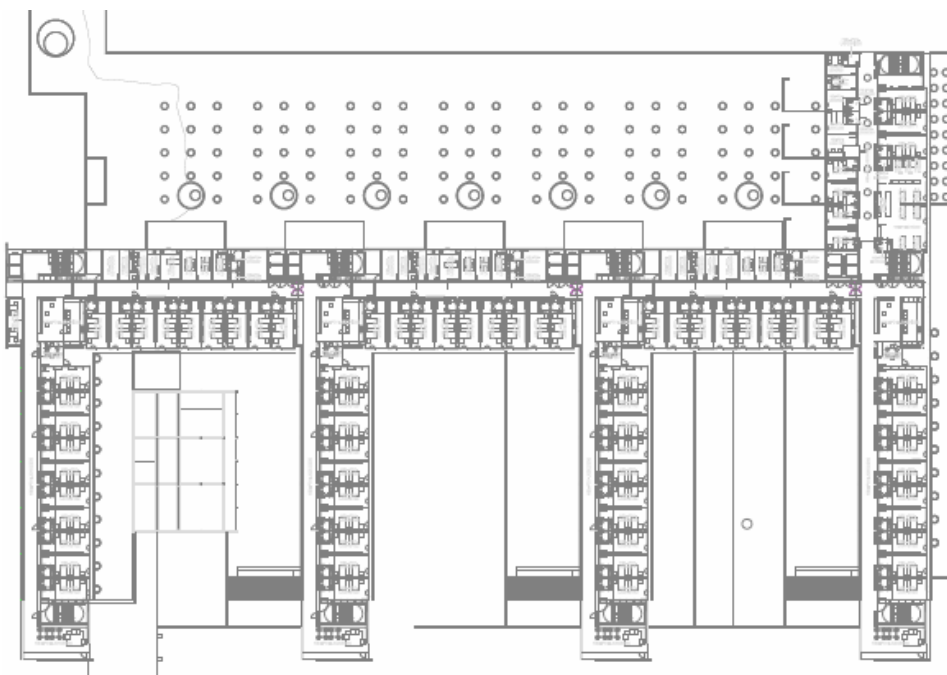


Figura2. Plànol Planta 1, P1

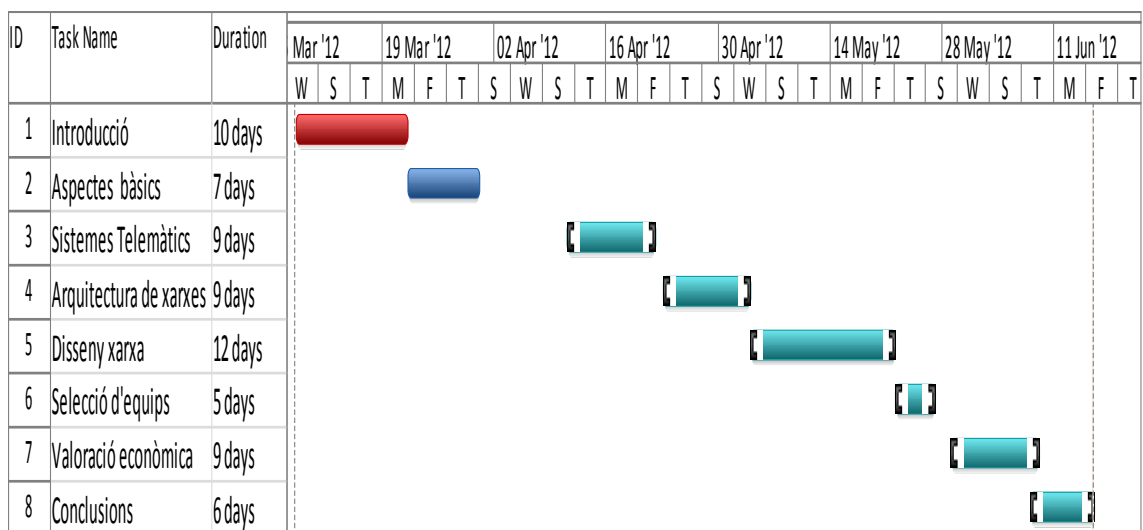
## 1.7 Planificació del projecte

La planificació del TFC determina què cal fer, qui ha de fer-ho, quan i amb quins recursos es compta per dur a terme les tasques a executar.

Tasques a executar:

1. Descripció de la situació actual
2. Avaluació de la utilitat (Necessitats existents)
3. Definir objectius del projecte
4. Planificació del projecte
5. Aspectes bàsics del projecte
6. Possibles solucions
7. Disseny de la solució (Solució escollida)
8. Selecció equips
9. Valoració equips
10. Conclusions

El diagrama de Gantt mostra la planificació temporal del projecte:



## 2. Aspectes bàsics del projecte

Tota transmissió necessita conèixer i interpretar de manera correcta uns paràmetres bàsics per poder realitzar-se amb èxit. Aquest paràmetres varien en funció del sistema de comunicació, de les característiques dels receptors i emissor o de la informació a transmetre.

El desenvolupament del projecte necessita justificar aquest paràmetres i assignar a alguns d'ells valors concrets. A partir del coneixement dels conceptes i de les característiques particulars, coneixent les necessitats i inconvenients s'analitzen i concreten els factors fonamentals per desenvolupar una xarxa telemàtica sense fils en un entorn hospitalari.

### 2.1 Conceptes generals

Totes les ones electromagnètiques es desplacen a la velocitat de la llum (300.000 Km/s). I es caracteritzen per la seva amplitud, la seva longitud i la seva freqüència. Son fàcils de generar, poden viatjar grans distàncies i penetrar fàcilment en els edificis. El seu ús a les comunicacions està justificat tant a interiors com a exteriors.

Les comunicacions sense fils utilitzen transmissions per microones (banda de freqüència entre 300 MHz i 300 GHz), compreses entre 1 i 40 GHz. Aquest tipus d'ona viatja en línia recta, es molt directiva, no travessa edificis i genera un ambient de multitrajectòries.

Conceptes generals de les comunicacions sense fils:

- **Tècniques d'accés múltiple**

En els serveis de radiocomunicacions mòbils multiusuari, els usuaris del sistema han de compartir un canal de transmissió comú, cal habilitar tècniques perquè els usuaris puguin accedir al canal i que el sistema pugui saber quin és el senyal de cada usuari.

Tècniques de compartició de canals:

1. Accés aleatori: es llença un paquet de dades i esperem que no hagi col·lisió.
2. Transmissió simultània: dividim la freqüència o el temps en ranures, i permet l'accés a aquestes ranures. Varies tècniques:
  - 1) FDMA (*frequency division multiple access*): la banda total disponible es divideix en un determinat nombre de radiocanals, cada un suporta una única comunicació simultània.
  - 2) TDMA (*time division multiple access*): a cada usuari se li assigna un interval temporal durant el qual se li assigna tota la banda.
  - 3) CDMA (*code division multiple access*): tots els usuaris comparteixen la mateixa banda de freqüències i transmeten simultàniament en el temps. Cada usuari ocupa tota la banda durant tot el temps.

- **Tècniques de diversitat**

Les tècniques de diversitat donen solucions a els problemes generats quan les ones troben múltiplex obstacles i es generen dispersions, reflexions i difraccions. Ens permet aconseguir bones taxes d'error amb valors raonables de S/N. S'utilitzen dos o més antenes per la recepció del senyal. Tècniques en funció de com processem els senyals de les antenes:

1. Per commutació: només hi ha un receptor que selecciona una de les antenes depenen del nivell a l'entrada del comparador.
2. Per selecció: hi ha un receptor per cadascuna de les antenes i depenen del nivell d'entrada de cada antena s'escolleix el millor en cada moment.
3. Per combinació de màxim guany (MRC): hi ha un receptor per cadascuna de les antenes, es sumen els dos senyals en fase i es ponderem en funció del S/N de cada senyal.

- **Propagació**

Quan una ona viatja per l'aire va perdent força a causa de diversos factors. Les propietats de la Terra i de les distintes capes de l'atmosfera afecten al comportament de les ones de ràdio, en major o menor grau depenent de la freqüència.

1. Troposfera: és una capa que va des de la superfície de la Terra fins a una alçada de 10 Km. En aquesta capa es produeixen els fenòmens atmosfèrics. La pluja és un factor important a altes freqüències (superiors a 10 GHz) perquè la dimensió de les gotes és comparable a la longitud d'ona.
2. Ionosfera: és una capa ionitzada que va des d'on acaba la troposfera fins a 500 Km de la Terra. Si la freqüència és inferior a 30 MHz el senyal rebota i la càrrega d'ions de dia i de nit és diferent, per tant, una emissora que aprofiti els rebots haurà de canviar de freqüència.
3. Terra: la superfície de la terra no és homogènia, hi ha molts rebots (reflexions). També cal considerar la curvatura de la Terra (només en grans radioenllaços).

En comunicacions mòbils (freqüències entre 1 i 2 GHz) només s'han de considerar les pèrdues degudes a reflexions i a la distància.

## 2.2 Cobertura

La cobertura d'una xarxa de comunicacions sense fils és l'espai que es prové de connectivitat en funció de la freqüència utilitzada en la transmissió, de la potència efectiva transmesa, de les característiques atmosfèriques (pluja, boira,..) i de les característiques del medi (urbà, semiurbà, rural, presència d'obstacles físic,...).

El càlcul de la cobertura depèn de les antenes i de factors com els obstacles i les interferències. S'apliquen mètodes de càlcul basats en les pèrdues de propagació. Per realitzar el càlcul es suposen unes condicions ideals i a posteriori s'estimen unes pèrdues addicionals per falta de condicions ideals. El càlcul proposat al projecte és a partir de mesures i raonaments teòrics.

Existeixen diferents mètodes de càlcul depenent des si és un àrea oberta, un àrea amb obstacles o un espai tancat, tots són mètodes aproximats, l'única mesura exacta s'obté anant al lloc físic i mesurant, però són aproximacions necessàries de fer quan es vol plantejar el disseny d'un sistema.

A continuació es descriuen els mètodes que utilitzaren al projecte per realitzar els càlculs necessari per dissenyar el projecte de xarxes sense fils a l'Hospital Moisès Broggi:

- **Càlcul pèrdues de propagació a l'exterior**

Són mètodes semiempírics, surten a partir de mesures i de raonaments teòrics.

1. Propagació sobre espai lliure:  
L'ona viatja entre el transmissor i el receptor sense trobar obstacles ni factors que provoquin pèrdues. Es planteja la fórmula en funció de la potència rebuda i expressada en dB's.

$$P_R [dBm] = P_T [dBm] + G_T [dB] + G_R [dB] - 20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

$P_R$  → Potència rebuda

$P_T$  → Potència transmesa

$G_T$  → Guany del transmissor

$G_R$  → Guany del receptor

$d$  → distància entre emissor i receptor

$\lambda$  → longitud d'ona del senyal ( $\lambda = c / f$ )

2. Propagació sobre terra plana: Es  
 considera el raig directe més una reflexió a terra. Es planteja la fórmula en funció de la potència rebuda:

$$P_R = P_T \cdot G_T \cdot G_R \cdot \left( \frac{h_1 \cdot h_2}{d^2} \right)^2$$

$h_1$  → alçada del transmissor

$h_2$  → alçada del receptor

La dependència de la freqüència ( $f$ ) es pot considerar segons el model d'Egri (empíric):

$$P_R = P_T \cdot G_T \cdot G_R \cdot \left( \frac{h_1 \cdot h_2}{d^2} \right)^2 \cdot \left( \frac{40}{f[\text{MHz}]} \right)^2$$

S'observa que com més freqüència menys potència rebuda, més pèrdues.

Fórmula expressada en dB's :

$$P_R[\text{dBm}] = P_T[\text{dBm}] + G_T[\text{dB}] + G_R[\text{dB}] + 20 \cdot \log(h_1[\text{m}] \cdot h_2[\text{m}]) \\ - 40 \cdot \log(d[\text{m}]) + 20 \cdot \log\left(\frac{40}{f[\text{MHz}]}\right)$$

Si en el camí hi ha una o més arestes, caldrà afegir mètodes que calculen atenuacions suplementàries.

- **Càlcul pèrdues de propagació a l'interior d' edificis**

1. Model COST 231

- 1) Model de primer ordre
- 2) Model de segon ordre: Aquest model inclou les atenuacions de les parets i sostres que creuem, sense fer una mitjana directa:

$$L[\text{dB}] = L_0[\text{dB}] + 20 \cdot \log(d) + \sum_{i=1}^I k_{ji} \cdot L_{ji} + \sum_{j=1}^J K_{wj} \cdot L_{wj}$$

$$L_0[\text{dB}] = 20 \cdot \log(4 \cdot \pi / \lambda)$$

$J$  → nombre de tipus diferents de parets (pladur, totxo,...).

$I$  → nombre de tipus diferents de sostre (metall, formigó,...).

$L_{ji}$  → factor d'atenuació per al sostre de tipus i.

$K_{ji}$  → nombre de pisos travessats de tipus i.

$L_{wj}$  → factor d'atenuació de la paret de tipus j.

$K_{wj}$  → nombre de parets travessades de tipus j.

## 2.3 Ample de banda

L'ample de banda es pot definir com la capacitat del canal per portar informació, l'assignació de l'ample de banda depèn de la informació a transmetre.

La informació que es genera a l'Hospital Moisès Broggi no té unes característiques diferents respecte altres grans hospitals. Les dades a transmetre tenen diferents naturaleses, pot ser un fitxer de dades amb una prioritat baixa o una imatge vital amb prioritat màxima en temps real. En tots dos exemples es necessari garantir uns requisits mínims de transmissió, i un d'ells és assignar un ample de banda que suporti la transmissió de informació més exigent que genera el centre hospitalari, sigui per la seva importància, que no permet pèrdues ni errors o per la capacitat necessària.

La informació a transmetre pot ser de quatre tipus:

1. Dades
2. Àudio
3. Imatges fixes
4. Vídeo

Es realitza una aproximació de l'ample de banda que es requereix per serveis de telemedicina en funció del tipus de tràfic de dades generat.

<b>Informació a transmetre</b>	<b>BW(Kbps)</b>
Dades	80
Àudio	128
Imatges fixes	512
Vídeo	2000
<b>Total</b>	<b>2720</b>

Taula 1. Ample de banda

L'ample de banda aproximat que es requereix per serveis de telemedicina és de 3 Mbps.

## 2.4 Banda freqüencial

La tecnologia disposa de solucions a la implantació d'una xarxa telemàtica a través de bandes llicenciades o lliures. Les freqüències lliures emprades per sistemes sense fils són les bandes de 2,4 GHz i 5 GHz per exterior, les seves característiques són descrites en el CNAF (Quadre nacional d'atribucions de freqüències).

La valoració econòmica és un factor fonamental quan es realitza el disseny. I el cost de sol·licitar una llicència a un operador no es contempla en aquest projecte. Aquesta decisió per un criteri estrictament econòmic condiciona el disseny perquè les bandes llicenciades i lliures no disposen de les mateixes condicions, les bandes lliures tenen desavantatges respecte les llicenciades:

- No es pot garantir la protecció respecte altres utilitzacions.
- No pot provocar perturbacions a altres serveis existent legalment autoritzats.
- S'acota l'espectre de freqüències a utilitzar.
- Les bandes estan més congestionades.
- Menor potència de transmissió
- Menys solucions per part dels fabricants dels equips.

## 2.5 Tipus de xarxes

El desenvolupament d'una xarxa telemàtica per a serveis de telemedicina mòbils requereix solucions específiques per la implantació dels diversos serveis. La tecnologia de comunicacions sense fils disposa de diferents sistemes sense fils atenent el seu abast que es poden ajudar a trobar la millor solució per cada cas:

- **Xarxes metropolitanas**, cobertura a l'exterior de l'hospital.  
Permet accés des de l'exterior de l'hospital:
  - Servei d'ambulàncies
  - Servei en domicilis particulars
  - Servei de connexió remota per personal autoritzat
- **Xarxes locals**, ús complementari a l'anterior.  
Espais controlats a l'interior de l'hospital.  
S'inclouen els sistemes de telemetria sense fils que permeten una monitorització continua i amb certa mobilitat pel pacient.
  - Servei Internet
  - Servei xarxa VoIP
  - Servei xarxa videovigilància
  - Servei xarxa d'equipaments que controlin els sensors dels pacients.
  - Serveis control sensors als domicilis particulars.
- **Xarxes d'àrea personal**, son xarxes d'abast reduït.  
Actualment no s'ha desenvolupat cap equip en el sector sanitari que es pugui incloure en les xarxes d'àrea personal sense fils. Tots els equips actuals necessiten una connexió cablejada amb el pacient, encara és necessari malgrat s'ha reduït el nombre de connexions cablejades entre equip i pacient.  
La relació equip-pacient no es pot realitzar sense fils, els equips més avançats cap aquesta tecnologia disposen d'un únic cable per captar la activitat elèctrica del cor (electrocardiograma), fins ara es necessitaven cinc cables, i a més es necessita una polsera per captar el pols del pacient.

