

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**IDENTIFICACIÓ, MESURA I ANÀLISI DE LA CONTAMINACIÓ
ELECTROMAGNÈTICA AL TECNOCAMPUS**

Memòria

Eric Marín Valdivielso
PONENT: Virginia Espinosa Duró

PRIMAVERA 2015



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Agraïments

En primer lloc m'agradaria agrair a la ponent d'aquest projecte, Virginia Espinosa Duró, la seva total implicació en el projecte, el seu oferiment i disponibilitat a donar un cop de mà sempre que s'han necessitat consells o uns altres punts de vista diferents als meus, a més de realitzar un seguiment exhaustiu del treball fet del projecte.

En un segon lloc, però no menys important, m'agradaria agrair al tècnic de l'ajuntament de Mataró especialitzat en contaminació electromagnètica, Francesc Gómez Moreno, per tots els consells, ajuda desinteressada i coneixements que m'ha aportat per poder realitzar i portar a bon port el projecte en qüestió.

Resum

En aquest projecte es realitza un exhaustiu estudi sobre el conjunt d'emissions electromagnètiques no ionitzants d'alta freqüència presents en el recinte universitari del TecnoCampus. Per tant, s'identifiquen i s'analitzen aquelles principals fonts de contaminació electromagnètica, com ara els equips emissors Wi-Fi, els telèfons mòbils i els forns microones, duent a terme un conjunt de mesuraments per saber el nivell de radiació emès per cadascuna d'aquestes fonts.

Finalment, s'obtenen tots els resultats dels mesuraments realitzats i es comprova que es compleix rigorosament la normativa vigent per acabar validant el recinte universitari com a zona segura.

Resumen

En este proyecto se realiza un exhaustivo estudio sobre el conjunto de emisiones electromagnéticas no ionizantes de alta frecuencia existentes en el recinto universitario del TecnoCampus. Por lo tanto, se identifican y se analizan aquellas principales fuentes de contaminación electromagnética, como ahora equipos emisores Wi-Fi, los teléfonos móviles y los hornos microondas, llevando a cabo una serie de mediciones para saber el nivel de radiación emitido por cada una de estas Fuentes.

Finalmente, se obtienen todos los resultados de las mediciones realizadas y se comprueba que se cumple la normativa vigente para acabar validando el recinto universitario como zona segura.

Abstract

In this project the Non-Ionizing Electromagnetic High Frequency Emissions in university campus are studied. Therefore, those main sources of electromagnetic pollution are identified and analysed, as now Wi-Fi connection, mobile phones and microwave ovens, performing the corresponding measurements to know the radiation level emitted by each of these sources.

Finally, all results of measurements made are obtained and it verifies that the current legislation is respected to finish validating the university campus as safe zone.

Índex.

| | |
|--|-----|
| Índex de figures..... | III |
| Índex de taules..... | V |
| Glossari de termes..... | VII |
| 1. Objectius..... | 1 |
| 1.1. Propòsit..... | 1 |
| 1.2. Finalitat..... | 1 |
| 1.3. Objecte..... | 1 |
| 1.4. Abast..... | 1 |
| 2. Introducció al projecte..... | 3 |
| 3. Marc teòric..... | 7 |
| 3.1. Antecedents i necessitats d'informació..... | 7 |
| 3.1.1. Prefaci..... | 7 |
| 3.1.2. Estudis realitzats..... | 9 |
| 3.1.3. Possibles efectes adversos en la salut..... | 11 |
| 3.1.4. Normativa i legislació vigent..... | 14 |
| 3.1.5. Unitats i nivells màxims permesos d'exposició a camps EM..... | 15 |
| 3.2. Aspectes tècnics a considerar..... | 17 |
| 3.2.1. Tipus de models Wireless Access Point..... | 18 |
| 3.2.2. Distància del punt de mesurament..... | 20 |
| 3.2.3. Nivells de referència i nivells de decisió..... | 21 |
| 4. Estudis dels nivells de contaminació EM al TCM..... | 23 |
| 4.1. Disseny dels experiments..... | 23 |
| 4.1.1. Planning per la connexió Wi-Fi..... | 23 |
| 4.1.2. Planning pels forns microones..... | 25 |
| 4.1.3. Planning pels telèfons mòbils..... | 25 |
| 4.2. Procés d'adquisició i processat del senyal..... | 26 |
| 4.3. Mètodes utilitzats per a l'adquisició i processat del senyal..... | 27 |

| | |
|--|----|
| 4.4. Protocol a seguir per a la correcta realització dels mesuraments..... | 28 |
| 5. Resultats obtinguts..... | 33 |
| 5.1. Connexió Wi-Fi..... | 33 |
| 5.2. Telèfons mòbils..... | 34 |
| 5.3. Forns microones..... | 35 |
| 6. Planificació del projecte..... | 39 |
| 7. Impacte mediambiental..... | 45 |
| 8. Conclusions..... | 47 |
| 9. Referències..... | 51 |

Índex de figures.

| | |
|--|----|
| Fig. 3.1. Relació entre freqüència i longitud d'ona..... | 9 |
| Fig. 3.2. Nivells màxims d'exposició per la població general i àrees de treball..... | 16 |
| Fig. 3.3. Explicació camp proper i camp llunyà..... | 20 |
| Fig. 4.1. Zones mesurades de Wi-Fi en la planta 1 del TCM..... | 24 |
| Fig. 4.2. Elements utilitzats per fer els mesuraments..... | 27 |
| Fig. 4.3. Exemple de mesura realitzada en el TCM..... | 30 |
| Fig. 4.4. Exemple procediment de mesura: primer cas..... | 31 |
| Fig. 4.5. Exemple procediment de mesura: segon cas..... | 31 |
| Fig. 4.6. Diagrama de flux del procés de mesurament..... | 32 |
| Fig. 5.1. Valors que superen el nivell de decisió del forn microones planta 1..... | 36 |
| Fig. 6.1. Diagrama de Gantt..... | 43 |
| Fig. 6.2. Taula de costos..... | 43 |

Índex de taules.

| | |
|---|----|
| Taula 3.1. Nivells màxims d'exposició indicats en intensitat del camp elèctric..... | 16 |
| Taula 3.2. Valors màxims SAR..... | 17 |
| Taula 3.3. Models Wireless Access Point banda única..... | 18 |
| Taula 3.4. Protocols utilitzats..... | 19 |
| Taula 3.5. Models Wireless Access Point banda dual..... | 19 |
| Taula 3.6. Taula nivells referència i nivells de decisió..... | 21 |
| Taula 5.1. Taula dels resultats més significatius del Wi-Fi..... | 33 |
| Taula 5.2. Taula dels resultats més significatius dels telèfons mòbils..... | 34 |
| Taula 5.3. Taula dels resultats més significatius dels forns microones..... | 35 |
| Taula 6.1. Horari de la jornada laboral..... | 41 |
| Taula 6.2. Taula d'activitats..... | 41 |

Glossari de termes.

| | |
|-----------------|--|
| ADN | Àcid D esoxiribonucleic |
| A/m | Ampere/ m etre |
| CD-ROM | C ompact D isc R ead- O nly M emory |
| CEM | Compatibilitat e lectromagnètica |
| cm | C entí m etre |
| dB | D ecibel |
| dB _i | D ecibel isòtrop |
| dB/m | D ecibel/ m etre |
| € | Euros |
| E | E lèctric |
| EM | E lectromagnètic |
| GHz | G igahertz |
| h | Hores |
| H | M agnètic |
| HF | H igh frequency |
| Hz | H ertz |
| IARC | A gència I nternacional d' I nvestigació sobre el C àncer |
| ICNIRP | I nternational C ommission on N on- I onizing R adiation P rotection |
| INIRC | I nternational N on- I onizing R adiations C ommittee |
| IRPA | A ssociació I nternacional per a la P rotecció de les R adiacions |
| kHz | K ilohertz |

| | |
|-------------------|--|
| LF | L ow f requency |
| m | M etre |
| Mbps | M egabit p er s egon |
| MHz | M egahertz |
| ms | M ilisegons |
| OMS | O rganització M undial de la S alut |
| RF | R adiofreqüència |
| RMS | R oot m ean s quare |
| S | Densitat de potència |
| SAR | S pecific A bsorption R ate |
| TCM | T ecno C ampus |
| UE | U nió E uropea |
| USB | U niversal s erial b us |
| V/m | V olts/ m etre |
| W/cm ² | W atts/ c entímetre al quadrat |
| W/m ² | W atts/ m etre al quadrat |

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

Realitzar un exhaustiu estudi sobre la contaminació EM present en el recinte universitari del TCM, identificant, adquirint i analitzant les principals fonts de contaminació EM, com ara els emissors WiFi, els forns microones i els telèfons mòbils.

Es decideix realitzar el present projecte perquè el tema a tractar és un assumpte que està creant molta controvèrsia entre el món científic i la població en general, ja que s'entén que aquests camps EM poden acabar esdevenint un problema de salut pública.

1.2. Finalitat.

Comprovar que es compleix rigorosament la normativa vigent respecte l'emissió d'aquest tipus de radiació EM, per finalment, validar o no el recinte universitari com a zona segura.

1.3. Objecte.

Un cop realitzat l'estudi en profunditat sobre el conjunt d'ones EM no ionitzants HF existents en el recinte universitari TCM, s'obtenen un conjunt de resultats obtinguts dels corresponents mesuraments efectuats que poden ser de gran validesa per a futurs projectes. També s'obté una memòria completa per entendre millor aquest tipus de radiació EM i per saber com realitzar pròxims mesuraments en el cas que fossin necessaris.

1.4. Abast.

Es fa una breu explicació sobre els possibles efectes adversos més estudiats i coneguts en la salut de les persones produïts per aquesta constant radiació. Es duen a terme també els mesuraments corresponents de les principals fonts de contaminació EM, realitzant així un estudi precís de la radiació EM no ionitzant HF per freqüència que existeix en el TCM.

2. Introducció al projecte.

L'actual projecte consisteix en la identificació, detecció i posterior anàlisi de les principals fonts de contaminació EM presents a l'edifici universitari del TCM, entenent que aquestes poden esdevenir un problema de salut pública. Per tant, es vol fer un profund estudi sobre el conjunt d'emissions EM.

Les fonts de contaminació EM que es desitgen estudiar en el present projecte són aquelles que emeten radiacions HF i són no ionitzants, entenent principalment com a fonts HF el WiFi, els telèfons mòbils i els forns microones, ja que tot i que entre la població existeix una creixent preocupació pels problemes ocasionats per línies d'alta tensió, grans transformadors o antenes de telefonia, no succeeix el mateix amb altres aparells domèstics i/o quotidians, com per exemple, els mòbils, la connexió WiFi i forns microones, dels quals s'està rodejat gairebé les 24 hores del dia, i que paradoxalment, irradien en major proporció que les grans instal·lacions, i per tant, poden arribar a suposar un problema per a la pròpia salut.

Aquest tipus de radiacions artificials HF es consideren radiacions no ionitzants, és a dir, no provoquen alteracions en les estructures moleculars dels éssers vius. Però, en qualsevol cas, són varis els estudis científics que han alertat que les radiacions no ionitzants, si les potències d'aquestes són molt elevades i el cos incidit es troba raonablement molt a prop, a més de produir efectes tèrmics, els quals han estat demostrats, poden provocar altres efectes biològics més greus, afectant negativament a la salut, especialment en aquelles persones que puguin ser més sensibles a aquests camps.

Alguns d'aquests efectes biològics que es poden produir i que alguns estudis han alertat són: alteracions en el son, mals de cap, depressions, cansament, fatiga, pèrdues de memòria, afectació del sistema immunològic, danys en el propi ADN, tumors cerebrals i càncer, especialment del tipus leucèmia.

En resum, es pretén dur a terme un estudi sobre la contaminació EM al TCM valorant que en aquest complex passen diàriament al voltant de 3000 persones, entre professors, alumnes, personal d'administració, serveis i personal extern [Annex I], i per tant es troben sobretot sota la influència de les ones emeses pels equips Wi-Fi instal·lats per tot el recinte universitari, i el 95% d'aquestes persones porten mòbil a sobre. Per fer aquest estudi, es tenen en compte principalment aquelles fonts emissores d'ones EM no ionitzants HF i es

realitzen una sèrie de mesuraments mitjançant el dispositiu de mesura adequat, tot basant-se en la legislació vigent que fa servir el Govern de Catalunya, que a la vegada segueix el Principi de Precaució (es tracta d'un protocol d'actuació que es comenta més detalladament al capítol 3), per finalment determinar si es compleix la normativa, i per tant, validar o no l'emplaçament o zona d'estudi com a zona segura. Depenent dels resultats, es determinarà si aquestes radiacions d'espectre EM poden suposar o no un problema de salut pels usuaris del TCM.

A més, en el projecte a realitzar s'han definit uns objectius molt clars que s'esmenten esquemàticament a continuació:

- Identificar les fonts de contaminació EM.
- Dissenyar els experiments per adquirir i processar les radiacions EM no ionitzants HF emeses en el recinte del TCM i caracteritzar l'espectre EM de les freqüències mesurades.
- Validació del nivell de contaminació EM en el compliment de la normativa vigent.

Pel que fa al que es vol aconseguir en l'actual projecte, es defineix l'abast del projecte de la següent manera:

- Fer una breu explicació sobre els possibles efectes adversos en la salut de les persones produïts per la constant radiació d'ones EM no ionitzants HF. S'analitzaran en detall els principals estudis realitzats que observen aquests efectes nocius produïts per aquestes radiacions.
- Realitzar un estudi precís de la radiació EM no ionitzant HF per freqüència que existeix en la zona de mesura. L'estudi inclou els mesuraments de les radiacions EM existents en el recinte TCM i el posterior anàlisi de totes les dades extretes, per finalment extreure conclusions.
- Elaboració i descripció de les mesures correctores necessàries per minimitzar els efectes d'aquests camps. Si aquestes mesures no fossin necessàries perquè es compleix rigorosament la normativa vigent, es validarà el TCM com a zona segura i es farà la comunicació corresponent als diferents agents del TCM, per tal de fer-los coneixedors dels resultats obtinguts. Tot i així, s'establiran una sèrie de mesures preventives o de recomanació pels usuaris del TCM.

Per altra banda, en el projecte es decideix no realitzar determinades accions. Són les següents:

- No es realitzarà l'estudi de baixes freqüències ni extremadament altes. No es tindran en compte les freqüències per sota de 900 MHz i per sobre de 6 GHz.
- No es farà un estudi global del nivell total de radiació EM existent en l'emplaçament sota estudi.
- El projecte consisteix en fer un estudi sobre les emissions d'ones EM que s'emeten en el recinte del TCM. Per tant, no es realitza l'explotació del projecte.

3. Marc teòric.

3.1. Antecedents i necessitats d'informació.

3.1.1. Prefaci.

Actualment, en ple segle XXI, la tecnologia forma part de la vida quotidiana de gairebé qualsevol ésser humà. Entre aquesta tecnologia es troben un munt de dispositius elèctrics i/o electrònics que generen camps EM. La constant i creixent evolució tecnològica ha provocat que s'estigui exposat contínuament a aquests camps d'origen artificial.

Els camps EM [1] existeixen des de sempre, fenòmens naturals així com el sol o les estrelles emeten radiació, i en l'atmosfera existeixen càrregues elèctriques en moviment que generen camps magnètics els quals els éssers humans estan sotmesos permanentment. Però, en l'actualitat, a aquests camps elèctrics i magnètics naturals se'ls ha d'afegir un gran número de camps artificials creats per l'ésser humà procedents per exemple de les línies elèctriques, electrodomèstics, les xarxes telefòniques, o qualsevol aparell que utilitzi energia elèctrica. És en aquest moment, quan aquestes emissions d'ones EM generades artificialment poden arribar a suposar un problema per a la salut de les persones i es parla de contaminació EM.

Per tant, s'entén com a contaminació EM l'existència d'una exposició a radiacions d'espectre EM generades generalment per equips elèctrics/electrònics o altres elements producte de l'activitat humana. S'utilitza el terme de contaminació perquè es sospita que una elevada exposició a certs camps EM amb unes intensitats prou altes, poden arribar a ser un risc per a la salut de les persones, i en general, per a qualsevol ésser viu.

L'espectre EM es pot classificar en dos grans grups de radiacions:

1. Un primer grup on es troben les radiacions EM ionitzants, que són aquelles radiacions amb energia suficient com per provocar alteracions en la matèria, arrancant els electrons dels àtoms. Uns clars exemples d'aquests tipus de radiacions són els raigs X, els raigs Gamma, una part dels ultraviolats (UVB i UVC), etc.
2. I un segon grup on es troben les radiacions EM no ionitzants que no són capaços de ionitzar els electrons de la matèria. Per tant, no provoquen alteracions en la matèria. Dins d'aquest segon grup, i centrant-se només en les radiacions d'origen artificial, es distingeix entre radiacions EM LF i radiacions EM HF.