## 2.6 Base de dades

L'Hospital disposa d'una base de dades on s'emmagatzema tota la informació hospitalària, i que permet l'accés al personal autoritzat dintre de l'hospital per la xarxa cablejada. Un dels objectius d'aquest treball és l'accés a aquesta base de dades també des d'una xarxa sense fils que compartiria connectivitat amb la xarxa cablejada.

Amb la implantació de la xarxa telemàtica s'obtindrien nous avantatges com la flexibilitat, mobilitat i escalabilitat, però afegim nous riscos per la confidencialitat i integritat de les dades del sistema actual, derivats de les característiques de la pròpia tecnologia sense fils.

Es necessari oferir una solució que permeti el desenvolupament de la nova xarxa sense fils amb les polítiques d'accés i seguretat necessàries per garantir un correcte i segur sistema de centralització i accés de dades al personal autoritzat. Per això s'analitzen les característiques i necessitats de l'hospital i s'estudien les possibilitats tecnològiques i les seves solucions.

## 2.7 Entorn electromagnètic

A l'hora de integrar una xarxa sense fils en un entorn hospitalari es absolutament imprescindible comprovar que els nous aparells no provoquin cap interferència a la resta d'equips hospitalaris. Molts dels dispositius de xarxa emeten radiacions electromagnètiques que podem interferir aquest equips hospitalaris.



EMC (Electromagnètic Compatibility) té un paper fonamental en las comunicacions de veu i dades. Esta definida per una normativa internacional de l'informe Tècnic de la Comissió d'Electrotècnica Internacional com "la capacitat de qualsevol aparell, equip o sistema per funcionar de forma satisfactòria en el seu entorn electromagnètic sense provocar perturbacions electromagnètiques sobre qualsevol cosa d'aquest entorn".

Existeixen estàndards específics per l'entorn sanitari, com son las normes EN 60601-1-2 i EN 60950 que s'ocupen de la compatibilitat electromagnètica amb l'equipament mèdic. L'equip mèdic elèctric requereix un cuidat especial, sabem que alguns dels dispositius mòbils i portàtils de comunicació per radiofreqüència poden afectar el seu funcionament.

## 2.8 Qualitat de servei (QoS)

Es pot definir la qualitat de servei (QoS) com el conjunt de requisits que ha de tenir un determinat flux de dades.

Principals característiques d'un flux de dades:

- Fiabilitat en la transmissió, que no hi hagi pèrdues de paquets.
- Retard en la transmissió.
- Distorsió deguda a la variació del retard en un mateix flux.
- Ample de banda o velocitat de transmissió.

La qualitat de servei està estretament lligada al control de la congestió. Qualsevol tècnica que millori la congestió millorarà la qualitat de servei. Les principals tècniques per a millorar la qualitat de servei són les següents:

- Aprovisionament
- Emmagatzement en buffer
- Modelat de tràfic
- Reserva de recursos
- Control d'admissió
- Planificació de paquets

## 2.9 Seguretat

Per la mateixa naturalesa de les xarxes sense fils que utilitzen l'aire com a medi físic de transmissió el factor de seguretat és crític, és un factor important pel disseny i la implementació. La seguretat varia depenent de les característiques i necessitats de cada xarxa, una xarxa hospitalària no necessita el mateix nivell de seguretat que un banc.

Cadascuna de les tecnologies sense fils aporta solucions per minimitzar els riscos que afecten a la confidencialitat, integritat i disponibilitat de la informació. El factor seguretat és basic quan s'analitzen i comparen les tecnologies a escollir per realitzar la implementació de la xarxa hospitalària.

Les xarxes sense fils utilitzen la seguretat per minimitzar riscos com:

- Escoltes/espionatge: interceptar informació de forma intencionada quan es transmet.
- Privacitat: assegurar-se de que la informació transmesa només és llegida pels destinataris als que va dirigida.
- MAC Spoofting: evitar que un atacant faci còpies de les direccions MAC dels integrants legítims de la xarxa amb la finalitat d'aconseguir accés a la mateixa xarxa.
- Denegació de servei

Per minimitzar els riscos hi ha mecanismes de seguretat com:

- Autenticació: només els usuaris i dispositius autoritzats tenen accés als recursos de la xarxa.
- Integritat: les dades no poden ser alterades, si són modificades, tenen que ser descartades.
- Privacitat i encriptació: només els usuaris autoritzats tenen poder per accedir a les dades transmeses.

## 2.10 Aspectes legals

Existeix una legislació sanitària relacionada amb la informació, la documentació clínica i els drets i obligacions dels pacients. Hi ha dues lleis que afecten a tot l'estat:

1. La Llei orgànica de protecció de dades de caràcter personal (LOPD).
2. La Llei bàsica reguladora de l'autonomia del pacient i dels drets i obligacions en matèria d'informació i documentació clínica.

La CMBD (Conjunt mínim bàsic de dades) és una base de dades d'informació dels pacients de l'àrea d'hospitalització que per llei tots els hospitals públics o privats tenen l'obligació de emmagatzemar en un format electrònic normalitzat i enviar-ho periòdicament al Departament de Sanitat de cada comunitat autònoma.

### 3. Sistemes Telemàtics

El disseny d'una xarxa té diferents solucions, depenent de l'anàlisi s'arriba a diferents resultats. Però existeixen unes premisses definides per les necessitats i característiques particulars de l'hospital Moisès Broggi que condicionen les decisions al llarg del projecte..

La integració de les noves tecnologies aporta nous serveis al centre hospitalari però aquests han d'adaptar-se a les aplicacions existents sense reduir les prestacions de la xarxa cablejada com és la centralització de les dades o la seguretat.

Les noves aplicacions sobre dispositius mòbils poden interactuar amb el sistema d'informació actual de l'hospital i mantenir la independència de les aplicacions realitzades de la plataforma utilitzada per garantir la compatibilitat amb la infinitat de models de dispositius disponibles al mercat.

El disseny identifica diferents sistemes sense fils atenent al seu abast, el mercat ofereix recursos adaptables a aquestes necessitats concretes del sector sanitari. La solució són les xarxes metropolitanes sense fils que suporten els serveis que necessiten accés des de fora del recinte hospitalari, com el servei d'intercanvi de dades de l'hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat, el servei de comunicació dels equips i sensors dels malalts en observació domiciliària i el servei d'accés remot del personal autoritzat des de fora de l'hospital.

WiMax és la principal norma de transmissió de les xarxes metropolitanes, a l'apartat 3.1 s'analitza i es justifica que compleix els requisits necessaris per la seva implantació com a xarxa metropolitana al centre hospitalari. WiMax és una solució de banda ampla sense fils que ofereix una gran quantitat de característiques amb una gran flexibilitat de desplegament i recursos.

Les xarxes metropolitanes sense fils poden fer ús de bandes amb llicència o sense llicència (lliure), L'avantatge més destacada de les bandes amb llicència és la possibilitat de transmetre a potències més altes. Per contra les bandes lliures suposen no adquirir espectre que té un elevat cost. Les potències de transmissió són més baixes però l'espectre disponible és gran.

Per aquests motius el projecte es dissenya amb banda lliure (5,4 GHz), així el catàleg de dispositius és més reduït per alguns dels serveis oferts. El factor econòmic condiona el projecte i condiona la tecnologia en banda lliure. La implantació d'un servei d'accés remot del personal autoritzat des de fora de l'hospital no es pot cobrir amb tecnologia sense fils en bandes lliures.

La tecnologia per donar solució a aquest servei a través de xarxes metropolitanes es concentra en bandes llicenciades, el motiu és que més del 95% dels clients en aquesta tecnologia és fixa i els fabricants no veuen suficient volum per realitzar una fabricació rentable. En bandes lliures només es podria aconseguir una cobertura de centenars de metres al voltant de l'hospital, que seria insuficient per cobrir el servei.

L'Hospital Moisès Broggi mantindrà la possibilitat d'accedir a la informació dels pacients per part del personal autoritzat a través d'Internet amb una màquina virtual Citrix NetScaler.

El disseny de la xarxa d'àrea local sense fils es fonamenta en un servei per controlar els sensors dels pacients hospitalitzats permetent la seva mobilitat per les zones habilitades i el sensors dels pacients domiciliats. WiFi compleix el requisits necessaris per la seva implantació, a l'apartat 3.2 s'analitza i justifica

Els altres serveis disposen de solucions dintre de l'estructura actual de l'hospital per tant no es dissenya la seva implementació. La xarxa de video-vigilància depèn d'una empresa de seguretat i es totalment independent de la xarxa hospitalària. L'hospital també disposa d'una xarxa VoIP (grup de recursos que fan possible que el senyal de veu viatge a través d'Internet utilitzant un protocol IP consistent en dues centralites en mode clúster, una a l'hospital Moisès Broggi i una altre a l'hospital Creu Roja) amb un total de 700 extensions. L'hospital té contractat Internet per ús exclusiu de personal autoritzat.

## 3.1 Tecnologia xarxa metropolitana sense fils (WiMax)

WiMax (Wireless Interoperability for Microwave Access, Interoperabilitat Mundial d'Accés amb Microones) és una tecnologia de banda ampla, que integra la família d'estàndards IEEE 802.16 i proporciona les especificacions per les xarxes metropolitananes sense fils.

Permet connectivitat en banda ampla en ús fixa, portàtil i mòbil. Té amplia cobertura tant amb línia de visió directa entre els punts a connectar (LOS), com sense línia de visió directa (NLOS) . Treballa en freqüències entre 2GHz i 11GHz amb gran capacitat (fins 75Mbps per cada canal de 20 MHz). Permet velocitats de transmissió de més de 100 Mbps. Té capacitat per treballar en bandes sense llicència que permeten reduir costos.

Té mecanismes per la gestió de la qualitat de la senyal (QoS). Nivell alt de seguretat en las comunicacions a nivell d'accés al medi i d'escalabilitat. WiMax és adequada per VoIP, videoconferència i en general serveis de banda ampla amb restriccions de temps real, bàsiques al sector hospitalari.

El número d'usuaris varia en funció de l'amplada de banda del canal, la reutilització de freqüències, la modulació utilitzada i la velocitat de dades. Té la capacitat d'adaptar-se a les condicions variables del medi amb mecanismes de control de la potència emesa, la modulació adaptativa i la selecció automàtica de freqüència. Suporta les anomenades antenes intel·ligents que milloren l'eficiència espectral.

### 3.1.1 Estàndards

L'estàndard inicial utilitza la banda de freqüències de 10-66 GHz i requereix visió directa entre emissor i receptor. La versió 802.16a utilitza una banda més estreta i baixa, de 2-11GHz, per facilitar la regulació i on algunes bandes no necessiten llicència. A més permet tindre més abast, possibilitats d'entorns NLOS i accedir als serveis en moviment, amb velocitats de fins 150 km/h.

Es defineixen dos estàndards principals:

1. **Fixa:** l'estàndard 802.16-2004 de l'IEEE utilitza freqüències baixes per treballar sense visió directa. Bandes 3,5 GHz amb llicència i 5 GHz lliure. Utilitza OFDM per la capacitat de gestionar diferents retards que es produeixen en senyals amb multitrajecte i perquè permet solapar espectralment múltiples portadores modulades ortogonalment impedit interferències entre elles.
2. **Mòbil:** l'estàndard 802.16e-2005 de l'IEEE, és una revisió per l'especificació base 802.16-2004 que afegeix portabilitat i capacitat per usuaris mòbils amb IEEE. Utilitza el mètode d'accés al medi OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Acces*) que permet que múltiples usuaris realitzin transmissions en diferents subportadores per cada símbol OFDM.

Estàndards IEEE 802.16 :

	802.16	802.16 / Revisions	802.16 e
Espectre	10 a 66 GHz	< 11GHz	< 6 GHz
Condicions de Canal	Només visió directe	Sense visió directe (NLOS)	Sense visió directe (NLOS)
Tassa de Bit	32 a 134 Mbps a 28 MHz de canalització	Fins a 75 Mbps a 20 MHz de canalització	Fins a 15 Mbps a 5 MHz de canalització
Modulació	QPSK 16QAM 64 QAM	OFDM 256 OFDMA 64 QAM 16 QAM QPSK BPSK	OFDM 256 OFDMA 64 QAM 16 QAM QPSK BPSK
Mobilitat	Fixa	Fixa i portàtil	Mobilitat, Regional. Roaming
Ample de banda	20, 25 i 28 MHz	Canals seleccionables entre 1.25 i 20MHz	Canals seleccionables entre 1.25 i 20MHz

Taula 2. Estàndards WiMax

### 3.1.2 Característiques principals

- Escalabilitat
  - Fàcil adició de canals, maximitza les capacitats de les cèl·lules.
  - Amplades de banda flexible permeten usar espectres amb llicència i sense llicència
- Cobertura
  - Estructura de malles basades en estàndards i antenes intel·ligents.
  - Modulació adaptativa, permet reduir amplada de banda a canvi d'augmentar l'abast.
  - No necessita visió directa (NLOS).
- QoS (Qualitat de Servei)
  - Grant/Request MAC permet vídeo i veu (Veu sobre IP, VoIP).
  - Servei de nivells diferenciats: Best effort o Premium.

Es defineixen quatre tipus de QoS:

- UGS (unsolicited grant service): cada usuari té la seva ranura reservada. Tenen velocitat fixa i no han de demanar el canal.
- rtPS (real-time polling service): en aquest cas l'usuari va dient el que necessita i la xarxa li concedeix, dins uns límits.
- nrtPS (non real-time polling service): les dades poden tenir un cert retard.
- BE (best effort): és el cas de la navegació per Internet.

- Independència del protocol
  - Transporta IP, Ethernet, ATM, TDM, T1/E1 i altres a través de l'ús de la mateixa capa LLC (Logical Link Controller) que actua com interface d'accés als serveis de dades que proporciona cada tecnologia.
- Seguretat
  - Mesures per privacitat i criptografia inherents al protocol. Implementa l'autenticació amb certificats x.509 utilitza DES en mode CBC (cipher block chaining). També suporta algotimes AES (Advanced Encryption Standard).
- Perfils: se'n defineixen cinc
  - SC(single carrier): entre 10 i 66GHZ, amb llicència i visió directa (LOS) per a fer enllaços punt a punt (PaP).
  - SCa: entre 2 i 11GHz amb llicència i LOS per a fer enllaços PaP.
  - OFDM: fa servir FFT de 256 punts per a tenir enllaços punt-multipunt (PmP) amb llicència sense necessitat de visió directe (NLOS).
  - OFDMA: fa servir FFT de fins a 2.048 punts per a tenir enllaços punt-multipunt (PmP) amb llicència sense necessitat de visió directe (NLOS).
  - HUMAN: abasta els tres perfils anteriors però en banda lliure.
- Codificació adaptativa
- Potència de transmissió
  - Controla la potència de transmissió
- Correcció d'errors
  - ARQ (*Automatic Repeat-reQuest*): protocols utilitzats pel control d'errors en la transmissió de dades, es basa en el reenvio dels paquets de informació que es detecten com erronis
- Grandària del paquet
  - Ajust dinàmic de la grandària del paquet.
- Aprovisionament
  - Aprovisionament dinàmic d'usuaris mitjançant DHCP i TFTP.
  - DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*): permet als clients d'una xarxa IP accedir als seus paràmetres de configuració de manera automàtica.
  - TFTP (*Trivial file transfer Protocol*) permet transferir de manera bàsica arxius de poca grandària.

### 3.1.3 Elements bàsics

- Estació Base (BS): proporciona els mecanismes de control, gestió i connectivitat amb les unitats d'usuari (CPE o SS). També disposa dels elements necessaris per connectar-se amb el sistema de distribució.
- Unitat d'usuari (CPE o SS): incorpora les funcions de estació subscriptora i proporciona la connectivitat via ràdio amb la estació base.
- Antenes: s'utilitzen tant per transmissió com per recepció, tres tipus:
  - Direccional: radian el senyal en una única direcció amb un eix de radiació estret però amb més abast.
  - Sectorials: radian el senyal a un àrea determinada.
  - Omnidireccional: radian el senyal en totes direccions amb un eix d'energia molt ampli però de menor abast.