- Les radiacions LF són generades en línies elèctriques i en aparells alimentats per energia elèctrica a una freqüència de 50 o 60 Hz en funció del país on es trobin.
- I les radiacions HF, que són emeses bàsicament per la telefonia mòbil, per els telèfons sense fil de casa, els microones i les connexions wireless (WiFi, Bluetooth, Wimax, etc). És just aquí on es creu que pot aparèixer un problema per a la salut de les persones degut a que actualment gairebé totes les transmissions de dades ja no es realitzen mitjançant cables, com succeïa fins fa no gaire, sinó que es realitzen mitjançant l'aire, sense necessitat de cables. I es que aquest tipus de radiacions HF i a la vegada, de petita longitud d'ona, posseeixen una elevada energia.

Tal com es veu a (3.1) que serveix per calcular l'energia d'una ona EM, existeix una relació directament proporcional entre la freqüència de l'ona i la seva energia associada:

$$E = h \cdot f \quad (3.1)$$

On h és la constant de Planck igual a $6,62 \times 10^{-34}$ J·s i f la freqüència.

Per entendre amb més claredat que és una radiació EM HF cal explicar una sèrie de conceptes:

- a)** En primer lloc, s'ha de saber que la radiació EM és el conjunt d'ones EM existents. I una ona EM es defineix com una combinació de camps elèctrics i magnètics oscil·lants, que es propaguen a través de qualsevol mitjà a la velocitat de la llum transportant energia d'un lloc a un altre.
- b)** En segon lloc, quan es parla de freqüències també s'està fent referència indirectament a les longituds d'ona. La longitud d'ona (λ) és la distància que recorre una ona en un determinat interval de temps. I la freqüència (f) és el número d'ones que passen en la unitat de temps. La freqüència té una relació inversa amb el concepte de longitud d'ona. A major freqüència menor longitud d'ona i viceversa. Així, tal com es veu a (3.2), es té:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.2)$$

On c és la velocitat de la llum.

En la següent figura es poden observar uns exemples d'ones a diferents freqüències. D'aquesta forma més gràfica es pot entendre millor la relació entre longitud d'ona i freqüència.

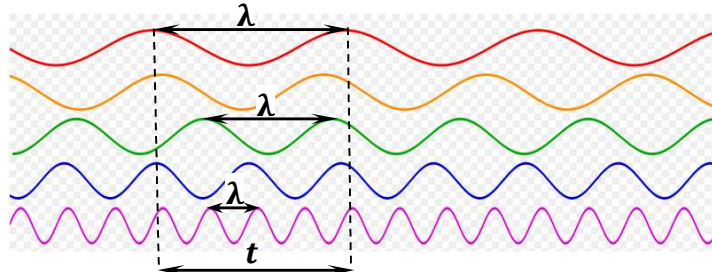


Fig. 3.1. Relació entre freqüència i longitud d'ona.

Per tant, quan es fa referència a l'espectre EM es refereix a la distribució energètica del conjunt de les ones EM, o el que és el mateix, al rang complet de longituds d'ona, tant de les radiacions ionitzants com de les no ionitzants.

Així doncs, el present projecte es vol focalitzar en les radiacions EM no ionitzants HF, és a dir, en aquelles ones que tenen una petita longitud d'ona i una alta freqüència, i a la vegada, transporten una elevada energia.

3.1.2. Estudis realitzats.

Durant les últimes dècades, són diversos els científics i organitzacions que han realitzat estudis alertant sobre el possible problema que pot esdevenir de les contínues exposicions a radiacions EM a les que les persones estan sotmeses, tractant d'avaluar fins a quin punt una radiació EM es pot considerar perillosa o no.

Ja en els anys 50 i 60 es van publicar els primers informes, sobretot a l'Europa de l'est i a la Unió Soviètica. En un principi no van ser interpretats com un problema per a la salut pública. Al 1974, l'IRPA va formar un grup de treball per l'estudi de les radiacions no ionitzants, que en el congrés de París del 1977, va passar a denominar-se INIRC. Els camps EM de RF apareixen com una nova preocupació en la salut pública arrel dels treballs desenvolupats per Wertheimer i Leeper en el 1979 sobre l'augment de càncers en nens, relacionats amb la proximitat de línies d'alta tensió.

Fruit d'aquesta creixent preocupació per l'estudi de la contaminació EM, sorgeix el 1996 el projecte internacional CEM, recolzat per l'OMS [2], en el qual participen nombrosos països amb l'objectiu d'aconseguir un adequat coneixement sobre els efectes de la contaminació EM en el rang de freqüència de 0 a 300 GHz, i facilitar el desenvolupament de normes acceptades internacionalment que limitin l'exposició a camps EM.

Uns anys més tard, en l'any 2000, la Comunitat Europea va començar un estudi sobre la radiació EM en la societat que va durar fins el 2004. Aquest estudi es va anomenar projecte Reflex [3]-[5] i va comptar amb la participació de dotze centres europeus d'investigació de gran prestigi. El projecte va concloure que l'exposició a les radiacions dels telèfons mòbils per sota dels límits que es consideren innocus, provoquen modificacions en les cèl·lules i l'ADN. Amb la qual cosa, es va proposar revisar d'immediat la normativa vigent i adequar-la als valors que els científics independents van creure convenients en base a les investigacions realitzades. Després d'aquests resultats, la UE va deixar de finançar el projecte. A aquestes alçades encara es desconeixen les raons de per què la UE va deixar de finançar-lo. És possible que existís algun tipus de pressió o que no es volgués generar una gran alarma social.

Ja al 2012, un grup de treball anomenat "BioInitiative" [6] format per 29 científics i experts en salut independents, va fer públic un informe després de cinc anys d'investigacions, alertant que l'evidència de riscos per a la salut dels camps EM, tant LF com HF, ha augmentat substancialment des de 2007. Aquest informe inclou 1800 nous estudis que informen dels efectes biològics i dels efectes adversos per a la salut d'aquests camps EM.

Actualment, s'està duent a terme un projecte anomenat "Gerónimo" [7]-[8] en el que es volen tancar els buits de coneixement sobre els camps EM HF, concretament del Wi-Fi, i la salut. Es decideix realitzar aquest projecte, que tindrà una durada de 5 anys (2014-2019), perquè existeix una gran controvèrsia respecte els danys que poden provocar els camps EM HF a la salut de les persones, i els científics involucrats en el projecte creuen que no existeix una evidència científica que demostrï o no que el Wi-Fi sigui perjudicial per a la salut, i és per això, que es vol aprofundir en el tema amb les eines i recursos adequats. Els objectius d'aquest projecte són els següents:

- Comprendre millor els mecanismes dels possibles efectes dels camps EM en la salut.

- Caracteritzar millor els nivells actuals i futurs d'exposició als camps EM entre la població Europea.
- Promoure l'estat dels coneixements sobre els camps EM i la salut.
- Millorar l'avaluació del risc per a la salut dels camps EM.
- Reforçar el desenvolupament de polítiques i proposar mitjans no tecnològics per reduir l'exposició als camps EM.

També cal esmentar la ICNIRP [9], que ofereix assessorament i orientació científica sobre els efectes en la salut i el medi ambient de les radiacions no ionitzants. ICNIRP dona recomanacions sobre les limitacions de l'exposició a les freqüències de diferents subgrups de radiacions no ionitzants. Desenvolupa i publica directrius, declaracions i opinions utilitzades per els organismes de protecció radiològica regionals, nacionals i internacionals, com l'OMS. És important esmentar que aquesta comissió és independent dels interessos comercials i nacionals. Els membres de la ICNIRP no representen els seus països d'origen i el seu finançament prové de les subvencions atorgades per institucions públiques nacionals i internacionals.

En els últims 30 anys, s'han publicat aproximadament 25.000 articles científics sobre els efectes de la radiació no ionitzant. De fet, sobretot a partir de l'entrada del nou mil·lenni, s'han tractat d'estudiar els possibles efectes dels camps EM HF, principalment dels telèfons mòbils, que tenen sobre els éssers vius, intentant entendre els mecanismes biofísics implicats en els efectes biològics i posteriorment valorar la importància que aquests efectes biològics, detectats en els laboratoris, tenen en la salut en condicions reals d'exposició.

Però, tot i que els coneixements científics en aquest camp són ara bastant més extensos que fa uns anys, continua existint un gran desconeixement i una gran incertesa pel que fa a les conseqüències que puguin tenir aquest camps EM en la salut pública i, per tant, són moltes les persones que creuen convenient que són necessàries més investigacions. És per això que tot seguit, sense l'objectiu de crear una alarma social, s'ha decidit fer un petit estudi sobre els possibles efectes adversos que poden tenir en la salut aquests camps EM no ionitzants HF.