### 3.1.4 Topologies de xarxa

Les xarxes WiMax suporten varies topologies:

- PaP: punt a punt, es fa servir per enllaços de gran distància on no es rentable l'instal·lació d'una xarxa cablejada.
- PmP: punt a multipunt, l'enllaç es realitza a partir d'una estació base (BS) central amb antenes sectorials. A través d'un mateix punt d'accés centralitzat (BS) es proporciona connectivitat a múltiples usuaris (CPE's). Les transmissions de l'enllaç descendent són broadcast, totes les estacions reben tota la informació i cada CPE processa només la dirigida a ella. A l'enllaç descendent les CPE's comparteixen mecanismes de gestió de demanda.
- Mesh (Malla): estructura mallada on hi ha diverses BS cobrint una zona, la comunicació entre un CPE i una BS llunyana es pot fer a través de salts entre BS intermèdies.

### 3.1.5 Accés al medi

D'acord amb els estudis realitzats en l'IEEE, a la capa física del model OSI (PHY layer), l'estàndard 802.16 suporta canals de RF amb amplitud de banda flexibles i reutilitzables que permeten augmentar la capacitat de les cel·les a mida que la xarxa creix.

Les tècniques d'accés al medi permeten als usuaris de les xarxes sense fils que comparteixen un canal comú; accedir al canal i identificar el senyal propi de cadascun.

Modes d'accés al medi:

- OFDM (Multiplexació per divisió de freqüència ortogonal):
  - Suporta la divisió de l'espectre de 256 portadores
  - Un únic usuari pot transmetre a totes les portadores en un instant determinat de temps
  - Permet solapar espectralment múltiples portadores modulades ortogonalment, s'evita l'existència de interferències entre elles.
  - Ofereix un bon comportament davant de retards i afavoreix la resposta als senyals multitrajecte.

- OFDMA (Accés múltiple per divisió de freqüència ortogonal)
  - Extensió d'OFDM.
  - Suporta la divisió de l'espectre de 2048 portadores.
  - Permet que múltiples usuaris puguin transmetre en diferents subportadores per cada símbol OFDM.

### 3.1.6 Capa de control d'accés al medi (MAC)

Aquesta capa és l'encarregada de determinar com els usuaris accedeixen a la xarxa i com els recursos són assignats als usuaris.

La capa MAC està dividida en tres subcapes:

1. CS (*Service Specific Convergence Sublayer*): és la subcapa encarregada de les dades de les xarxes externes i de passar-les a la subcapa MAC CPS transformats en SDU, que són unitats de dades que es transfereixen entre capes adjacents. Es troba damunt la subcapa MAC CPS i utilitza els serveis proveïts per aquesta.
2. MAC CPS (*MAC Common Part Sublayer*): és el nucli de tota la capa MAC, proveeix els serveis d'accés a la xarxa, l'assignació de l'ample de banda, l'establiment de connexió i el manteniment de la connexió. També s'encarrega dels serveis de planificació.
3. Seguretat (*Security Sublayer*): presta els serveis d'autenticació, intercanvi segur de claus i xifrat de dades, mitjançant l'ús de criptografia de clau pública, certificats X.509 i algoritmes Triple DES o AES. Prové el xifrat de connexions.

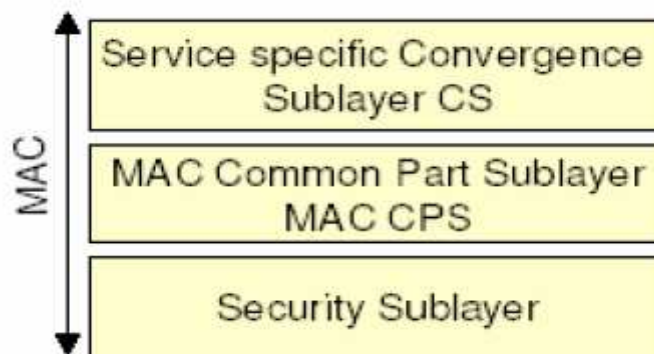


Figura 3. Capa MAC



## 3.2 Tecnologia xarxa local sense fils (WiFi)

Les xarxes locals sense fils permeten donar servei a distàncies de centenar de metres. És una solució per implementar els serveis al centre hospitalari en distàncies de menor cobertura que les xarxes metropolitana.

Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) esta basat en les especificacions IEEE 802.11, creat per aplicacions de xarxes locals sense fils. Depenen de l'estàndard que s'utilitza, treballa de la banda de 2 GHz a la de 5 GHz. Els canals tenen un ample de banda de 20 MHz. que poden donar servei a desenes d'usuaris simultàniament. Fa ús de bandes lliures amb velocitats de fins a 300 Mbps. El seu principal inconvenient és la seguretat, per protegir la informació s'utilitzen mecanismes d'autenticació i de xifratge.

WiFi es compatible amb la tecnologia d'abast metropolità WiMax, permet combinar-se amb ella, on WiMax mitjançant WiFi s'accedeix a la xarxa local, i WiMax connecta la xarxa local amb altres xarxes exteriors. L'aplicació d'aquesta tecnologia permet que el personal autoritzat pot accedir a la xarxa Intranet a través d'un dispositiu portàtil des de qualsevol lloc habilitat del recinte hospitalari.

### 3.2.1 Estàndards

Resumen conceptual de la família de estàndards 802.11 de la tecnologia WiFi:

- 802.11: estàndard original, suporta de 1 a 2Mbps.
- 802.11a: opera en la banda de 5 GHz i utilitza 52 subportadores OFDM amb una velocitat màxima de 54 Mbps.
- 802.11b: opera a la banda de 2,4 GHz, velocitat màxima de transmissió 11 Mbps, mètode d'accés CSMA/CA (accés múltiple per detecció de portadora amb evasió de col·lisions).
- 802.11e: incorpora característiques QoS i de suport multimèdia.
- 802.11f: defineix la comunicació entre punts d'accés per facilitar xarxes WLAN de diferents proveïdors.
- 802.11g: opera a la banda de 2,4 GHz, velocitat màxima de transmissió 54 Mbps. Estableix una tècnica de modulació addicional.
- 802.11h: defineix l'administració de l'espectre de la banda de 5 GHz per l'ús a Europa.
- 802.11i: està dirigit a millorar la seguretat per protocols d'autenticació i de codificació.
- 802.11n: velocitat de transmissió a 300 Mbps. Flexible i segur. Gran abast i òptima cobertura que proporciona un senyal de qualitat. Excel·lent interoperabilitat i compatibilitat amb versions anteriors. Els punts d'accés admeten les bandes de 2,4 GHz i de 5,4 GHz, i amb el funcionament combinat de les dues s'obté el màxim nivell de flexibilitat i rendiment. Fa servir tecnologia MIMO (*Multiple Input – Multiple Out*) que permet utilitzar diferents canals a la vegada per enviar i rebre dades mitjançant la incorporació de varies antenes.
- 802.11ac Esta en desenvolupament. Es preveu que al 2015 sigui d'ús comú, tingui més abast i l velocitats aproximades de 1Gbps.

### 3.2.2 Característiques principals

Les característiques varien depenent de l'estàndard (apartat 3.2.1) però algunes són comunes comunes:

- Utilitzen les bandes 2,4 GHz i 5,4 GHz.
- L'abast és de fins 300 metres en espais oberts.
- Diverses velocitats depenen de l'estàndard. (IEEE 802.11 a/g suporten 54 Mbps i IEEE 802.11 n suporta 300 Mbps.).
- Tots els dispositius actuals porten connectivitat WiFi: portàtils, PDA's, càmeres digitals, telèfons mòbils...
- WiFi és Half-Duplex: totes les xarxes WiFi son sistemes TDD basats en contenció, on tots els terminals i les estacions base fan servir el mateix canal.
- Una vegada configurada la xarxa WiFi permet l'accés de múltiples equips sense despeses addicionals.

Inconvenients comuns:

- Una velocitat menor respecte a les connexions cablejades.
- La seguretat per l'accessibilitat al medi de transmissió utilitzat, l'aire.
- No és compatible amb altres tipus de connexions sense fils com Bluetooth, GPRS, UMTS,...

### 3.2.3 Elements bàsics

- AP (*access point*): és una estació que permet l'accés a altres xarxes.
- BSS (*extended service set*): és el conjunt d'estacions connectades a un mateix AP.
- ESS (*extended service set*): és el conjunt de BSS interconnectades.
- SSID (*service set identifier*) identificador d'ESS, per agrupar diversos AP en la mateixa xarxa. La mesura més bàsica quan un usuari vol accedir a una xarxa és mirar el seu SSID.

### 3.2.4 Capa de control d'accés al medi (MAC)

IEEE 802.11 utilitza el protocol CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*); tots els usuaris i el punt d'accés comparteixen el canal, es generen problemes quan hi ha molts usuaris.

Totes les estacions transmeten i reben fent servir el mateix canal, una estació no pot escoltar un canal quan està transmeten i es impossible detectar la col·lisió. Si el tràfic és elevat, la probabilitat de col·lisions augmenta, s'afegeix que hi ha estacions que no es veuen entre elles.

RTS/CTS (petició de transmissió d'un equip / resposta d'un equip a un altre) millora el procediment. Un node que vol enviar dades envia una trama Request To Send (RTS), el punt d'accés replica amb una trama Clear To Sen (CTS). Qualsevol altre node que rep les trames RTS o CTS s'absté d'enviar dades per un temps. S'assumeix que tots els nodes tenen el mateix rang.

RTS/CTS només s'activa quan es volen transmetre paquets molts grans o quan es detecta una gran quantitat de col·lisions.

### 3.2.5 Seguretat

Per garantir la seguretat s'utilitzen protocols de xifrat de dades com WEP (*wired equivalent privacy*) i WAP (*wireless protected area*) que s'encarreguen de codificar la informació transmesa per protegir la confidencialitat.

WEP proporciona mecanismes simples, fa un xifratge de 64 bits (estàndard) o de 128 bits, quant més bits millor, però no es pot incrementar la longitud perquè caldria més CPU.:

- La clau és estàtica i simètrica (no hi ha gestió de claus).
- Es xifra amb RC4 (algoritme criptogràfic simètric).
- Es protegeix la integritat de les dades amb CRC-32. (la integritat pretén evitar que es canviïn les dades durant el camí).

WPA presenta millores:

- Autenticació amb 802.1x + EAP:
  - Pot fer servir un servidor RADIUS com a servidor d'autenticació (tots els AP demanen l'inici de sessió – contrasenya a aquest servidor).
  - L'autenticació és recíproca entre client i servidor.
- Claus dinàmiques gestionades amb el protocol de recàlcul de claus TKIP (*temporal key integrity protocol*):
  - La primera clau és el punt de partida per a les següents.
  - Es xifra amb RC4 i una clau de 128 bits.
  - Mecanisme de integritat MIC amb claus de 64 bits. Si hi ha dos errors en un segon, esborra les claus, es dissocia i re-associa, suposa un atac.

El 802.11i o WPA2 es diferencia de WPA:

- Fa servir AES (*advanced encryption standard*) per a xifrar, en lloc de RC4. Les claus poden ser de 128, 192 o 256 bits.
- Fa servir un mecanisme d'integritat de tipus CCMP.

	WEP	WPA	WPA2
Autenticació	Molt bàsica	802.1x+EAP	802.1x+EAP
Gestió de claus	No hi ha (claus estàtiques)	EAP	EAP
Xifratge	RC4	RC4	AES
Integritat	CRC-32	MIC	CCMP

Taula 3. Mecanismes de Seguretat

## 4. Arquitectura de xarxes

L'Hospital Moisès Broggi disposa d'una xarxa intranet privada basada en protocols d' Internet (protocol TCP/IP), que permet compartir recursos (base de dades, programari i maquinari) facilitant l'administració i la gestió dels equips que suporten les dades i la informació de l'hospital. El personal autoritzat té accés a la xarxa local i a Internet.

El disseny de la nova xarxa a l'hospital suposa la interconnexió entre la xarxa cablejada actual i la nova xarxa sense fils. La planificació de la interconnexió depèn de les característiques pròpies de la tipologia de cadascuna de les tecnologies i d'aspectes com la seguretat.

Per realitzar la interconnexió entre la xarxa intranet de l'hospital i la nova xarxa sense fils es necessari conèixer l'arquitectura actual i els serveis vinculats que s'ofereixen.

### 4.1 Xarxa cablejada Hospital Moisès Broggi

La xarxa cablejada actual a l'interior de les instal·lacions de l'hospital permet, amb un nivell alt de seguretat, la gestió del servei d'informació dels pacients (dades, diagnòstics, historial clínic, etc...) i del servei d'equipaments de telemedicina que treballen amb dades mèdiques (pressió arterial, ritme cardíac, etc...), amb una base de dades centralitzada.

Esquema de la arquitectura de xarxa de l'hospital Moisès Broggi:

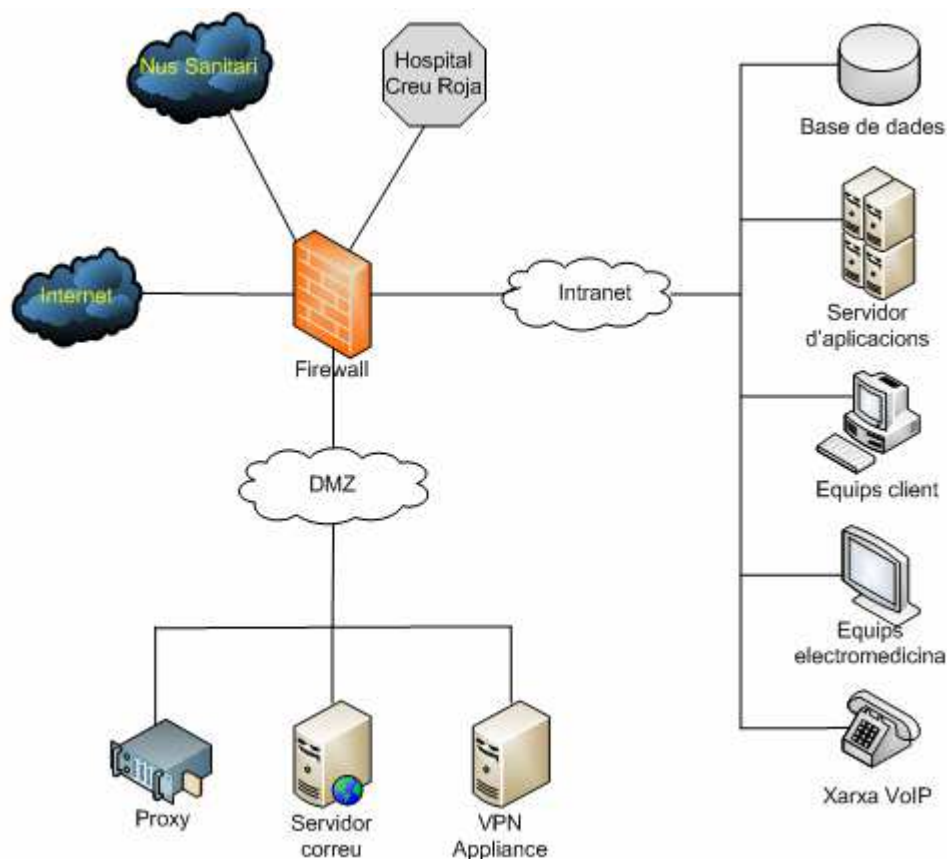


Figura 4. Arquitectura xarxa Hospital Moisès Broggi

## Elements de xarxa de l'Hospital Moisès Broggi:

- Firewall: És la part de la xarxa dissenyada per bloquejar els accessos no autoritzats, permetent al mateix temps comunicacions autoritzades. Està situat entre la xarxa local i les altres xarxes per assegurar que totes les comunicacions es realitzen conforme a les normes de seguretat decidides per l'hospital. L'Hospital Moisès Broggi utilitza dos equips Juniper SSG350M [1] en mode clúster, per assegurar el funcionament en cas de caiguda d'un dels equips.
- DMZ: És la xarxa anomenada zona desmilitaritzada (DMZ) on estan els servidors de l'hospital que deuen ser accessibles des de l'exterior. Les connexions des de la xarxa interna i l'externa a la DMZ estan permeses, però des de la DMZ només es permet connexió a la xarxa externa., els equips de la DMZ no poden connectar amb la xarxa interna. La xarxa de l'Hospital Moisès Broggi té com aplicacions més destacades a la DMZ el servidor Proxy, el servidor de correu i un programari VPN Appliance.
- Servidor Proxy: És un element de seguretat que actua com intermediari entre els usuaris e Internet, a l'hospital s'utilitza com servei de cache (intercepta les connexions de xarxa que realitzen els usuaris als servidors) i per optimitzar el tràfic WEB, limitant l'accés dels usuaris a determinades pàgines (jocs, xarxes socials,...). L'hospital utilitza el model Blue Coat Proxy SG 600 [2].
- Servidor de Correu: S'encarrega de gestionar els correus dels usuaris, a l'hospital és un dispositiu relay Linux amb programari d' Antispam Interscan messaging suite [3].
- VPN appliance: Aquesta tecnologia permet al personal autoritzat connectar-se a la xarxa intranet de l'hospital des de un lloc remot per Internet a través de la màquina virtual Citrix NetScaler [4].
- Nus Sanitari: És una xarxa de telecomunicacions creada per unir els centres del CatSalut (Servei Català de la Salut).
- Internet: L'hospital Moisès Broggi utilitza Internet per ús exclusiu del personal autoritzat pel Consorci Sanitari.
- Hospital Creu Roja: Hospital que pertany al Consorci Sanitari Integral i està connectat per fibra òptica amb l'Hospital Moisès Broggi, compartint informació sanitària i recursos tècnics.
- La xarxa Intranet és una xarxa local formada per elements com base de dades, servidor d'aplicacions, equips de clients (usuaris locals), equips electrònics sanitaris i una xarxa de telefonia VoIP.
- La xarxa de telefonia VoIP: És un sistema format per dues centrals en mode clúster, una per cada centre hospitalari (Hospital Moisès Broggi i Hospital Creu Roja) i disposa de 700 extensions telefòniques.