3.1.3. Possibles efectes adversos en la salut.

S'ha demostrat que els camps EM de freqüència entre 100 kHz i 10 GHz provoquen efectes tèrmics, és a dir, un augment de la temperatura corporal. Però, a més d'aquests efectes, hi ha estudis científics que creuen que es poden produir uns efectes biològics.

Els efectes biològics són respostes mesurables a un estímul o canvi en el medi. Aquests efectes biològics no són necessàriament perjudicials per a la salut humana degut a que el propi organisme disposa de complexos mecanismes que el permeten ajustar-se a les nombroses i variades influències del medi. El canvi continu forma part de la vida quotidiana de qualsevol persona, tot i que els organismes no posseeixen mecanismes adequats per compensar tots els efectes biològics. Aleshores, els canvis irreversibles que forcen a l'organisme durant llargs períodes de temps poden suposar un risc per a la salut.

No es posa en dubte que per sobre de determinats llindars els camps EM puguin desencadenar efectes biològics. La gran controvèrsia que es planteja actualment es centra en si baixos nivells d'exposició, per sota dels límits màxims permesos, a llarg termini poden o no provocar respostes biològiques i influir en el benestar de les persones.

Així doncs, són molts els estudis [4], [6], [7] i experts [8], [13] que fan referència, alerten i fins i tot, fan evidència d'aquests efectes biològics que són produïts per la constant radiació d'ones EM no ionitzants HF i que, a llarg termini, poden acabar provocant efectes adversos en la salut de les persones. I per tant, ja són moltes les institucions científiques que reclamen la necessitat de disposar de límits més estrictes davant l'exposició d'aquests camps EM. Però, a la vegada, és important destacar que molts altres estudis no han trobat una clara evidència al respecte. És a dir, molts dels estudis epidemiològics i en animals realitzats fins el moment han generat dades i resultats contradictoris o oposats. Aquestes clares diferències d'opinions es troben principalment entre els estudis científics independents i els de determinades organitzacions internacionals.

Aquesta situació ha provocat una gran incertesa científica i ha generat controvèrsies entre el món científic i la població en general sobre els possibles efectes adversos per a la salut pública

A més, fa relativament poc temps, el 2011 l'IARC va classificar la radiació de radiofreqüència com a Grup 2B, volent dir que és possiblement cancerigen per a humans. Aquesta classificació està basada en gran mesura en un estudi de tumors cerebrals anomenat Interphone [14], [15].

Experts amb un gran reconeixement internacional, com la Elisabeth Cardis i el James Grellier [8], investigadors i epidemiòlegs principals del projecte Geronimo [7], comenten que a data d'avui no es pot confirmar ni deixar de confirmar que aquests tipus de camps EM,

fonamentalment les ones Wi-Fi i les ones dels telèfons mòbils, siguin nocius per la salut humana. Es necessària més informació i seguir investigant sobre el tema.

A continuació, s'exposen alguns dels més coneguts possibles efectes nocius produïts per aquestes radiacions observats en diferents estudis científics realitzats per organitzacions independents.

a) Efectes biològics a nivell cel·lular i molecular

El projecte Reflex va determinar que les ones de radiofreqüència, principalment les provinents dels telèfons mòbils, produeixen canvis en les cèl·lules però es desconeixen quin és el mecanisme que posa en marxa el procés. Es va demostrar que hi havia un efecte per sota dels límits que es consideren tolerables, tot i que en un principi els resultats trobats no eren nocius. Lo sorprenent d'aquest projecte és que després d'haver trobat efectes a nivell cel·lular i molecular per sota dels nivells màxims que es consideren segurs, la UE va deixar de finançar el projecte.

b) Dany als espermatozoides i a la reproducció

El grup de treball BioInitiative va fer públic que varis laboratoris internacionals van mostrar efectes adversos en la qualitat, la mobilitat i patologia de l'esperma en els homes que utilitzen i en particular aquells que porten un telèfon mòbil en el cinturó o en la butxaca.

c) Alteracions en el son

Varis instituts científics, com per exemple l'Institut de Farmacologia i Toxicologia de Zurich, van concloure que els camps EM HF alteren el flux de sang de la regió cerebral.

d) Tumors cerebrals

Segons molts estudis realitzats per científics independents, es confirma una possible relació entre l'ús de telèfons mòbils i el risc de tumor. I es que en aquest tema, igual que en els anteriors, els resultats i dades extretes dels diferents estudis varien considerablement depenent qui hi ha al darrera. Molts dels estudis que són finançats per companyies de telèfons mòbils i altres organitzacions internacionals discrepen en

gran mesura dels resultats i opinions dels estudis realitzats per institucions científiques independents.

Gairebé tots els estudis realitzats han estudiat els possibles efectes que tenen les ones emeses pels mòbils cap als éssers humans, però actualment, s'està duent a terme un nou projecte, el projecte Geronimo [7], [8], que vol estudiar aquests possibles efectes adversos, en el cas que existeixin, provocats pel Wi-Fi.

Per tant, es pot dir que existeix un denominador comú després d'analitzar varis dels estudis realitzats fins a la data, el gran debat i polèmica que provoca aquest tema entre el món científic i la població en general.

Degut a aquesta gran incertesa, totes les normatives vigents es regeixen sota el Principi de Precaució. Aquest principi és fonamental, ja que adopta una sèrie de mesures protectores davant les sospites fundades de que certs productes o tecnologies suposen un risc greu per a la salut pública o el medi ambient, però sense que es compti encara amb una prova científica definitiva de tal risc.

3.1.4. Normativa i legislació vigent.

Com s'acaba d'esmentar, la normativa que s'aplica a Catalunya es basa en el principi de precaució. A Catalunya, la normativa vigent [10] que estableix els nivells màxims permesos d'exposició a camps EM als quals pot estar exposat el públic en general és el Reial Decret 1066/2001.

- **RD 1066/2001** [11]: Mitjançant el present Reial Decret s'aprova el reglament que estableix condicions de protecció de domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions radioelèctriques i mesures de protecció sanitària davant a emissions radioelèctriques.

Els nivells màxims indicats en el RD 1066/2001 [11] són els mateixos que els indicats a la recomanació del consell de la UE de l'any 1999 (1999/519/CE) que, a la vegada, són els mateixos que els indicats per l'ICNIRP l'any 1998. Altres països de la UE apliquen la mateixa normativa.

- **Decret 148/2001**: Mitjançant el present decret es va regular l'ordenació ambiental de les instal·lacions de telefonia mòbil i altres instal·lacions de radiocomunicació, amb la finalitat d'harmonitzar el desplegament de les xarxes de radiocomunicació, es va

assolir un alt nivell de protecció del medi i de la població, i es va afavorir la integració de les instal·lacions esmentades a l'entorn en què se situen.

- **Decret 281/2003:** En el present decret s'aconsella introduir-hi determinades modificacions de caràcter tècnic al Decret 148/2001 per tal de millorar la seva regulació i poder aconseguir de manera més efectiva el compliment de les seves finalitats.
- **Ordre CTE/23/2002 [12]:** En la present ordre s'estableixen les condicions per a la presentació de determinats estudis i certificacions que els operadors de serveis de comunicacions han de presentar al Ministeri de Ciència i Tecnologia.

És molt important també, esmentar la normativa referent a la CEM, on es regula la CEM dels equips elèctrics i electrònics.

- **Reial Decret 1580/2006:** El present reial decret regula la CEM dels equips elèctrics i electrònics que puguin crear perturbacions EM, o el funcionament d'aquests aparells que es pugui veure perjudicat per aquestes perturbacions, exigint que compleixin un nivell adequat de CEM a fi de garantir el funcionament.

En el present projecte no es té en compte aquesta normativa ja que fa referència només als dispositius, a la compatibilitat entre ells. I el que interessa en l'actual projecte és la normativa que regula els límits d'exposició entre dispositius elèctrics/electrònics i les persones.

3.1.5. Unitats i nivells màxims permesos d'exposició a camps EM.

Els nivells d'exposició a camps EM són els límits màxims permesos establerts per la normativa vigent, i per tant es dictamina que per sota d'aquests nivells es considera que no hi ha perill.

Es poden indicar en diferents unitats. Les unitats més habituals són la densitat de potència (W/cm^2 o W/m^2) i el camp elèctric (V/m).