## 4.2 Xarxa telemàtica per a serveis de telemedicina mòbils

El projecte dissenya una xarxa telemàtica per a sistemes de telemedicina mòbils. Als serveis definits a l'apartat 3.1 "Sistemes Telemàtics", s'afegeix el disseny d'una connexió backup entre l'Hospital Moisès Broggi i l'Hospital Creu Roja de L'Hospitalet de Llobregat, que és una connexió alternativa per si cau la connexió principal (fibra òptica).

Serveis a dissenyar al projecte:

1. Servei connexió backup sense fils amb l'Hospital Creu Roja de L'Hospitalet de Llob.
2. Servei d'intercanvi de dades de l'Hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat.
3. Servei per controlar els equips i sensors dels malalts en observació domiciliària.
4. Servei per controlar els sensors i permetre la mobilitat dels pacients hospitalitzats per les zones habilitades del recinte hospitalari.

El disseny dels serveis 1, 2 i 3 es basa en la tecnologia de xarxes metropolitanes sense fils (WiMax) desenvolupada a l'apartat 3.1. I el disseny del servei 4 es basa en la tecnologia de xarxes locals (WiFi) desenvolupada en el apartat 3.2.

Esquema de serveis a dissenyar per l'Hospital Moisès Broggi:

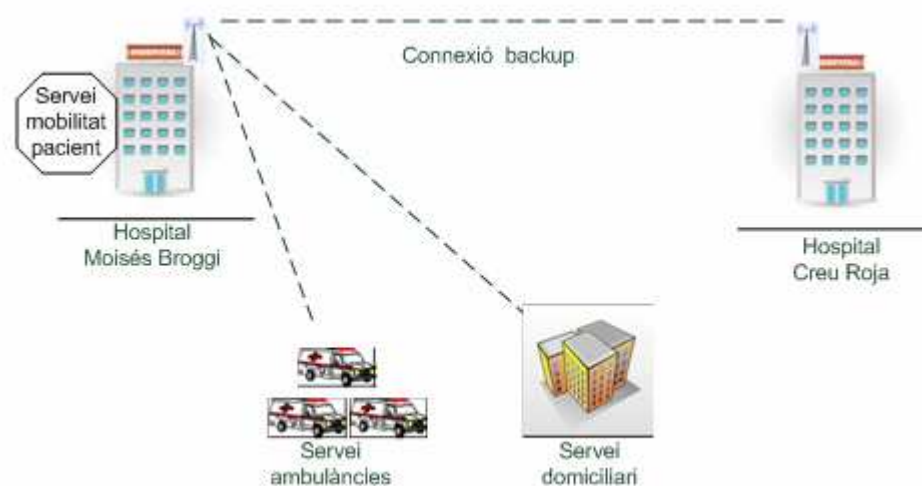


Figura 5. Serveis de telemedicina mòbils

## 4.3 Interconnexió de xarxes

El disseny de la interconnexió entre les xarxes sense fils i la xarxa cablejada depèn de l'arquitectura actual de la xarxa cablejada, dels serveis de telemedicina mòbils que es volen implantar i del nivell de seguretat necessari.

La DMZ permet connectar la xarxa metropolitana sense fils a la xarxa actual i mantenir el nivell alt de seguretat de la xarxa cablejada. Això no significa que la xarxa metropolitana sense fils connectada disminueixi els problemes de seguretat intrínsecs a aquesta tecnologia si no que la xarxa actual manté el seu nivell de seguretat.

Amb la implantació de les xarxes sense fils es produeix un augment del risc de seguretat en la transmissió de la informació, tant a l'interior del centre hospitalari com a l'exterior. Però això és una conseqüència de l'aire que és el medi de transmissió.

La xarxa metropolitana sense fils es connecta a la DMZ amb un firewall, Juniper SSG350M [1] amb mode clúster, que permeti o denegui les transmissions d'una xarxa a l'altre actuant de tallafocs.

Esquema interconnexió de xarxes a l'Hospital Moisès Broggi:

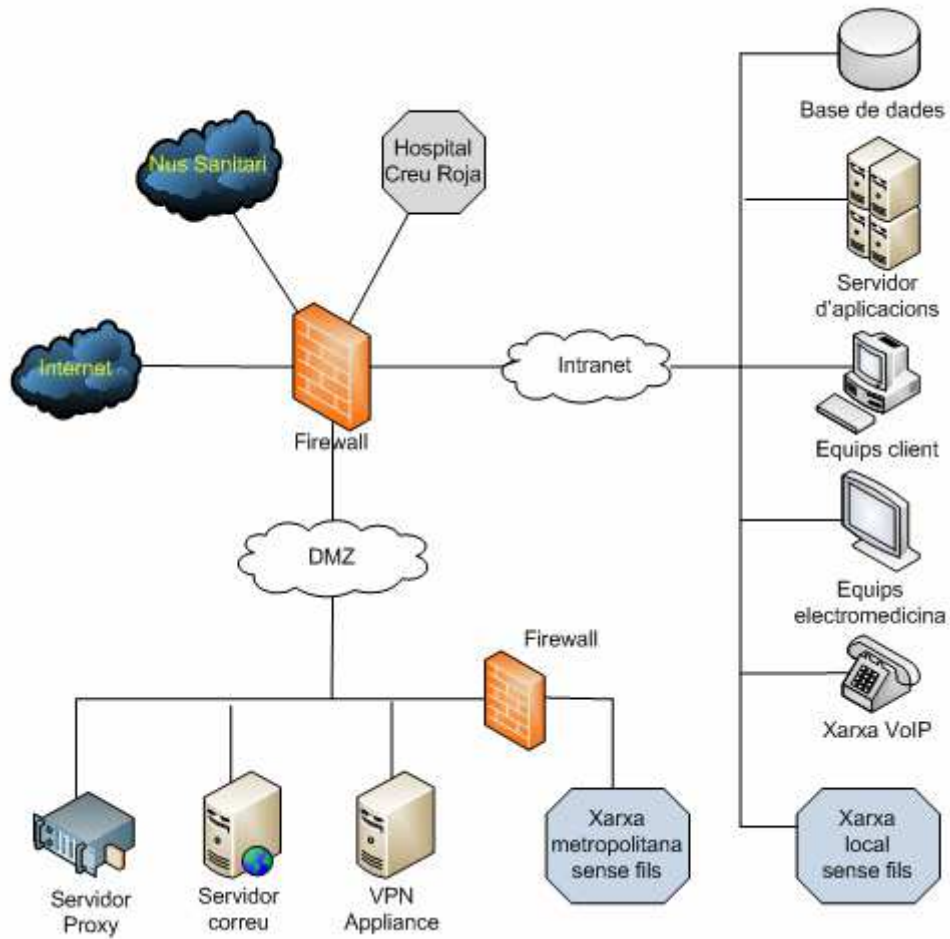


Figura 6. Interconnexió de xarxes

## 5. Disseny Xarxa

La interconnexió de la xarxa cablejada i la xarxa sense fils permet crear una única xarxa, on els paràmetres característics de cadascuna de les xarxes abans de la interconnexió no varien, el disseny d'aquesta nova xarxa és l'objectiu d'aquest projecte.

La implantació de la noves tecnologies permet a l'Hospital Moisès Broggi millorar els seus serveis sanitaris, però a nivell de xarxa comporta avantatges i desavantatges .

La xarxa sense fils disposa d'un ample de banda i una velocitat de transmissió menors, a més el medi aeri comporta interferències i els seu nivell de seguretat és menor que a la xarxa cablejada. Però afegeix mobilitat (més llibertat de moviments pels pacients), flexibilitat (reubicació dels equips sense canvis de configuració de la xarxa), estalvi de costos respecte la xarxa cablejada i escalabilitat (facilitat d'expandir la xarxa després de la seva instal·lació inicial).

El disseny dels sistemes de comunicació sense fils es basen en bandes lliures (2,4 GHz i 5.4 GHz), com es va justificar a l'apartat 3 "Sistemes Telemàtics". Això comporta un estalvi econòmic ja que no depèn d'un operador, però s'afegeixen factors en contra com l'alt nivell d'interferències, la limitació de potencia o menys solucions per part dels fabricants.

El disseny dels serveis es basa en la tecnologia de xarxes metropolitanas sense fils (WiMax) desenvolupada a l'apartat 3.1. i en la tecnologia de xarxes locals (WiFi) desenvolupada en l' apartat 3.2.

### 5.1 Disseny xarxa metropolitana sense fils

Disseny de la xarxa metropolitana sense fils per integrar els següents serveis:

1. Servei de connexió backup sense fils amb l'Hospital Creu Roja de L'Hospitalet de Llob.
2. Servei d'intercanvi de dades de l'Hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat.
3. Servei per controlar els equips i sensors dels malalts en observació domiciliària.

L'ubicació de l'Hospital Moisès Broggi és un factor determinant pel disseny. El recinte hospitalari no proporciona cap punt en alçada on instal·lar l'antena que permeti tindre una visió estratègica de la zona sobre la que es vol tindre influència.

La solució és la muntanya de Sant Pere Màrtir (399m) al municipi d'Esplugues de Llobregat, des d'on es té visió de tota la ciutat, incloent visió directa amb l'Hospital Moisès Broggi i visió directa amb l'Hospital Creu Roja de L'Hospitalet de Llobregat. La ubicació de les antenes i l'estació base es situa a la muntanya de Sant Pere Màrtir.

L'estàndard WiMax suporta diverses topologies, en el projecte es treballa amb una topologia punt a multipunt amb una antena sectorial. La estació base de WiMax pot dividir l'amplada de banda entre als diferents serveis i la interconnexió entre les estacions base.



Esquema serveis xarxa metropolitana sense fils a dissenyar per l'hospital Moisès Broggi:

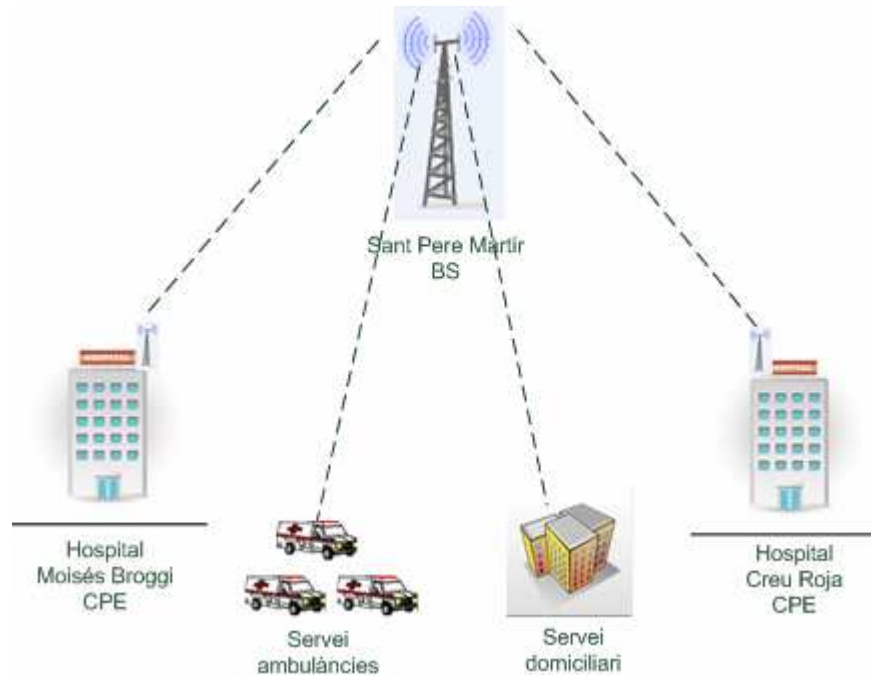


Figura 7. Serveis xarxa metropolitana sense fils

#### Disseny serveis:

##### 1. Servei connexió backup sense fils amb l'Hospital Creu Roja de L'Hospitalet de Llob.

Els enllaços és resolen amb la tecnologia WiMax 802.16e, fent servir la banda lliure 5,4 GHz. La topologia a utilitzar és punt a multipunt (PmP): La composició consta d' una estació base amb una antena integrada sectorial situada a muntanya de Sant Pere Màrtir i dues unitats d'usuari; una situada a l'Hospital Moisès Broggi i una altre a l'Hospital Creu Roja.

A la muntanya de Sant Pere Màrtir hi ha una estructura habilitada per telecomunicacions on es poden situar el equips de la xarxa del projecte i aprofitar la ubicació privilegiada d'aquest punt estratègic per les comunicacions de la ciutat.

En l'estructura habilitada de Sant Pere Màrtir s'instal·la l'estació base amb l'antena integrada i a cadascun dels hospitals una antena i una unitat d'abonat. La estació base es controla des de l'Hospital Moisès Broggi.

El càlcul orientatiu de l'atenuació es realitza amb el mètode de propagació sobre terra plana segons el model d'Egüi, amb dependència de la freqüència ( $f$ ), explicat a l'apartat 2.2 "Cobertura".

Dades d'interès :

alçada Sant Pere Màrtir → 399 m

alçada l'hospital Moisès Broggi → 30 m

alçada l'hospital Creu Roja → 35 m

freqüència → 5,4 GHz = 5529,60 MHz

**1.- Càlculs Sant Pere Màrtir - Hospital Moisès Broggi (distància 2400 metres):**

Propagació sobre terra plana + Egli:

$$P_R [dBm] = P_T [dBm] + G_T [dB] + G_R [dB] + 20 \cdot \log(h_1 [m] h_2 [m]) - 40 \cdot \log(d [m]) + 20 \cdot \log\left(\frac{40}{f [MHz]}\right)$$

$P_R [dBm]$ : Potència rebuda

$G_T [dB]$ : Guany del transmissor

$P_T [dBm]$ : Potència transmesa

$G_R [dB]$ : Guany del receptor

$d$  → distància entre emissor i receptor

$h_1$  → alçada del transmissor

$h_2$  → alçada del receptor

Potència rebuda:

La potència de transmissió habitual és de 20 dBm.

$$P_R [dBm] = 20dBm - 96,46dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -76,46 + Guany\_antenes$$

**2.- Càlculs Sant Pere Màrtir - Hospital Creu Roja (distància 1500 metres):**

Potència rebuda:

La potència de transmissió habitual és de 20 dBm.

$$P_R [dBm] = 20dBm - 86,95dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -66,95 + Guany\_antenes$$

Els càlculs es completen quan es té accés als paràmetres específics dels equips seleccionats per verificar que els equips receptors estan dintre dels marges de transmissió.

La sensibilitat és el paràmetre que identifica el valor mínim de potència necessària per rebre la taxa de bits que permeti processar el senyal de manera correcta.