Per entendre d'on provenen les unitats de densitat de potència (W/m^2), s'ha de saber que els camps EM estan formats per camps E i per camps H. Per tant, si la intensitat del camp E es mesura en V/m i la intensitat del camp H es mesura en A/m , s'obté S:

$$S = \frac{V}{m} \cdot \frac{A}{m} = \frac{W}{m^2} \quad (3.3)$$

Aquests nivells màxims d'exposició estan directament relacionats amb la freqüència d'emissió de la font de contaminació EM. On a la vegada, tenen en compte la penetració de les ones en els teixits i els efectes tèrmics sobre el cos humà. Així es té, per exemple, indicats en intensitat del camp E.

| Gamma de freqüències | Servei | Nivell màxim permès (V/m) |
|----------------------|--------------------|---------------------------|
| 530 - 1605 KHz | Ràdio AM | 87 |
| 88 - 108 MHz | Ràdio FM | 28 |
| 470 - 862 MHz | TDT | 29 |
| 900 - 2600 MHz | Telefonia mòbil | 41 |
| 2400 MHz i 5000 MHz | Wi-Fi | 61 |
| 2450 MHz | Forns de microones | 61 |
| 2500 MHz | WiMAX | 61 |

Taula 3.1. Nivells màxims d'exposició indicats en intensitat del camp elèctric.

O bé, també indicats aquests nivells màxims d'exposició en diferents magnituds de mesura (camp E, camp H i S), segons tots els rangs de freqüències, tant per la població en general com per les àrees de treball.

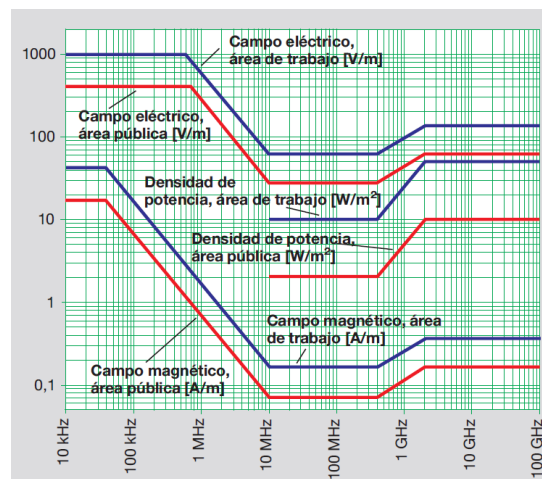


Fig. 3.2. Nivells màxims d'exposició per la població general i àrees de treball.

És important també d'estacar un valor anomenat SAR, o el que és el mateix, Tassa d' Absorció Específica. Aquesta tassa és un número que indica la quantitat d'energia de radiació de radiofreqüència que és absorbida pel cos humà. Amb l'objectiu de prevenir els possibles efectes calorífics sobre els teixits ja sigui de cos sencer o localitzats, s'estableixen els diferents nivells màxims per l'índex de l'absorció específica d'energia.

En la següent taula es poden observar els valors màxims permesos de la SAR, segons el RD 1066/2001:

| Rang de freqüències | SAR (W/kg) | | |
|---------------------|-----------------------------|-------------|---------|
| | Valor mig per el cos sencer | Localitzat | |
| | | Cap i tronc | Membres |
| 10 MHz - 10 GHz | 0,08 | 2 | 4 |

Taula 3.2. Valors màxims SAR.

Partint d'aquests valors s'obtenen els nivells de referència mostrats en la taula 3.1, que són uns valors mesurables i que permeten comprovar si s'estan respectant les restriccions bàsiques.

Les directrius marquen un determinat llindar per sota del qual l'exposició a camps EM es considera segura, segons els coneixements de la ciència.

S'ha d'esmentar la dificultat d'avaluar els nivells dels camps EM. A més de requerir un especialista que pugui mesurar-los correctament, es necessita disposar de molta informació que ha de ser posteriorment tractada i estudiada, el que implica un llarg temps de dedicació. Aleshores, per poder fixar els límits d'exposició, els estudis científics han d'identificar el llindar en el que es manifesten els primers efectes sobre la salut. Com no es poden fer experiments amb éssers humans, les directrius han de basar-se en estudis amb animals.

És molt important indicar que aquest llindar no és igual al límit recomanat, sinó que la ICNIRP aplica un factor de seguretat de 10 en el càlcul dels límits d'exposició ocupacional i un factor de 50 per obtenir el valor recomanat per la població general.

No obstant, la informació científica existent en l'actualitat també recorda que s'admet provada l'existència d'efectes biològics per a nivells inferiors als especificats, tot i que no existeix evidència de que aquests efectes impliquin un risc sanitari.

3.2. Aspectes tècnics a considerar.

Abans d'iniciar el treball de camp per mesurar i obtenir tots aquells senyals provinents de les emissions d'ones EM que interessin estudiar en aquest projecte, s'han de tenir en compte una sèrie d'aspectes i que tot seguit s'expliquen amb més detall.

3.2.1. Tipus de models Wireless Access Point.

Els Wireless Access Point o Punt d'Accés sense fil són uns dispositius que permeten la connexió a internet sense necessitat de fils, és a dir, els que s'anomenen durant tot el projecte com equips de connexió Wi-Fi.

Per que fa a la connexió Wi-Fi instal·lada per tot el recinte universitari del TCM té la singularitat que pot treballar en dues freqüències, a 2,4 GHz i a 5 GHz, tot dependent del model de cada Wireless Access Point [16] i [17]. És a dir, els punts d'accés sense fil de banda dual poden emetre simultàniament senyals en ambdues bandes de freqüències, i aquells que són de banda única només poden emetre en una freqüència determinada. A continuació s'explica amb mes detall.

- **Punts d'accés de banda única: connexió Wi-Fi a 2,4 GHz.**

Aquests models són aquells que només poden emetre a una freqüència determinada, o en la banda de 2,4 GHz o en la banda de 5 GHz. Tal com es pot veure en la següent taula, es mostren els models dels equips de connexió Wi-Fi de banda única instal·lats en el TCM junt amb el protocol utilitzat:

| Wireless Access Point | | |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Model | Protocol | Freqüència de treball |
| AP2620 | 802.11a | 2,4 GHz o 5 GHz |
| AP2650 | 802.11b/g | |

Taula 3.3. Models Wireless Access Point banda única.

Així doncs, en la universitat hi ha dos models d'equips que operen en la banda de 2,4 GHz o en la de 5 GHz. En el cas del TCM, aquests dispositius estan configurats perquè treballin tots a 2,4 GHz i la principal raó és perquè la banda de 5 GHz no té tant abast ni en espai obert ni a l'hora de travessar parets com la de 2,4 GHz. Això està relacionat amb el protocol que s'utilitzi. A continuació s'explica més detalladament.

a) Estàndard 802.11a.

Opera només en la banda de 5 GHz, té una velocitat màxima de transmissió de 54 Mbit/s i té un abast d'uns 10 m. No pot operar junt amb el estàndard 802.11b/g.

b) Estàndard 802.11b.

L'estàndard 802.11b funciona en la banda de 2,4 GHz i té una velocitat màxima de transmissió d'11 Mbps. Té un abast de fins 100 m en ambients tancats i de més de 200 m a l'aire lliure.

c) Estàndard 802.11g.

Treballa en el rang de freqüències de 2,4 GHz, té una velocitat màxima de 54 Mbps i té un abast d'uns 100 m. L'estàndard 802.11g és compatible amb l'estàndard 802.11b, volent dir que els dispositius que admeten l'estàndard 802.11g també poden funcionar amb l'estàndard 802.11b.

Resumint:

| Estàndard | Freqüència (GHz) | Velocitat (Mbit/s) | Abast (m) |
|-----------|------------------|--------------------|-----------|
| 802.11a | 5 | 54 | 10 |
| 802.11b | 2,4 | 11 | 100 |
| 802.11g | 2,4 | 54 | 100 |

Taula 3.4. Protocols utilitzats.

Per tant, a l'hora de realitzar els mesuraments d'aquests models només es té en compte la freqüència de 2,4 GHz.

- **Punts d'accés dual-band: Connexió Wi-Fi a 2,4 GHz i 5 GHz.**

Aquests models són aquells que poden emetre senyals simultàniament tant a 2,4 GHz com a 5 GHz. Tal com es pot veure en la següent taula, es mostren els dispositius Wi-Fi de banda dual instal·lats en el TCM junt amb el protocol utilitzat:

| Wireless Access Point | | |
|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Model | Protocol | Freqüència de treball |
| AP3610 | 802.11a/n | 2,4 GHz i 5 GHz |
| AP3705i | 802.11b/g/n | |

Taula 3.5. Models Wireless Access Point banda dual.

Gràcies a l'estàndard **802.11n** es permet operar en ambdues freqüències a l'hora, aconseguint el millor de cada banda de freqüència, és a dir, tenir la cobertura més ampla de 2,4 GHz i la major velocitat i menor saturació de 5 GHz.

La majoria d'equips que hi ha pel recinte del TCM són d'aquest tipus, el que vol dir que a l'hora de fer els mesuraments s'han mesurat ambdues freqüències.

Destacar que el rang de freqüència complet del Wi-Fi a 5 GHz va des de 5,150 GHz fins a 5,825 GHz. En el moment de realitzar els mesuraments es delimita a un rang més petit, concretament de 5,15 GHz a 5,25 GHz perquè s'observa que és on els senyals mesurats són més elevats i d'aquesta manera es suprimeixen en gran mesura senyals interferencials.

3.2.2. Distància del punt de mesurament.

Com ja es va esmentar en el capítol 5 de l'avantprojecte, es poden distingir dues zones a partir de les quals es pot començar a mesurar:

- **Camp proper:** Zona de l'espai en la proximitat de l'antena transmissora. En aquesta zona els camps E i H varien considerablement al voltant de l'antena. La seva relació és bastant complexa, de manera que el càlcul directe entre components no és possible. Per tant, els camps H i E han de mesurar-se per separat en la regió de camp proper. Si la zona a validar es troba a una distància menor de tres longituds d'ona es considera dins de la zona de camp proper ($d \leq 3 \lambda$). Per l'actual estudi no es contempla aquest cas.
- **Camp llunyà:** És la regió allunyada de l'antena on la distribució angular dels camps és independent de la distància. El camp E i el camp H estan estretament relacionats en condicions de camp llunyà. Per tant, només és necessari mesurar un d'ells. Si la zona a validar es troba a una distància major de tres longituds d'ona es considera dins de la zona de camp llunyà ($d > 3 \lambda$). Per l'actual estudi és contempla únicament aquest cas.

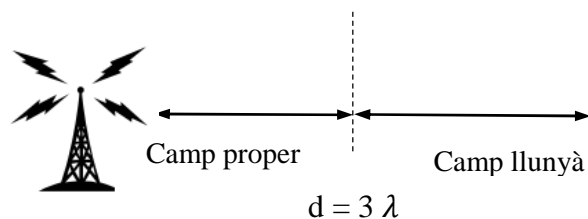


Fig. 3.3. Explicació camp proper i camp llunyà.

Comentar com a detall que el camp elèctric disminueix molt ràpidament a mesura que s'augmenta la distància respecte la font que genera la radiació EM.

3.2.3. Nivells de referència i nivells de decisió.

És molt important tenir clar el significat d'aquests dos conceptes perquè a l'hora d'explicar en el següent capítol el procediment portat a terme per la realització de tots els mesuraments, es parla contínuament de nivells de referència i nivells de decisió i per tant s'ha de saber la diferència entre ells.

- **Nivell de referència:** Són els límits d'exposició recollits en l'Annex II del Reial Decret 1066/2001 [11]. Alguns d'ells es poden observar en la taula 3.1.
- **Nivells de decisió:** Els nivells de decisió es situen "X dB" per sota dels nivells de referència. Permeten tenir en compte els errors i incerteses de les mesures. En el cas d'aquest projecte, el nivell de decisió es situa 40 dB per sota dels nivells de referència.

Tot seguit es mostren els nivells de decisió corresponents a cada nivell de referència i que s'han de tenir en compte a l'hora de validar o no la zona d'emplaçament.

| | Rangs de freqüències de treball | Nivells de referència màxims permesos (V/m) | Nivells de decisió (V/m) |
|------------------------|---------------------------------|---|--------------------------|
| Telèfons mòbils | 900 MHz - 2,1 GHz | 41 | 0,4 |
| Connexió Wi-Fi | 2,4 GHz - 2,5 GHz | 61 | 0,6 |
| | 5,15 GHz - 5,25 GHz | 61 | 0,6 |
| Forns microones | 2,44 GHz - 2,47 GHz | 61 | 0,6 |

Taula 3.6. Taula nivells referència i nivells de decisió.

4. Estudi dels nivells de contaminació EM al TCM.

En aquest capítol es descriu a nivell de detall el projecte realitzat, tot el procés necessari per dur a terme l'estudi de les ones EM HF presents en el recinte universitari TCM. Com ja es va avançar en el capítol 5 de l'avantprojecte, en aquest projecte no s'escull una solució entre diferents possibles solucions, sinó que es realitza un determinat procediment per estudiar millor una matèria que està creant una gran debat entre els experts i la població en general.

4.1. Disseny dels experiments.

Abans d'entrar en matèria i explicar com s'han dut a terme els mesuraments i com s'han obtingut i tractat els senyals corresponents, s'han de dissenyar els experiments, és a dir, fer un Planning detallat de les mesures que s'han de realitzar (Wi-Fi, microones, mòbils). En resumides comptes, amb aquest Planning es volen especificar les condicions del experiment: ubicació, amb presència o no d'humans, distància de col·locació del tècnic respecte la font de contaminació EM, etc.

4.1.1. Planning per la connexió Wi-Fi.

Per determinar la radiació emesa pels equips Wi-Fi instal·lats per tot el recinte universitari, s'han valorat aquelles zones on més presència de persones hi ha (alumnes, professors, altres treballadors, etc), volent dir que s'han mesurat la majoria dels emissors Wi-Fi.

Així doncs, les mesures s'han realitzat en la planta 0 o planta B on s'inclou la biblioteca, planta 1 i planta 2 del recinte universitari, i en diferents zones del pati del TCM ja que també existeixen dispositius Wi-Fi exteriors, i per això, és important saber també el nivell de radiació en l'exterior del recinte.

Tal com es veu en la següent figura es poden observar les diferents zones mesurades, allà on es troben els principals dispositius Wi-Fi instal·lats per la primera planta del TCM (en groc les mesures realitzades tant per 2,4 GHz com per 5 GHz. I en blau només les mesures del Wi-Fi a 2,4 GHz) [Mirar plànol 3, plànol 4 i plànol 5 per més detalls].

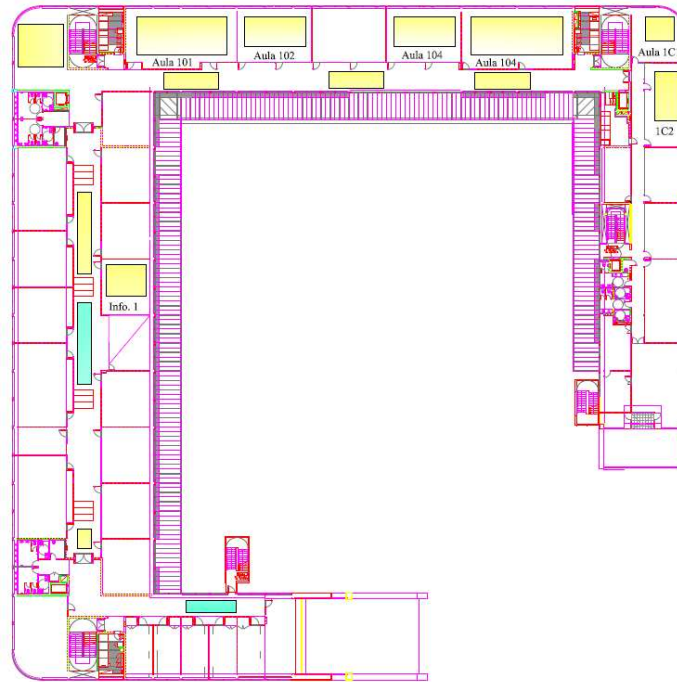


Fig. 4.1. Zones mesurades de Wi-Fi en la planta 1 del TCM.

Val a dir que tot i que no s'ha especificat com a condició necessària la presència explícita de persones per a la presa del conjunt de mesures, els valors de radiació obtinguts poden variar mínimament depenent si hi ha més o menys dispositius (portàtils, tablets, telèfons mòbils etc.) connectats a la xarxa en aquell moment.

Com s'ha explicat en el capítol anterior, els equips Wi-Fi de la universitat treballen a 2,4 GHz i a 5 GHz, depenent de cada model. Aleshores, és important saber a partir de quina distància s'ha de col·locar el tècnic amb l'antena per realitzar els corresponents mesuraments.