## 2.- Servei d'intercanvi de dades de l'Hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat.

La cobertura d'aquest servei s'estima en un radi aproximat d'uns 10 Km. Pels càlculs també s'utilitza el mètode de propagació sobre terra plana segons el model d'Egli.

Potència aproximada rebuda per les ambulàncies:

Dades: alçada ambulància → 2 m  
distància màxima ambulància → 10.000 m

Potència rebuda:

$$P_R [dBm] = 20dBm - 144,77dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -124,77 + Guany\_antenes$$

## 3.- Servei per controlar els equips i sensors dels malalts en observació domiciliària.

La cobertura d'aquest servei s'estima en un radi aproximat d'uns 3 Km. Pels càlculs també s'utilitza el mètode de propagació sobre terra plana segons el model d'Egli.

Potència aproximada rebuda pels equips dels pacients amb observació domiciliària:

El cas domiciliari més extrem per rebre el senyal està situat el més aproximat al terra, es pren com alçada 1 m i el més lluny possible de l'àrea d'influència 3 Km.

Dades: alçada pacient domiciliari → 1 m  
distància pacient domiciliari → 3.000 m

Potència rebuda:

$$P_R [dBm] = 20dBm - 129,87dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -109,87 + Guany\_antenes$$

## 5.2 Disseny xarxa local sense fils

Disseny de la xarxa local sense fils per integrar el següent servei:

1. Servei per controlar els sensors i permetre la mobilitat dels pacients hospitalitzats per les zones habilitades del recinte hospitalari.

El disseny de la xarxa local sense fils es realitza amb tecnologia WiFi, estàndard 802.11n, requereix de l'anàlisi de la estructura i forma de l'edifici i del coneixement i localització dels diferents departaments per poder determinar la cobertura necessària a tot el recinte hospitalari.

L'Hospital Moisès Broggi és un edifici amb 7 plantes ( 2 plantes soterrades i 5 plantes damunt rasant). El disseny de cobertura es centra en les 5 plantes superiors dedicades als pacients. Plantes S1, P1, P2, P3 i P4.

Els nivells P1, P2, P3 i P4 tenen la mateixa planta. El nivell S1 (Soterrani 1) té característiques diferents. Totes estan formades per quatre braços (estructura de pinta) on es situen les unitats d'hospitalitzacions amb algunes dependències auxiliars.

L'estructura de l'edifici és de ciment armat. A l'interior la separació dels departaments està feta amb parets de material prim (pladur), excepte zones específiques (Diagnòstic per la Imatge, Radiologia).

Plànol d'una planta comú a l'Hospital Moisès Broggi:

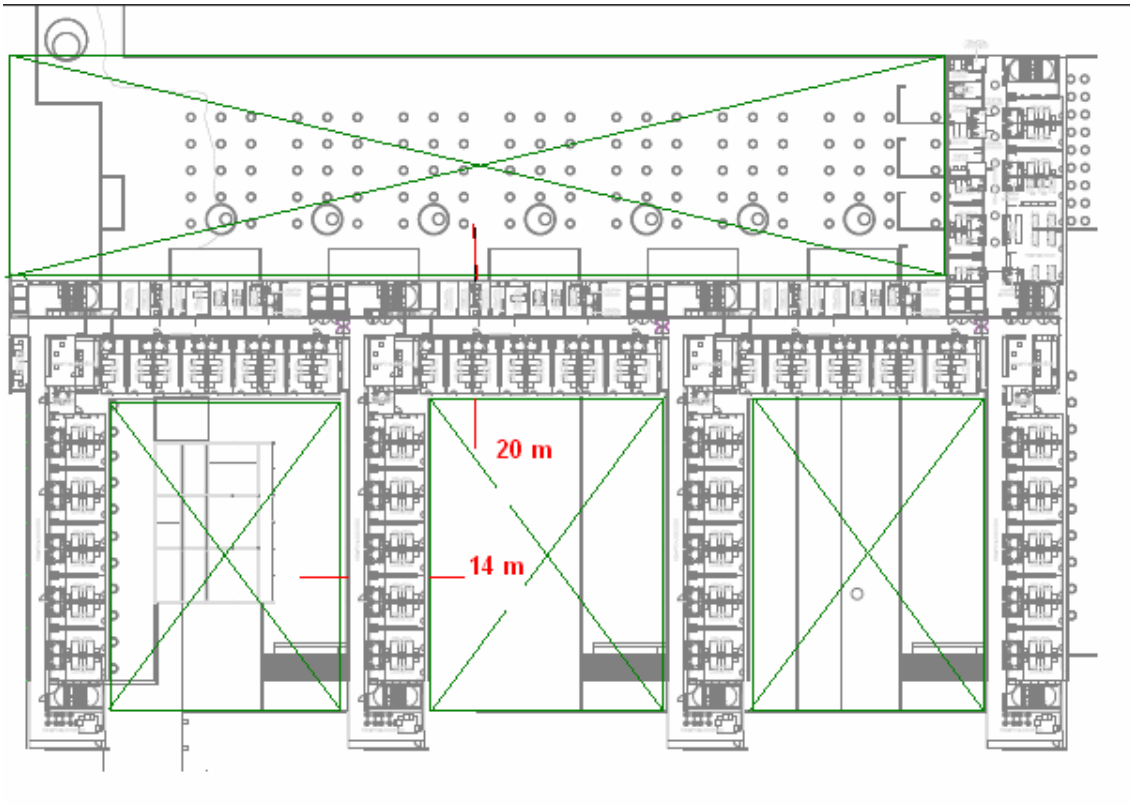


Figura 8. Plànol Planta 1 (P1)

La part central que dona accés als quatre braços té una amplada de 20 metres (inclosos departaments, dependències auxiliars i passadissos) i una llargària de 150 metres. Els braços tenen una amplada de 14 metres (inclòs departament i passadís) i una llargària de 75 metres.

L'estructura de ciment armat que separa les plantes condiona el disseny a un anàlisi independent per planta, els punts d'accés només són operatius en la planta on s'ubiquen degut a la composició i grossor d'aquest material.

Per la forma de la planta es dissenya perquè un punt d'accés doni cobertura a un màxim de tres departaments. Per calcular els punts d'accés WiFi necessaris per planta s'aplica la fórmula del mètode COST-231 de segon ordre. Els càlculs obtinguts són orientatius.

En el cas del departament més separat de la possible ubicació del punt d'accés, la distància és de 20 metres i la pitjor ubicació suposa travessar 4 parets de pladur, cada paret de pladur atenua 2dB's, en total 8dB's.

Càlcul orientatiu de l'atenuació total màxima a 2,4 GHz:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right) + 8 = 20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 20}{\frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}}\right) + 8 = 74 \text{ dB}$$

La potència rebuda és la potència de transmissió habitual (20 dBm), més el guany de l'antena (5 dB) menys l'atenuació 74 dB:

$$-74dB + 20dBm + 5dB = -49dBm$$

Els -49 dBm representen el llindar de sensibilitat dels equips necessaris per implementar la xarxa WiFi al centre hospitalari.

#### Disseny Planta 1 (P1):

Es realitza el disseny aproximat de la possible ubicació dels punts d'accés a la planta P1.

Plànol planta P1 amb la possible ubicació dels punts d'accés:

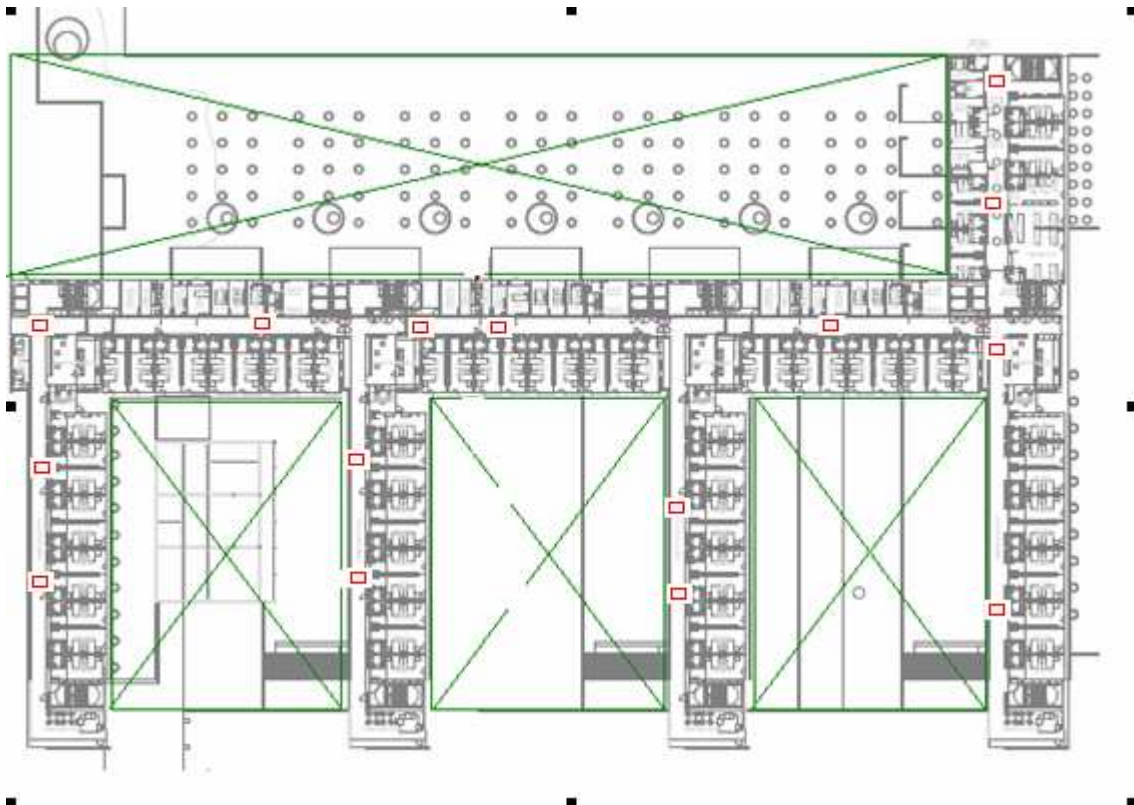


Figura 9. Plànol Planta 1 (P1) amb punts d'accés

Ekahau HeatMapper és un programari per dibuixar mapes d'intensitat i posició de les connexions WiFi. Es realitza un mapa de cobertura aproximat de la Planta 1:

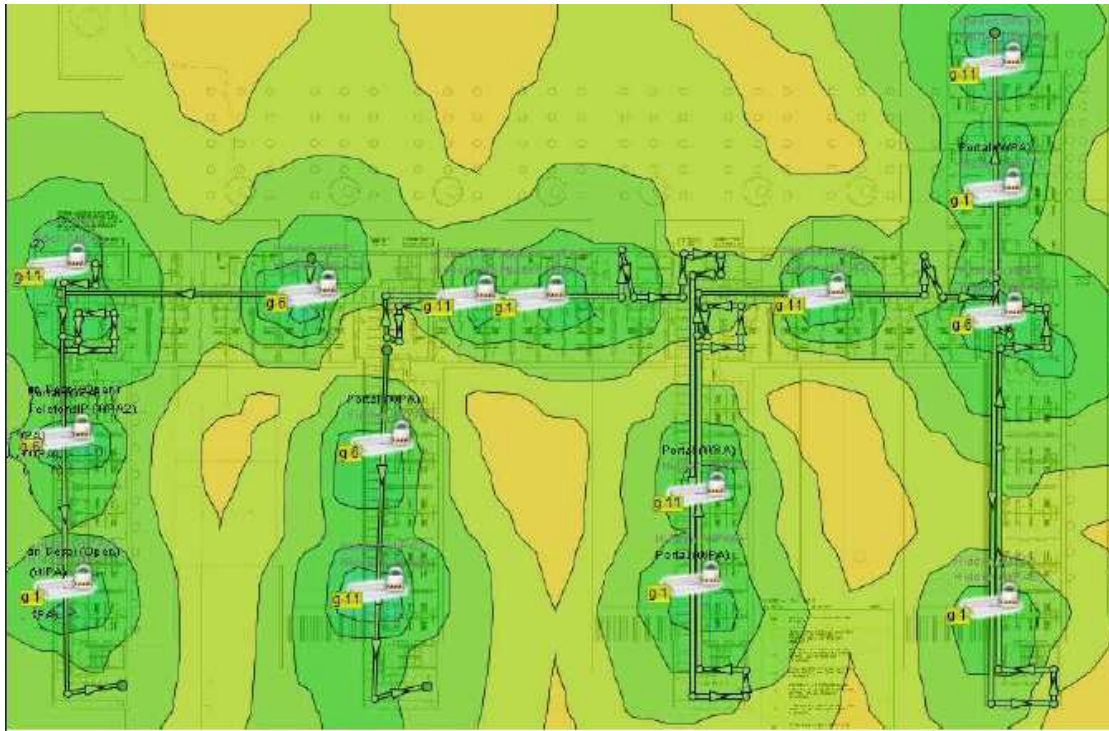


Figura 10. Cobertura punts d'accés Planta 1 (P1)

La Planta 1 necessita 15 punts d'accés per donar cobertura a la necessitats dels 4 departaments (Medicina Interna, Cardiologia, Respiratori i Neurologia) i les diferents unitats (U. Son, U. Ictus i U. Infermeria dels departaments).

Els 15 punts d'accés estan distribuïts per 4 switches que es corresponen amb els quatre braços de l'estructura. La topologia de la planta P1 és aplicable a les plantes P2, P3 i P4.

**Disseny Soterrani (S1):**

Al Soterrani 1 estan ubicades les zones de Gabinet de Probes, Passadís de Consultes, Hospital de Dia, Diagnòstic per la Imatge, Urgències/UCI (25 boxes) i Passadís de Servei Zona Groga i Blanca. En aquesta planta es situa el servei de radiologia, és una zona limitada per parets de plom on no és possible donar cobertura, no es permet la instal·lació de AP's.

Plànol Soterrani 1 (S1), la zona marcada amb vermell es correspon amb el departament de radiologia:

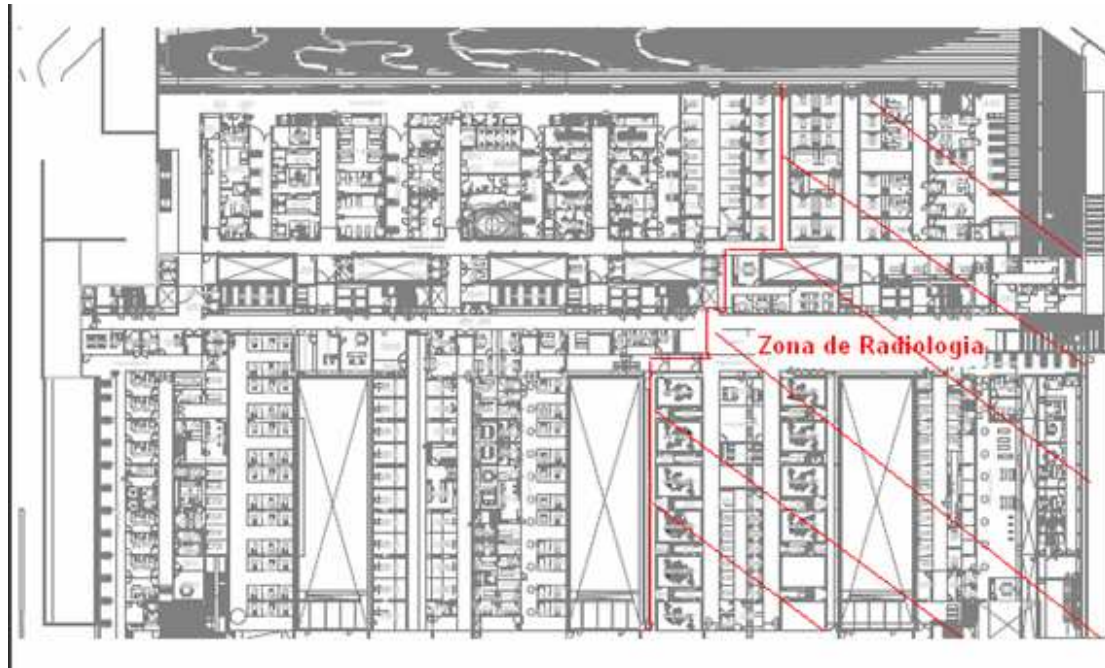


Figura 11. Plànol Soterrani 1 (S1)

Plànol soterrani S1 amb la possible ubicació dels punts d'accés:

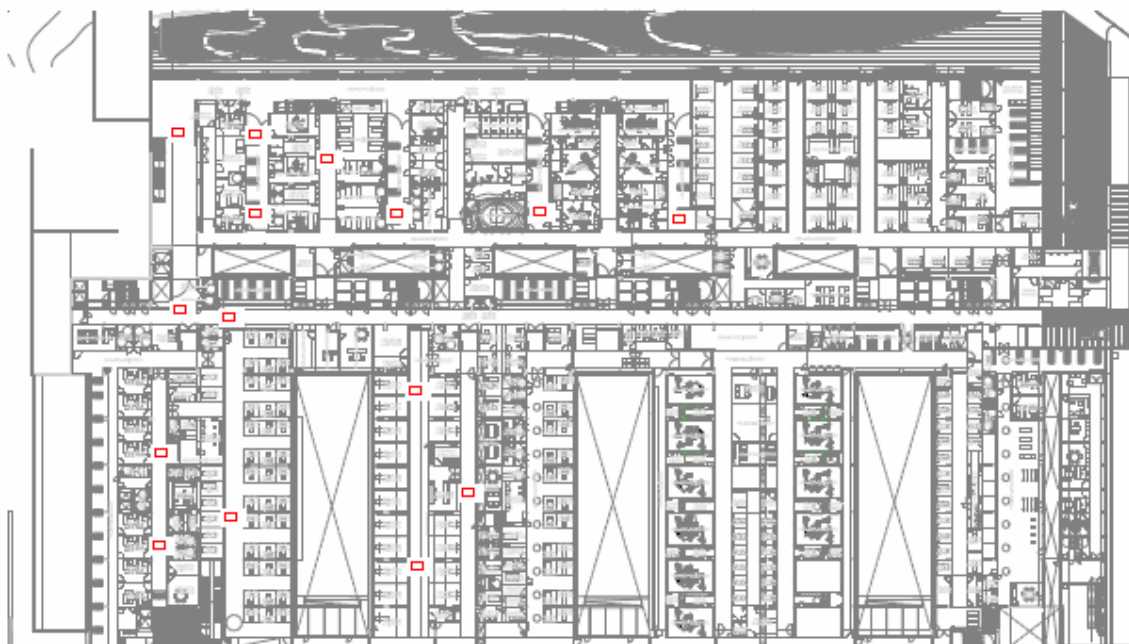


Figura 12. Plànol Soterrani 1 (S1) amb punt d'accés

Es realitza un mapa de cobertura aproximat del Soterrani 1 (S1):

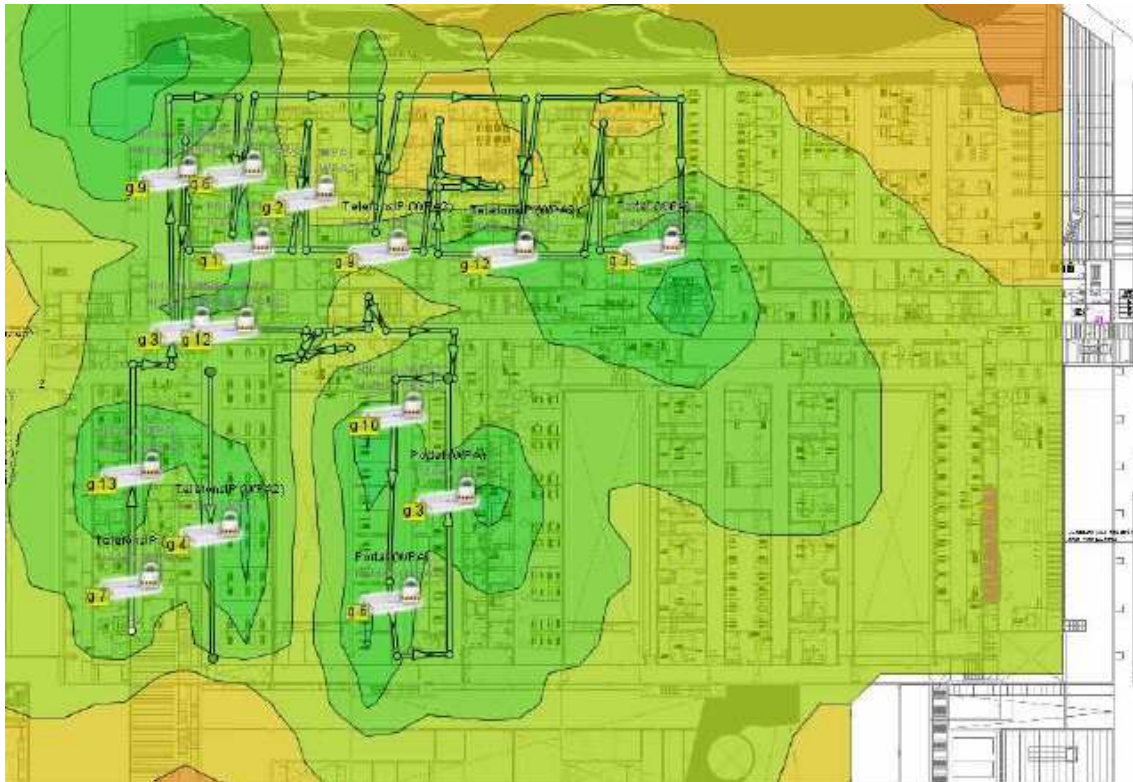


Figura 13. Cobertura punts d'accés Soterrani 1 (S1)

El Soterrani 1 necessita 15 punts d'accés per donar cobertura a la necessitat del Gabinet de Probes, Passadís de Consultes, Hospital de Dia, Urgències/UCI (25 boxes) i Passadís de Servei Zona Groga i Blanca. Els 15 punts d'accés estan distribuïts per 4 switches.

Per donar cobertura WiFi a les 5 plantes superiors dedicades als pacients (S1, P1, P2, P3 i P4) es necessiten 75 AP's distribuïts amb 20 switches.



### Disseny del departament de Cardiologia ubicat a la Planta 1, segon passadís:

Es realitza a mode d'exemple el disseny per ubicar els AP's en el departament de Cardiologia de la Planta 1, segon passadís.

Amb el desenvolupament de la xarxa local sense fils (WiFi) a la zona del departament de Cardiologia (departament, unitat auxiliar, habitacions i passadissos) els pacients i personal sanitari tindran cobertura total a la zona, es possibilita la mobilitat per les zones habilitades amb cobertura.

En el cas concret dels pacients de Cardiologia, uns equips portàtils registren les seves dades mèdiques que són capturades pels punts d'accés i transmeses a través de la xarxa local en temps real per monitoritzar-se en el centre de control mèdic de l'hospital.

Plànol zona Cardiologia. Planta 1 segon passadís amb la possible ubicació dels punts d'accés:



Figura 14. Plànol Zona Cardiologia. Planta 1. Passadís 2 amb punts d'accés

## 6. Selecció d'equips

### 6.1 Equips xarxa metropolitana sense fils

Per implementar els serveis proposats hi ha diverses solucions per part dels fabricants d'equips de tecnologia WiMax, l'elecció dels equips es realitza després de comparar les característiques, prestacions i costos dels equips amb freqüències lliures de les marques punteres al sector per garantir la interoperabilitat entre els diferents terminals.

#### 1.- Equip per implementar el servei de connexió backup sense fils amb l'Hospital Creu Roja de L'Hospitalet de Llobregat.

L'estació base seleccionada per implementar la xarxa metropolitana és l'equip BreezeMAX Extreme 5000 1.5 model MIMO de sector únic 2x2 del fabricant Alvarion. Els diferents models de l'estació base depenen de l'àrea on s'implementa (urbà, suburbà o rural).

Per l'estació remota es selecciona l'equip BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000 de Alvarion, són necessàries dues una per cada hospital (Moisès Broggi i Creu Roja).

El control de l'estació base es realitza a través d'un software de Alvarion que s'anomena AlvariCRAFT.

#### Estació base BreezeMAX Extreme 5000 1.5:

És una solució de banda ample sense fils que proporciona tecnologia WiMax 16e per freqüències lliures de llicència i amb diverses avantatges:

- Serveis mòbils, portàtils i fixes.
- Tècniques pioneres de mitigació de interferències per un òptim rendiment i fiabilitat.
- Suporta MIMO A/B per oferir major cobertura i capacitat.
- HARQ per una reducció significativa dels errors al nivell de la capa física PHY.
- Unitat única, compacta i totalment exterior, fàcil d'instal·lar.
- Connectivitat segura amb mecanisme de xifrat integrats.
- Infraestructura fiable i resistent per condicions exteriors extremes.

Taula paràmetres :

Paràmetres	ALVARION BreezeMax Extreme 5000 1.5
Estàndard	IEEE 802.16e
Freqüència	4900-5350 GHz 5470-5950 GHz
Potència de Transmissió	Estació Base 0-21dBm Guany antena integrada 14.5 dBi
Ample del canal	5MHz, 10 MHz, 20 (2x10) MHz
Modulació	QPSK, QAM16, QAM64
Autenticació	AAA centralitzed over RADIUS
QoS	Si
Grandària FFT	512 / 1024
Administració remota	SNMP, Telnet, web
Suport de VLANs	Si
Interfaces	100BaseT PoE

Taula 4. Paràmetres BreezeMAX Extreme 5000 1.5

S'adjunten característiques específiques a l'annexo 1.



Figura 15. Estació base BreezeMAX Extreme 5000

#### Estació remota BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000:

L'estació remota és Alvarion, conforma una solució completa amb l'estació base de la mateixa marca, però es podrien seleccionar equips d'altres marques perquè la interoperabilitat d'Alvarion està garantida per ser membre del WiMax fòrum.

Taula paràmetres:

Paràmetres	ALVARION BreezeMax Ext. CPE PRO 5000
Freqüència	4900-5950 GHz
Ample del canal	5 MHz, 10 MHz
Modulació	QPSK, QAM16, QAM64
Potència de Transmissió	QAM64: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm

Taula 5. Paràmetres BreezeMax Extreme CPE PRO 5000

S'adjunten característiques específiques a l'annexo 2.



Figura 16. Estació remota BreezeMax Extreme CPE PRO 5000

**AlvariStar:**

És un sistema d'Alvarion per les xarxes sense fils que proporciona les funcionalitats següents:

- Identificació de dispositiu
- Inventari de dispositiu
- Gestió d'averia
- Adquisició de dades
- Supervisió de funcionament
- Gestió de seguretat

**Càlculs de l'enllaç Sant Pere Màrtir - Hospital Moisès Broggi amb l'estació base BreezeMAX Extreme 5000 1.5 i l'estació remota BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000**

La potència rebuda donats els guanys de les antenes:

Guany de l'antena integrada de l'estació base 14,5 dBi.

Guany de l'antena receptora 16 dBi.

$$P_R [dBm] = 20dBm - 96,46dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -76,46 + Guany\_antenes =$$

$$= -76,46 + 14,5 + 16 = -45,96dBm$$

**Càlculs de l'enllaç Sant Pere Màrtir - Hospital Creu Roja amb l'estació base BreezeMAX Extreme 5000 1.5 i l'estació remota BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000**

La potència rebuda donats els guanys de les antenes:

Guany de l'antena integrada de l'estació base 14,5 dBi.

Guany de l'antena receptora 16 dBi.

$$P_R [dBm] = 20dBm - 86,95dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -66,95 + Guany\_antenes =$$

$$= -66,95 + 14,5 + 16 = -36,45dBm$$

Els equips Alvarion seleccionats suporten els paràmetres de sensibilitat obtinguts als càlculs estimats.

## 2.- Equip per implementar el servei d'intercanvi de dades de l'Hospital amb les ambulàncies que recorren la ciutat.

L'equip seleccionat és l'Unitat de Subscriptor Vehicular (VSU) 5000 de Alvarion per vehicles autònoms, compatible amb l'estació base BreezeMAX Extreme. Pot resistir les vibracions mecàniques dels vehicles en moviment. Es connecta a la font d'alimentació del vehicle (12 o 24 V CC).

S'instal·len dues antenes omnidireccionals a cada ambulància. L'abast en sistemes vehiculars sempre són relatius depenen de les condicions de línia visual i de la modulació.

Destaquen els punts següents:

- Carrier-class nómada.
- Solució mòbil per: 2.49-2.69 GHz, 3.4-3.8 GHz i 4.9-5.9 GHz.
- Alimentació des d'el propi vehicle (12v i 24v).
- Facilitat de muntatge a l'interior o a l'exterior del vehicle.
- Tècniques de reducció de interferències per un màxim rendiment i fiabilitat.
- Suporta MIMO A/B per l'augment de la recepció i capacitat.
- Mecanisme de xifrat integrats per una connectivitat segura.

Taula paràmetres:

Paràmetres	l'Unitat de Subscriptor Vehicular 5000
Freqüència	4900-5950 GHz
Ample del canal	5 MHz, 10 MHz
Potència de Transmissió	21 dBm
Sensibilitat	-96 dBm @ QPSK 1/2
Mètode d'accés	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Modulació	QPSK, QAM16, QAM64
Autenticació	Centralized over RADIUS, EAP-TTLS, PKMv2 MSCHAP authentication , over RFC-2865

Taula 6. Paràmetres Unitat de Subscriptor Vehicular 5000

S'adjunten característiques específiques a l'annex 3.



Figura 17. Unitat de Subscriptor Vehicular (VSU) 5000

### Càlculs de la potència aproximada rebuda per les ambulàncies

La potència rebuda donats els guanys de les antenes:

Guany de l'antena integrada de l'estació base 14,5 dBi.

Guany de l'antena receptora 21 dBi.

Potència rebuda:

$$P_R [dBm] = 20dBm - 144,77dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -124,77 + \text{Guany}_{\text{antenes}}$$

$$= -124,77 + 14,5 + 21 = -89,27dBm$$

Els equips Alvarion seleccionats suporten els paràmetres de sensibilitat obtinguts als càlculs estimats.

### 3.- Equip per implementar el servei per controlar els equips i sensors dels pacients en observació domiciliària.

L'equip seleccionat és BreezeMAX Networking and Voice Gateway (NG-VG) d'Alvarion, un dispositiu d'usuari final compatible amb l'estació base BreezeMAX Extreme. És un gateway sense fils integrat amb una cobertura òptima i un conjunt de funcionalitats com les connexions WiFi, veu, dades i VoIP. Un cable d'alimentació únic per el gateway de veu i la CPE exterior a través de PoE (Power over Ethernet).

Gateway és una porta d'enllaç, permet comunicacions entre diferents tipus de plataformes, xarxes, maquinari o programari.

Destaquen els punts següents:

- Solució d'un sol socket (mètode de comunicació entre un programari client i un programari servidor d'una xarxa).
- 1 port WAN de transmissió PoE para CPE exterior.
- 4 ports de dades i 2 ports de veu.
- Antena WiFi per WLAN estàndard IEEE 802.11 b/g.
- ID de VLAN per dispositiu (1 dades, 1veu, 1 gestió)

S'adjunten característiques específiques a l'annex 4.



Figura 18. BreezeMAX Networking and Voice Gateway (NG-VG)

### Càlculs de la potència aproximada dels equips dels pacients en observació domiciliaria.

La potència rebuda donats els guanys de les antenes:

Guany de l'antena integrada de l'estació base 14,5 dBi.

Guany de l'antena receptora 3 dBi.

Potència rebuda:

$$P_r [dBm] = 20dBm - 129,87dB + G_T [dB] + G_R [dB] = -109,87 + Guany\_antenes$$

$$= -109,87 + 14,5 + 3 = -92,37dBm$$

Els equips Alvarion seleccionats suporten els paràmetres de sensibilitat obtinguts als càlculs estimats.

## 6.2 Equips xarxa local sense fils

Existeix una ampla gama d'equips al mercat per implementar la xarxa local sense fils. L'elecció dels equips s'ha realitzat després de comparar les característiques, prestacions i costos dels diferents fabricants.

### 1.-Servei per controlar els sensors i permetre la mobilitat dels pacients hospitalitzats per les zones habilitades del recinte hospitalari.

La implementació es realitza amb els punts d'accés HP MSM422 i la Controladora de mobilitat HP MSM765 z1 Mobility Controller.

#### Punt d'accés HP MSM422

És un punt d'accés mòbil de serveis múltiples, proporciona accés sense fils escalable, nivell elevat de seguretat i alt rendiment. Admeten la configuració automàtica "plug and play" (permet a un dispositiu ser connectat sense configurar-se), i control central constant que realitzen els controladors de mobilitat de serveis múltiples ProCurve (gama de productes HP) per facilitar la gestió i obtenir la màxima capacitat de configuració.