Quan es desitja obtenir la radiació emesa pel Wi-Fi a una freqüència de 2,4 GHz, tal com es veu a (4.1), s'obté la següent longitud d'ona:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \frac{m}{s}}{2400000000 \text{ Hz}} = 0,125 \text{ m} \quad (4.1)$$

En conseqüència, la distància per realitzar els mesuraments ha de trobar-se dins del camp llunyà, mínim 3λ . En aquest cas, es mesura a partir de 0,375 m.

En els casos que es mesura la radiació emesa pel Wi-Fi a una freqüència de 5 GHz, la longitud d'ona és la següent, tal com es veu a (4.2):

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \frac{m}{s}}{5150000000 \text{ Hz}} = 0,058 \text{ m} \quad (4.2)$$

La distància per realitzar els mesuraments ha de ser major o igual a 0,174 m.

4.1.2. Planning pels forns microones.

Les mesures per determinar la radiació emesa pels forns microones s'han realitzat únicament allà on es localitzen els forns del recinte, concretament dos forns en la planta B i un forn en la planta 1 [mirar plànol 3 i plànol 4 per més detalls].

A l'hora de realitzar els mesuraments corresponents no és necessària la presència de cap persona, només la del tècnic.

Igual que amb el Wi-Fi, s'ha de saber a partir de quina distància es troba el camp llunyà per poder realitzar els mesuraments.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \frac{m}{s}}{2440000000 \text{ Hz}} = 0,123 \text{ m} \quad (4.3)$$

La distància per realitzar els mesuraments ha de ser major o igual a 0,369 metres.

4.1.3. Planning pels telèfons mòbils.

Les mesures per determinar la radiació emesa pels telèfons mòbils es realitzen en aquells moments i zones on es trobi reunit un número raonable de gent (a partir de 5 persones es considera correcte), com per exemple en les zones de descans o en algun laboratori [mirar plànol 3 i plànol 4 per més detalls], i d'aquesta manera poder valorar diferents telèfons mòbils interactuant entre ells.

Depenent de cada operador de telefonia mòbil i tecnologia es treballa a una freqüència o a una altre. Normalment les freqüències en les que treballen els telèfons mòbils són 900 MHz, 1800 MHz i 2,1 GHz [18]. Per calcular la longitud d'ona s'agafa el valor més baix, és a dir, 900 MHz, tal com es veu a (4.4):

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \frac{m}{s}}{900000000 \text{ Hz}} = 0,333 \text{ m} \quad (4.4)$$

La distància per realitzar els mesuraments ha de ser major o igual a 1 m.

4.2. Procés d'adquisició i processat del senyal.

La primera etapa del procediment dut a terme ha estat adquirir el senyal d'interès (connexió Wi-Fi, telèfons mòbils, forns microones), per tant, es necessita l'ajuda d'un sensor com a primer element del sistema d'adquisició a utilitzar que sigui capaç d'adquirir el senyal d'interès. Concretament, l'adquisició del senyal consisteix en la presa de mostres del món real per generar dades que puguin ser manipulades per un ordinador o altres equips electrònics.

Aleshores, durant el procés d'adquisició, s'ha de seleccionar un temps de mostreig (sampling time) de 500 ms en els majors dels casos i especificar el número mínim de mostres que són necessaris per a cada escombrat (en tots els casos el número mínim és de 51). A més, aquests senyals llegits pel sensor s'han de condicionar, de tal manera que s'han de traduir en senyals elèctrics (V, I) perquè puguin digitalitzar-se amb l'ús d'un convertidor analògic-digital i, així, tenir un conjunt de valors numèrics cada determinat interval de temps per, posteriorment, ser processats convenientment.

A continuació, és molt important processar correctament el senyal. Fonamentalment, interessa reduir el màxim possible el nivell de soroll d'alta freqüència i interferències esporàdiques, és a dir, atenuar tots aquells senyals no desitjats que s'acoblen al senyal d'interès principal. Per poder portar-ho a terme, es configura el filtre digital incorporat al dispositiu per fixar l'ample de banda del senyal d'interès, és a dir, s'escull el rang de freqüències a processar. D'aquesta manera s'està impossibilitant la introducció de components freqüencials fora del rang de freqüències d'interès. Però, a més, tot i que s'ajusti un ample de banda en concret, totes les components que formen part del rang ajustat també poden incorporar un nivell de soroll addicional. Per tant, s'ha d'activar el filtre digital passabanda ja que és l'encarregat de deixar passar un determinat rang de freqüències d'un senyal i atenuar el pas de la resta. Així doncs, s'han atenuat aquelles components d'alta freqüència que no formen part de l'ample de banda desitjat.

Finalment, com ja s'ha anat esmentant al llarg del projecte, el senyal obtingut s'ha de poder comparar amb els nivells de referència mostrats en el RD 1066/2001 [11], de manera que s'han calculat els valors RMS del senyal adquirit a partir de la següent expressió analítica que es mostra a continuació:

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}} \quad (4.5)$$

4.3. Mètodes utilitzats per a l'adquisició i processat del senyal.

A l'hora de fer els mesuraments per tal d'adquirir i processar els senyals tant per la connexió Wi-Fi, com pels telèfons mòbils i pels forns microones, fonamentalment existeixen dues formes de fer-ho:

- a) **Mètode per hardware:** Aquest mètode està format bàsicament per totes les parts físiques que componen l'equip de mesura per poder realitzar els mesuraments apropiats. Sense alguna d'aquestes parts no es pot arribar a obtenir cap tipus de senyal. Això vol dir el propi analitzador d'espectre SPECTRAN HF-6065 [19], l'antena direccional HyperLOG 7060 [20] i el cable que connecta l'analitzador d'espectres amb l'antena, tal com es veu a la Fig. 4.2.

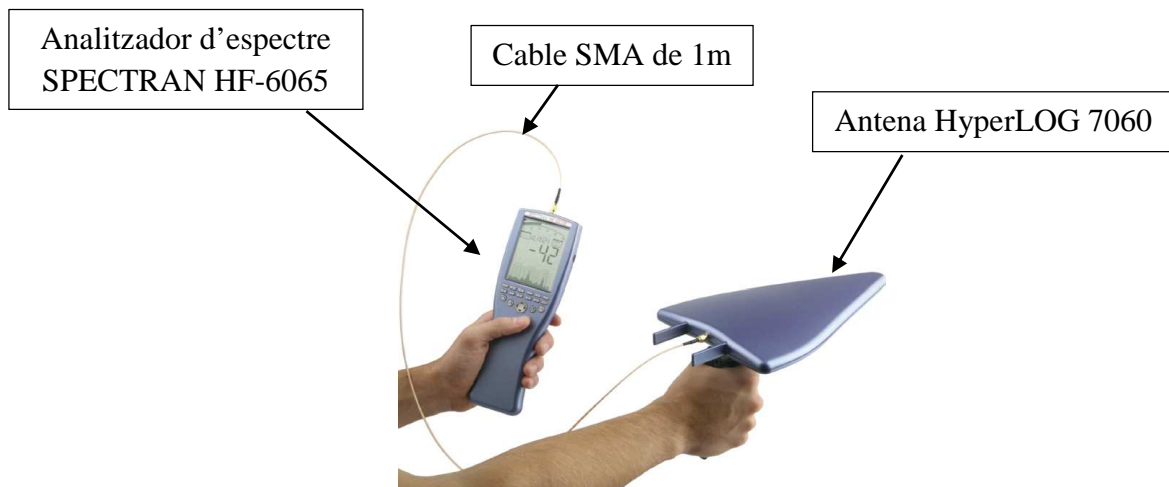


Fig. 4.2. Elements utilitzats per fer els mesuraments.

D'aquesta manera, mitjançant aquests diversos elements, s'adquireix i es processa el senyal desitjat per tal d'obtenir unes dades manipulables per ordinador.

Tot seguit, es detallen les principals especificacions tècniques de l'analitzador d'espectre SPECTRAN HF-6065:

- Ample de banda: 10 MHz a 6 GHz.
- Temps de mostreig més ràpid: 10 ms.
- Filtres de resolució (Ampla de banda): 10 kHz a 50 MHz.

- Unitats de mesura: dbm, dB μ V, V/m, A/m, W/m².
- Detectors: RMS, Min/Max.
- Desmodulació: AM, FM.
- Exactitud: +/- 2dB.
- Memòria interna de 64K.
- Interfície: USB 1.1/2.0.
- Sensibilitat extremadament alta.
- Gran pantalla LCD d'alta resolució i multifuncional.