Característiques:

- De radio única i dual
- IEEE 802.11 a / b / g / n els punts d'accés.
- Xarxa de gran capacitat i velocitat.
- Protecció pels estàndards 802.11a/b/g/n AP / client
- Recinte interior

S'adjunten característiques específiques a l'annexo 5.



Figura 19. Punt d'accés HP MSM422

### Controlador de mobilitat HP MSM765 zI Mobility Controller.

El controlador de mobilitat ajusta els punts d'accés per evitar conflictes i aconseguir mantenir el nivell de cobertura. Utilitza de manera dinàmica tots els canals disponibles.

Característiques:

- Facilitat d'ús, escalabilitat i redundància
- Arquitectura millorada pel disseny de xarxa flexible
- IEEE 802.11a/b/g/n AP y suport de dispositius d'accés
- Integral de seguretat de WLAN
- Aparells i fulla de factors de forma

S'adjunten característiques específiques a l'annex 6



Figura 20. HP MSM765 zI Mobility Controller

### Aplicació exemple per xarxa local sense fils

Una aplicació possible de la xarxa local sense fils (WiFi) és l'ús de l'equip Infinity M300 al departament de Cardiologia, un dispositiu de telemetria de grandària reduïda i compacte per monitoritzar als pacients, aconseguix minimitzar les connexions (un únic cable i un pulsímetre) permeten la mobilitat dels pacients hospitalitzats per les zones habilitades del recinte hospitalari transmeten dades a la central per la xarxa local sense fils.

És un sistema de monitoreig (telemetria) amb certificació WiFi per la WiFi Alliance. Interoperabilitat estàndards 802.11b i 802.11g. Compatible amb WPA2, estàndard de xifrat.



Figura 21. Dispositiu Infinity M300



## 7. Valoració econòmica equips xarxa

La valoració econòmica cataloga els equips necessaris per implementar la xarxa metropolitana sense fils i la xarxa local sense fils i facilita els seus preus.

### 7.1 Valoració econòmica equips xarxa metropolitana sense fils

Es presenta la valoració econòmica dels equips seleccionats de la marca Alvarion per implementar la xarxa metropolitana sense fils basada en la tecnologia WiMax.

Estació base BreezeMAX Extreme 5000 1.5 model MIMO de sector únic 2x2

<b>Producte</b>	<b>Base Station – B-MAX Extreme – 5,47-5,95GHZ</b>
<b>Model</b>	XTRM-BS-1DIV-5.4_Ext
<b>Descripció</b>	BMAX Extreme BTS, sector únic 2x2, banda 5.47-5.95GHz
<b>Preu</b>	<b>8.350,00€ PVP</b>

Estació remota BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000

<b>Producte</b>	<b>Subscriber Units - BreezeMAX 5000 Series - Outdoor SU</b>
<b>Model</b>	XTRM-SU-OD-1D-4,9-UL-A
<b>Descripció</b>	1 unitat de dades de subscriptor con 16dBi en antena integrada de doble inclinació, banda 5.47-5.95GHz
<b>Preu</b>	<b>400,00€ PVP</b>

AlvariCRAFT, software pel control de l'estació base

<b>Producte</b>	<b>STAR management suite – management S/W</b>
<b>Model</b>	AlvariCRAFT
<b>Descripció</b>	AlvariCRAFT Replica-la LCT para una única llicència de uso AlvariCRAFT gestiona una única estació base
<b>Preu</b>	<b>1.580,00€ PVP</b>

Unitat de Subscriptor Vehicular 5000

<b>Producte</b>	<b>Subscriber Units - BreezeMAX 5000 Series – Vehicular SU</b>
<b>Model</b>	Vehicular SU XTRM-K2-1D-4,9
<b>Descripció</b>	Vehicular outdoor subscriber radio unit banda 5.47-5.95GHz
<b>Preu</b>	<b>1040,00€ PVP</b>

BreezeMAX Networking and Voice Gateway (NG-VG)

<b>Producte</b>	<b>Subscriber Units - BreezeMAX 5000 Series - Outdoor SU</b>
<b>Model</b>	Networking and Voice Gateway (NG-VG)
<b>Descripció</b>	Unitat de treball en xarxa i gateway de veu
<b>Preu</b>	<b>100,00€ PVP</b>

## 7.2 Valoració econòmica equips local sense fils

Es presenta la valoració econòmica dels equips seleccionats de la marca HP per implementar la xarxa local sense fils basada en la tecnologia WiFi.

### Punt d'accés HP MSM422

<b>Producte</b>	<b>Punt d'accés sèrie HP MSM-802.11n</b>
<b>Model</b>	HP MSM422 (J9359B)
<b>Descripció</b>	Punt d'accés mòbil de serveis múltiples ProCurve
<b>Preu</b>	<b>369,00€ PVP</b>

### Controlador de mobilitat HP MSM765 zl Mobility Controller

<b>Producte</b>	<b>Controller sèrie HP MSM</b>
<b>Model</b>	HP MSM765 zl Mobility Controller (J9370A)
<b>Descripció</b>	Controlador HP ProCurve MultiService Mobility
<b>Preu</b>	<b>4.500,00€ PVP</b>

## 8. Conclusions

El treball de fi de carrera és una activitat molt enriquidora intel·lectualment, es necessita el coneixement de múltiples facetes per poder desenvolupar-la. El guió de la planificació inicial deixa pas a idees noves, modificacions i correccions constants que fan del projecte un repte personal.

La motivació i la possibilitat de desenvolupar un projecte han estat els factors més positius, en canvi, el marge de temps i la limitació en la dedicació han estat els obstacles més significatius.

La reflexió, una vegada finalitzat, és la extrema importància que tenen les tecnologies de la informació i comunicació en els sistemes d'atenció sanitària, a tots els nivells, destacant per damunt de tota la possibilitat de millorar la qualitat de vida dels pacients.

Al llarg de l'elaboració del projecte es confirma que l'aplicació de les xarxes telemàtiques al sector sanitari és un fet. Els centres hospitalaris són conscients de que la integració d'aquestes xarxes suposa una via per millorar la qualitat de la atenció a l'usuari i optimitzar els processos de treball de tot el personal de l'hospital.

El projecte reflexa la importància del factor econòmic, el desenvolupament de les xarxes metropolitanes sense fils mòbils es concentra en equips per bandes llicenciades, el motiu és que més del 95% dels clients en aquesta tecnologia és fixa i els fabricants no veuen un volum suficient per realitzar una fabricació rentable en bandes lliures.

En el projecte no es contempla la possibilitat d'obtenir una llicència pel seu elevat cost, i es pren la decisió de no oferir el servei de consulta remota de informació clínica des de fora de l'hospital. Després de consultar als professionals del sector, ratifiquem que cap fabricant pot garantir una tecnologia en banda lliure que doni solució a aquest servei.

La xarxa telemàtica es dissenya amb l'aplicació dels conceptes teòrics i sabem que existeixen uns equips en banda lliure que fan possible la implementació real dels altres serveis de telemedicina mòbils.

Aconseguir la informació necessària pel projecte, sigui de l'Hospital Moisès Broggi o dels diferents fabricants ha esdevingut un treball paral·lel, no tant per la negativa de facilitar dades, si no per les estructures jeràrquiques i les responsabilitats derivades.

El disseny de la xarxa telemàtica per a nous serveis de telemedicina mòbils a l'Hospital Moisès Broggi garanteix que el projecte és viable en la part tècnica i en la part econòmica.

## 9. Glossari

- AP. Punt d'accés.
- ATM. Mode de transferència asíncrona.
- BPSK. Modulació per desplaçament de fase
- BS. Estació base.
- CCMP. Protocol d'encryptació d'IEEE 802.11i.
- CDMA. Accés múltiple per divisió de codi.
- CMBD. Conjunt mínim bàsic de dades.
- CNAF. Quadre nacional d'atribució de freqüències.
- CPE. Unitat d'usuari.
- CSMA/CA Accés múltiple per detecció de portadora amb evasió de col·lisions.
- CTS. Resposta d'un equip, lliure per enviar.
- DMZ: Xarxa zona desmilitaritzada.
- EAP Protocol de comunicacions
- EMC. Compatibilitat electromagnètica.
- FDMA. Accés múltiple per divisió de freqüència.
- GPRS. Servei general de paquets via ràdio.
- HARQ. Sol·licitud de repetició automàtica híbrida, control d'errors.
- HP. Hewlett-Packard.
- IEEE. Institut d'estàndards electrònics internacional.
- ID. Identificació de xarxa.
- IP. Protocol d'Internet
- LOPD. Llei orgànica de protecció de dades de caràcter personal.
- LOS. Línea de visió directa.
- MAC. Capa d'accés al medi.
- MIMO. Múltiple entrada múltiple sortida
- MRC. Combinació de màxim guany.
- NLOS. Sense línea de visió directa.
- OFDM. Multiplexació per divisió de freqüència ortogonal.
- OFDMA. Accés per multiplexació per divisió de freqüència ortogonal
- OSI. Arquitectura d'interconnexió de sistemes de comunicacions.
- PaP. Punt a punt
- PDA. Assistent digital personal
- PHY. Capa física
- PmP. Punt a multipunt.
- PoE. Alimentació a través d'Ethernet.
- QAM. Modulació d'amplitud en quadratura.
- QoS. Qualitat i servei.

- QPSK. Modulació per desplaçament de fase.
- RTS. Demanar permís per transmetre.
- TCP/IP. Protocol de xarxa.
- TDM.. Multiplexació per divisió de temps.
- TDMA. Accés múltiple al canal de transmissió per divisió de temps.
- TIC. Tecnologia de la informació i la comunicació.
- UMTS. Servei universal de telecomunicacions mòbils.
- VoIP. Veu sobre protocol d'Internet o telefonia IP.
- VLAN. Xarxa d'àrea local virtual.
- VPN. Xarxa privada virtual
- VSU. Unitat de subscriptor vehicular.
- WAN. Xarxa de gran abast.
- WEB. Xarxa informàtica mundial.
- WEP. Sistema de xifrat inclòs a l'estàndard IEEE 802.11.
- WiFi. Fidelitat sense fils.
- WiMax. Interoperabilitat mundial per accés per microones.
- WLAN. Xarxa d'àrea local sense fils.
- WPA. Sistema per protegir les xarxes sense fils.
- WPA2. Sistema per protegir les xarxes sense fils basat a l'estàndard 802.11i.

## 10. Bibliografia

**Enric López i Rocafiguera: Qualitat de servei en xarxes interconnectades.**  
UOC P07/19017/02821

**Antonio Satué Villar: Xarxes locals i metropolitanes sense fils.**  
UOC P07/19015/00421

**Pere Barberán Agut: Disseny de xarxes WAN i noves tecnologies.**  
UOC P07/19017/02822

**Malcom Bain: Aspectes legals del projecte tecnològic.**  
UOC P07/19016/02550

**Antonio Satué Villar: Comunicacions sense fils.**  
UOC P07/19015/00419

**Marc Bara Iniesta: Entorn en la gestió de projectes.**  
UOC P07/19016/00333

**Santiago Codolà Vilahur: Metodologia i gestió de projectes TIC.**  
P07/19016/00335

**Antoni Pérez Navarro: Treball dinal de carrera.**  
UOC XP08/19018/00443

<http://www.wimaxforum.org>

<http://www.alvarion.com>

<http://www.albentia.com>

<http://www.hp.com>

<http://www.draeger.com>

<http://www10.gencat.cat>

<http://www.csi.cat>

## 11. Annexos

### Annex A. Referències tècniques

[1]<http://www.juniper.net/uk/en/products-services/security/ssg-series/ssg350m/>

[2]<<http://bluecoat.com/products/proxysg>>

[3]<<http://www.trendmicro.com/us/enterprise/network-security/interscan-message-security/index.html>>

[4]<<http://www.citrix.com/English/ps2/products/product.asp?contentID=15005>>

### Annex B. Especificacions tècniques

#### Annex B.1. Estació base BreezeMAX Extreme 5000 1.5:

#### Specifications

#### Radio & Modem

Unit type	All outdoor base station	
Configuration options:	Single sector MIMO – integrated / external antenna Single sector SISO+ – integrated / external antenna Dual sector SISO – external antenna	
Frequency	<b>Base station</b> 4900-5350 MHz 5470-5950 MHz	<b>CPE</b> 4900-5950 MHz
Channel bandwidth	5 MHz, 10 MHz, 2x10 MHz	5 MHz, 10 MHz
Number of channels	MIMO: 2Rx, 2Tx SISO: 1Rx, 1Tx	2Rx, 1Tx
Radio access method	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	
Operational mode	TDD	
Central frequency resolution	2.5 MHz (for 5 MHz channel), 5 MHz (for 10,2x10 MHz channel)	
FFT size	512/1024	
Supported modulation	QPSK 1/2, 3/4 + Rep QAM16 1/2, 3/4 QAM64 2/3, 3/4, 5/6	
Air link optimization support	HARQ, CTC, compressed DL / UL Maps.	
Diversity	2x2, MIMO Matrix A, MRC, MIMO Matrix B	

#### Transmit Power

Transmit power	<b>Base Station</b> 0-21 dBm, 1dB resolution	<b>CPE</b> QAM64: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm ATPC of 20 dB, 1 dB resolution
Integrated antenna gain	14.5 dBi	16 dBi

#### Security

Authentication	Centralized over RADIUS, MS chap v.2 EAP TTLS over RFC-2865
Data encryption	AES WIMAX 16e

#### Interfaces

Network	IEEE 802.3 CSMA/CD
Standard compliance	10/100 Mbps, half/full duplex with auto negotiation
Data interface	In: PoE (55V DC) In: 48V DC Out: PoE (55V DC) feeding backhaul CPE
Power	Antenna (TNC), receiver integrated in unit
GPS	GPS chaining support

## Mechanical

	Base Station	CPE
Dimensions (H x D x W)	51 x 28 x 14.7 cm	23 x 23 x 6.3 cm
Weight		
Extreme 5000 unit	11 kg	2 kg
Mounting Kit	5 kg	

## Environmental

Operating temperature	-40°C to 55°C
Operating humidity	5%-95% non condensing, weather protected

## Standard Compliance

EMC	ETSI EN 301 489-1, FCC p15
Safety	CE EN 60950-1/22, UL 60950-1/22
Environmental	ETS 300 019 part 2-1, 2-2, 2-4, IP67
Radio	ETSI EN 302 326, ETSI EN 301 390 ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502 FCC part 15.247, FCC part 15.407, RSS-111, RSS-210
Humidity	ETSI 300 019-2-4 Class T4.1E (IEC-60068-2-56)
Regulatory compliance	ROHS

\* Not available in North America

## Annex B.2 Estació remota BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000

### Radio & Modem

Parameter	Value
WiMAX certification	WiMAX Forum 802.16e Wave 2 ready
Frequency	4900-5950GHz
Radio Access Method	Scheduled
Channel bandwidth (software selectable)	5Mhz 10Mhz
Duplexing Technologies	TDD
Antenna	Integral dual polarization antenna, 16dBi, 15°AZ x 15°EL.
Modulation Techniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scalable OFDMA (512/1024 FFT) employing Time-Division Duplex (TDD) mechanism</li> <li>PRBS subcarrier randomization</li> <li>Contains pilot, preamble, and ranging modulation</li> </ul>
FEC Coding Rates	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Radio Technology	Single Tx, Double Rx Downlink Rx methods: MIMO Matrix A, MRC, SISO
Maximum Output Power <sup>1</sup> (At antenna port)	64QAM: 18dBm 16QAM: 20dBm QPSK: 21dBm
ATPC range	-20dBm to maximum



## Configuration and Management

Management Options	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web based (HTTP/HTTPS)</li> <li>• TR-069</li> <li>• TFTP</li> </ul>
Management access	From Wired LAN, Wireless Link
Management access protection	Access password
Allocation of IP parameters	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAN – configurable</li> <li>• WAN – DHCP, option 43, 60</li> </ul>
Software upgrade	HTTP/TFTP, controls by TR069
Configuration Upload/Download	HTTP/TFTP, controls by TR069 or web

## Data Communications and services

LAN interface	IEEE 802.3, 802.1Q, 802.1P IP CS bridge mode with transparent DHCP traffic Selective Proxy ARP
Air Interface	IEEE 802.16e IP CS with traffic classifier DSCP. Eth. CS (future release)

## Electrical

AC power supply	Input: 100-240 VAC, 50-60 Hz, maximum power consumption 0.5A, Output: 55VDC, maximum power consumption 1A  Power consumption with 70% duty-cycle 4.5W
MTBF	200,000 hrs for indoor and outdoor, GB 25°C Calculated Per Bellcore SR332

## Environmental

### Indoor Unit

Operating Temperature	-5°C to 45°C
Storage Temperature	-40°C to 70°C
Humidity	Maximum 95%, non condensing

## Interfaces

Ethernet Port	RJ-45 PoE
SAU Port	Mini USB connector with proprietary protocol

## Mechanical

### Indoor Unit

Dimensions	156mm (L) X 60mm (W) X 33mm (T)
Weight	0.32 Kg
Mounting	Desktop
Cabling	PoE cable connection

### Outdoor Unit

Dimensions	230mm (H) X 230mm (W) X 63 (T) mm
Weight	2 Kg
Mounting	Pole-Mount
Cabling	Category 5 cable connection

### Outdoor Unit

Operating Temperature	-40 <sup>0</sup> C to 55 <sup>0</sup> C
Storage Temperature	-40 <sup>0</sup> C to 70 <sup>0</sup> C
Humidity	Maximum 95%, non condensing
Rain	IEC 67
Random Vibrations	IEC 68-2-64
Shock	IEC-68-2-29
Salt Fog	IEC-68-2-11
Ice Loading	25mm radial ice density 7kN/m <sup>3</sup>
Solar Radiation	IEC-68-2-5, MIL-STD-810D
Wind Speed	160Km/Hr required for antenna stability under operation

## Standard Compliance

Type	Standard
EMC	FCC part 15B Class B EN 55022 Class B ETSI EN 301 489-1/4
Safety	IEC/EN 60950-1/-22 UL 609501-1/-22
Standards	EN 302 326 EN 301 893 v1.5.1 FCC p.27
Environmental	ETS 300 019 part 2-1,2-2,,2-4 IP67
Radio Signal	IEEE 802.16e-2005 WAVE 1 and WAVE 2 IEEE 802.3-2005 10BASE-T and 100BASE-TX FCC-06-96A1
Regulatory compliance	ROHS, WEEE

## Annex B.3 Unitat de Subscriptor Vehicular 5000:

## Specifications

		VSU 5000	VSU 3600	VSU 3500	VSU 2500
<b>System</b>	<b>System Interoperability</b>	BreezeMAX Extreme	BreezeMAX Extreme BreezeMAX 4Motion	BreezeMAX 4Motion	BreezeMAX 4Motion
<b>Radio &amp; Modem</b>	<b>Frequency</b>	4.9-5.9 GHz	3.6-3.8 GHz	3.4-3.6 GHz	2.496-2.690 GHz
	<b>Channel BW</b>	5,10 MHz	5,7,10 MHz	5,7,10 MHz	5,10 MHz
	<b>Max Tx Power*</b>	QAM64: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm ATPC of 20 dB, 1 dB resolution	QAM64: 24 dBm QAM16: 27 dBm QPSK: 27 dBm	QAM64: 24 dBm QAM16: 27 dBm QPSK: 27 dBm	QAM64: 24 dBm QAM16: 27 dBm QPSK: 27 dBm
	<b>Radio Access Method</b>	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)			
	<b>Operational Mode</b>	Scheduled, TDD			
	<b>Supported Modulation</b>	QPSK 1/2, 3/4 + Rep QAM16 1/2, 3/4 QAM64 2/3, 3/4, 5/6			
	<b>Air Link Optimization Support</b>	HARQ, CTC, compressed DL / UL Maps			
	<b>Diversity</b>	2 Rx x1 Tx, MIMO Matrix A, MRC, MIMO Matrix B			
<b>Security</b>	<b>Authentication</b>	Centralized over RADIUS, EAP-TTLS, PKMv2, MSCHAP authentication, over RFC-2865			
	<b>Data Encryption</b>	AES 128 per WiMAX 16e			
<b>Interfaces</b>	<b>Network Standard Compliance</b>	IEEE 802.3 CSMA/CD			
	<b>Data Interface</b>	10/100 Mbps, half/full duplex with auto negotiation			
	<b>Power In</b>	12-32 VDC			
	<b>Antenna Ports</b>	2 N-Type antenna connectors			
<b>Mechanical</b>	<b>Dimensions</b>	321 X 247 X 73 (mm)			
	<b>Weight</b>	3 kg			
	<b>Mounting</b>	Wall/surface mounting, pole mount			
<b>Electrical</b>	<b>Power Consumption</b>	18W			
	<b>Power Feed Tolerance</b>	Automatic shut down: Input is less than 9VDC   Input is higher than 36VDC Reverse Polarity Protection			
	<b>MTBF</b>	200,000 hrs, GB 25°C (Calculated Per Bellcore SR332)			
<b>Environmental</b>	<b>Operating Temperature</b>	-35 to 55 °C			
	<b>Storage Temperature</b>	-40 to 70 °C			
	<b>Humidity</b>	5% to 95%, non condensing			
<b>Standard Compliance</b>	<b>Radio</b>	ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502 FCC part 15.247, FCC part 15.407, FCC part 90, Comply RSS-111, RSS-210	EN 302 326 FCC Part 90, Comply RSS-197	EN 302 326 Comply RSS-192	EN 302 544-2 FCC p 27 Comply RSS-139
	<b>EMC</b>	ETSI EN 301 489-1/4, FCC part 15B Class B			
	<b>Safety</b>	CE EN 60950-1/-22, UL 609501-1/-22			
	<b>Shocking &amp; Vibration</b>	ETSI EN 300 019-2-5 (5M3)			
	<b>Environmental</b>	IP67, ETS 300 019 part 2-1, 2-2, 2-4			
	<b>Humidity</b>	ETSI 300 019-2-4 Class T4.1E (IEC-60068-2-56)			
	<b>Regulatory Compliance</b>	ROHS, WEEE			

## Annex B.4 BreezeMAX Networking and Voice Gateway (NG-VG):

## Hardware Specifications

### VoIP

#### VoIP Voice Features

Adaptive Jitter Buffer, Voice Activity Detection  
 Comfort noise generation, caller ID detection/generation  
 Call progress tone  
 Codecs: G.711 A/u , G.729a  
 G.168 echo cancellation  
 T.38 fax , G3 fax/modem tone detection and auto-fallback to G.711

### I/O Ports

#### Physical Interfaces

10/100 BaseT RJ-45 ports for WAN interface with proprietary PoE  
 4 10/100 BaseT RJ-45 ports for LAN interface  
 2 RJ-11 ports for FXS  
 1 Wi-Fi antenna  
 1 power jack (3-wire, 55VDC, 12VDC, GND)  
 1 reset switch

#### LED Indicators

LAN status  
 WAN status  
 FXS status  
 Wi-Fi link status  
 Power on/off

### WiFi Standard

#### Standard Compliance

802.11b 14dBm  
 802.11g 15dBm

### WiFi Radio

#### Antenna System (WiFi)

External 3 dBi omni antenna

## Software Specifications

### Networking

IPv4  
 UDP for IPv4  
 TCP v4  
 Address Resolution Protocol (ARP)  
 VLAN tagging per service  
 UPnP (Universal Plug & Play)  
 DHCPv4 runtime client  
 DHCPv4 server  
**DHCP Applications**  
 DHCPv4 runtime client  
 DHCPv4 server  
**PPP Support**  
 PPPoE (RFC 2516)  
**NAT/NAPT Features**  
 Application Level Gateways (ALGs)  
 - TFTP  
 - FTP  
 - SIP

#### Network Applications

- IP Routing  
 - Port Forwarding  
 - DMZ Host  
 - SNTP client

#### Firewall Features

- Denial of service attack  
 - TCP/IP/port/interface filtering rules  
 - MAC layer filtering  
 - Day-time parental control

#### VoIP Protocol, Stack and Call Features

- SIP support  
 - SIP V2 (RFC3261), SDP (RFC2327) standards  
 - RTP/RTCP (RFC1889) support  
 - Call hold, call waiting, call forwarding, caller ID  
 - Call transfer, call conference support

#### Management

Local configuration  
 - Web  
 - Local web software upgrade  
 SNMP  
 - SNMP v1/v2c agent  
 - SNMP MIBs: MIB-II

### Wi-Fi Features

#### Security

WEP encryption: 64 Bit, 128 Bit ,EAP-WPA2  
**SSID**  
 Support SSID

### Environmental

#### Operating Temperature

0°C to 45°C

#### Operating Humidity

5% ~ 95% non-condensing

#### Storage Temperature

-40°C to 65°C

#### Storage Humidity

10% - 90%

### Power Consumption

#### Power consumption (Max)

12W

### Certification

**EMC** FCC Part 15 class B

**Radio** FCC Class B

**Safety** EN60950

#### Certification

CE

#### Recycling

WEEE-compliant

Green Initiative

RoHS-compliant

### Physical

#### Dimension (HxWxD)

231x36x136 mm

## Annex B.5 Punt d'accés HP MSM422

## Especificacions Tècniques:

Especificaciones técnicas	
Puertos	1 puerto RJ-45 10/100/1000 de detección automática (IEEE 802.3 tipo 10Base-T, IEEE 802.3u tipo 100Base-TX, IEEE 802.3ab tipo 1000Base-T), tipo de soporte: MDIX automático, dúplex: 10Base-T/100Base-TX: semi o completo; 1000Base-T: sólo completo; 1 puerto de consola RS-232C DB-9
UNKNOWN	(2) Integrado, de doble banda, omni, (3) IEEE 802.11n 3x3 MIMO fija, 2 x IEEE 802.11a/b/g (diversidad)
Seguridad	UL 2043; UL 60950-1; IEC 60950-1; EN 60950-1; CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1
Compatibilidad electromagnética	EN 55022 Clase B; EN 60601-1-2; EN 301 489-1; EN 301 489-17; ICES-003 Clase B; FCC apartado 15 Clase B
Requisitos de energía y operación	
Consumo energético	12 W (máximo)
Margen de temperaturas operativas	0 a 50° C
Intervalo de humedad en funcionamiento	Del 5 al 95% (sin condensación)
Dimensiones y peso	
Dimensiones (An x F x Al)	17,02 x 22,35 x 6,6 cm
Peso	1,8 kg

## Especificacions generals:

1 RJ-45 autosensing 10/100/1000 port (IEEE 802.3 Type 10BASE-T, IEEE 802.3u Type 100BASE-TX, IEEE 802.3ab Type 1000BASE-T)

Media Type: Auto-MDIX

Duplex: 10BASE-T/100BASE-TX: half or full; 1000BASE-T: full only

1 RS-232C DB-9 console port

Dual (a/b/g + a/b/g/n)

Client access, Local mesh, Packet capture

Autonomous and controlled

a/b/g/n Wi-Fi Certified

2.412 - 2.472 GHz (1 - 13 (for both the n radio and the a/b/g radio) channels)

5.180 - 5.240 GHz (36 - 48 (for both the n radio and the a/b/g radio) channels)

5.260 - 5.320 GHz (52 - 64 (for the n radio only) channels)

5.500 - 5.700 GHz (100 - 140 (excluding 120, 124 and 128 for the n radio only) channels)

### Característiques Físiques

6.7(d) x 8.8(w) x 2.6(h) in. (17.02 x 22.35 x 6.6 cm)

3.97 lb. (1.8 kg) mounting bracket

Indoor, plenum rated

### Memòria i processador

Single Core @ 384 MHz, 128 MB flash, 128 MB SDRAM

### Muntatge

Includes two Mounting Clips

### Medi ambient

32°F to 122°F (0°C to 50°C)

5% to 95%, noncondensing

-40°F to 176°F (-40°C to 80°C)

5% to 95%, noncondensing

### Característiques elèctriques

IEEE 802.3af PoE compliant; IEEE 802.3af PoE for Gigabit Ethernet or external power supply available as accessory.

12 W

(3) IEEE 802.11n RP-SMA, 1 IEEE 802.11a/b/g RP-SMA

Integrated, dual-band, omnidirectional, 3 x IEEE 802.11n fixed 3x3 MIMO, 2 x 802.11a/b/g (diversity)

6

4

### Banda de freqüències i canals d'operació

#### FCC

2.412 - 2.462 GHz (1 - 11 (for both the n radio and the a/b/g radio) channels)

5.180 - 5.240 GHz (36 - 48 (for both the n radio and the a/b/g radio) channels)

5.260 - 5.320 GHz (52 - 64 (for the n radio only) channels)

5.500 - 5.700 GHz (100- 140 (excluding 120, 124 and 128 for the n radio only) channels)

5.745 - 5.825 GHz (149 - 165 (for both the n radio and the a/b/g radio) channels)

#### EN

#### RCR

2.412 - 2.472 GHz (1 - 13 (for both the n radio and the a/b/g radio) channels)

5.170 - 5.230 GHz (34 - 46 (for the a/b/g radio only) channels)

5.180 - 5.240 GHz (36 - 48 (for the n radio only) channels)

5.260 - 5.320 GHz (52 - 64 (for the n radio only) channels)

5.500 - 5.700 GHz (100 - 140 (for the n radio only) channels)

#### Ràdio

FCC Part 15.247

## Seguretat

UL 2043UL 60950-1IEC 60950-1EN 60950-1CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1

## Exposició RF

FCC Bulletin OET-65CRSS-102

## Característica

Dual radio: IEEE 802.11n for high-throughput applications and IEEE 802.11a/b/g for legacy support :

Integrated antennas for both IEEE 802.11a/b/g (diversity) and 802.11n (3x3 MIMO) :

Accepts external IEEE 802.11a/b/g (non-diversity) and 802.11n (3) antennas :

Will operate both radios; full power on IEEE 802.3af PoE for Gigabit Ethernet :

## Annex B.6 Controladora de mobilitat HP MSM765 zl Mobility Controller

## Especificacions Tècniques:

Especificaciones técnicas	
Instalación	Se puede instalar en uno de los siguientes chasis: HP 5406 zl (J8697A), 5412 zl (J8698A) y 8212 zl (J8715A)
Seguridad	UL 60950-1; CAN/CSA 22.2 No. 60950-1; IEC 60950-1; EN 60950-1
Compatibilidad electromagnética	FCC parte 15 Clase A; EN 55022 Clase A; CISPR 22 Clase A; ICES-003
Requisitos de energía y operación	
Consumo energético	80 W (máximo)
Voltaje de entrada	De 100 a 240 V CA
Corriente de entrada de funcionamiento	0,1/0,4 A
Frecuencia de entrada	50/60 Hz
Alimentación	100-127 Vca/200-240 Vca; 50/60 Hz
Margen de temperaturas operativas	De 0 a 45°C
Intervalo de humedad en funcionamiento	15 a 95% a 131°F (55°C), (sin condensación)
Dimensiones y peso	
Dimensiones mínimas (P x A x L)	26,16 x 20,65 x 4,45 cm
Peso	0,93 kg

## Especificacions generals:

## Característiques físiques

10.3(d) x 8.13(w) x 1.75(h) in. (26.16 x 20.65 x 4.45 cm)

2.05 lb. (0.93 kg)

## Muntatge

Can be installed in any of the following chassis: HP 5406 zl (J8697A), 5412 zl (J8698A), and 8212 zl (J8715A)

## Medi ambient

32°F to 113°F (0°C to 45°C)

15% to 95% @ 131°F (55°C), noncondensing

-40°F to 158°F (-40°C to 70°C)

15% to 95%, noncondensing

## Seguretat

UL 60950-1CAN/CSA 22.2 No. 60950-1IEC 60950-1EN 60950-1

## Característica

**Supported: :**

- IEEE 802.11 n/a/b/g access points and/or access devices
- 40 to 200 access points and/or access devices (in increments of 10 or 40)
- MSM firmware releases prior to MSM v5.7: 1,000 simultaneous guest access users upgradable in increments of 250 per 40-AP license pack, up to a maximum of 2,000 guest access users
- MSM v5.7 and later: 2,000 simultaneous guest access users with base product

**Included services: :**

- Plug-and-play AP management and WLAN management
- Guest access
- Captive portal
- PCI DSS compliance for wireless PoS traffic
- Support for Real-Time Location Services (RTLS)
- Advanced fast roaming with VoWLAN support
- Mobility Traffic Manager (MTM)
- Support for up to 64 VSC profiles
- Unified policy enforcement and network visibility
- Virtual controller (up to five MSM765 zl controllers and 800 APs with resiliency)