I les especificacions tècniques de l'antena direccional HyperLOG 7060:

- Ample de banda: 700 MHz – 6GHz.
- Impedància nominal: 50 ohm.
- Guany: 5dBi
- Factor d'antena: 26-41dB/m

b) Mètode per hardware i software: Junt amb l'equip de mesura anteriorment descrit, s'incorpora el software d'anàlisi espectral MCS. És un software de molta utilitat ja que permet configurar el propi analitzador d'espectres i posseeix moltes opcions de configuració, permet la visualització en temps real de l'espectre obtingut amb una gran sensibilitat i gran precisió, permet també la gravació de totes les dades adquirides i la posterior reproducció d'aquestes, conté diferents tipus de gràfics de treball, etc. L'únic inconvenient és que s'ha d'estar permanentment connectat amb el portàtil via USB mentre es fan els mesuraments.

Així doncs, es decideix utilitzar aquest mètode per adquirir i processar els senyals que es desitgen mesurar. En l'Annex II i en l'Annex III es mostra un exemple de com fer la configuració del dispositiu per mesurar els senyals emesos pels equips Wi-Fi.

4.4. Protocol a seguir per a la correcta realització dels mesuraments.

Tal com es va explicar en l'apartat 5.3 de l'avantprojecte, fonamentalment existeixen dos tipus de procediments per realitzar els mesuraments i obtenir uns correctes resultats. Un primer procediment que s'utilitza quan es necessita saber el nivell total de radiació present

en la zona de mesura. I un segon procediment que és depenent del primer i es dur a terme quan es necessita saber el nivell de radiació EM per freqüència que existeix en l'emplaçament. Tot i que s'hauria de començar pel primer procediment de mesura i en tot cas continuar amb el segon procediment si fos necessari, en aquest projecte s'ha decidit realitzar aquest segon procediment, els motius d'aquesta elecció s'expliquen en els apartats 5.3 i 6.4 de l'avantprojecte.

Així doncs, en aquesta fase o procediment de mesura, tal com es detalla a l'ordre CTE/23/2002 [12], s'han d'utilitzar analitzadors d'espectre o receptors de banda ampla selectius en freqüència. Aquest tipus d'equips tenen una major sensibilitat i són capaços de mesurar amb gran precisió. Pel contrari, necessiten d'un major temps per a realitzar la mesura i han d'utilitzar-se antenes on les seves característiques radioelèctriques estiguin ben definides, com impedància d'entrada, guany o factor d'antena i un cable on la seva atenuació en funció de la freqüència sigui coneguda [CD-ROM].

En la segona fase de mesures, tots els mesuraments, sempre que sigui possible, es realitzen en camp llunyà ($d > 3 \lambda$). Així es fa en el cas del projecte.

Els mesuraments consisteixen en determinar totes les components espectrals significatives, buscant per cada una d'elles el pitjor cas, això vol dir, maximitzar el seu nivell en funció de l'orientació i polarització de l'antena.

A més, els equips a utilitzar en aquesta segona fase han d'oferir valors RMS i permetre la mitjana de les mesures en un interval de 6 minuts, tal com s'estableix en el Reial Decret 1066/2001.

Tot seguit s'expliquen els passos a seguir per efectuar correctament el procediment de mesura.

1. El primer que s'ha de fer és configurar l'equip en funció de la mesura a realitzar, això és per exemple, inserir el rang de freqüència a treballar, velocitat d'escombrat, número mínim de mostres, etc.
2. Un cop connectat l'equip de mesura a l'antena a través del cable, s'han d'identificar els punts de mesura, que seran aquells on es rebí major senyal. Per tant, el tècnic ha de buscar en l'espectre radioelèctric el màxim nivell d'exposició en orientació i polarització. S'ha d'observar en temps real la variació de cada component espectral

en funció de l'orientació de l'antena. Ha de posar especial atenció en la iteració del seu cos amb la mesura, intentant minimitzar aquest efecte.

- Un cop s'han trobat aquests punts, s'adquireix durant 6 minuts la radiació EM corresponent i s'ofereixen els valors en RMS. A més, s'han de maximitzar totes les components espectrals activant la funció que per aquest fi disposi l'equip de mesura. En el cas de l'analitzador d'espectre s'ha d'activar la funció "MAX HOLD". D'aquesta forma s'obté la senyal en el pitjor cas.
- Un cop obtingut el nivell de cada component espectral, s'ha de calcular la magnitud adequada per a la seva comparació amb els límits d'exposició de l'annex II aprovat per el Reial Decret 1066/2001, com per exemple la intensitat del camp elèctric. Si l'equip utilitzat no proporciona unitats de mesura en les magnituds comparables (intensitat de camp elèctric, intensitat del camp magnètic o densitat de potència), s'han de realitzar les conversions necessàries utilitzant el corresponent factor d'antena, pèrdues en el cable, etc., per expressar la lectura en aquestes magnituds de manera correcta.

En la següent figura es pot observar un exemple de les mesures realitzades en el TCM on es poden contemplar en vermell les components espectrals maximitzades i indicats els valors RMS en intensitat del camp E (V/m):

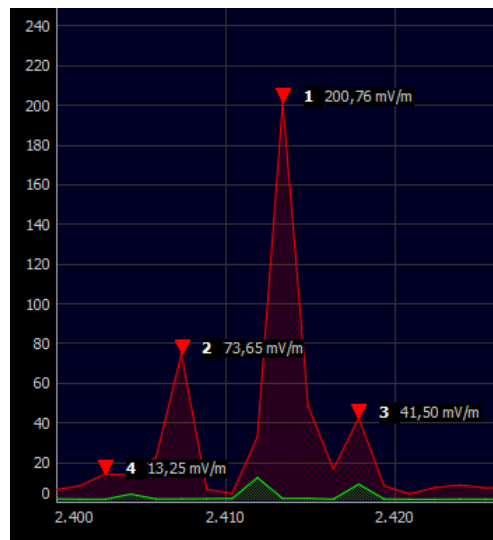


Fig. 4.3. Exemple de mesura realitzada en el TCM.

Arribats a aquest punt es poden donar tres casos:

- El nivell llegit d'una o varies components supera el nivell de referència donat per el RD 1066/2001 en la freqüència corresponent. Aleshores es pot afirmar

que el sistema radioelèctric o zona en estudi no s'adapta a les exigències del RD 1066/2001.

Cap de les mesures realitzades en aquest estudi ha superat el nivell de referència.

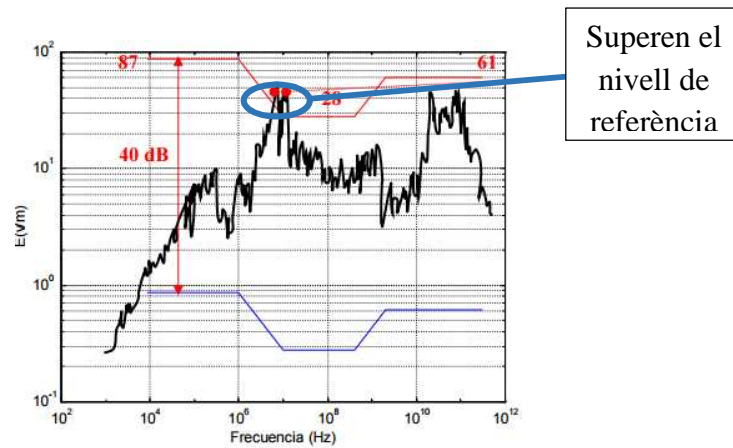


Fig. 4.4. Exemple procediment de mesura: primer cas.

- b) Totes els components espectrals estan per sota dels nivells de referència establerts en l'annex II del RD 1066/2001 i per tant es consideren només aquelles que superin el nivell de decisió (40 dB per sota dels nivells de referència). Es procedeix a la verificació de les condicions senyalades en l'apartat 4.2 del referit annex II, aplicant la fórmula corresponent:

$$S_T = \sum_i \left(\frac{E_{mi}}{E_{ri}} \right)^2 \tag{4.6}$$

A continuació es pot observar un petit exemple d'aquest cas durant les mesures realitzades en el TCM.



Fig. 4.5. Exemple procediment de mesura: segon cas.

- c) Totes les components espectrals estan per sota del nivell de decisió. En aquest cas es pot afirmar que l'emplaçament o zona d'estudi s'adapta a les exigències del RD 1006/2001.

Aquest és el cas que predomina clarament en la majoria de les mesures fetes en el TCM.

Per resumir i que es vegi amb més claredat el procés acabat d'explicar, tot seguit es pot observar gràficament el diagrama de flux corresponent.

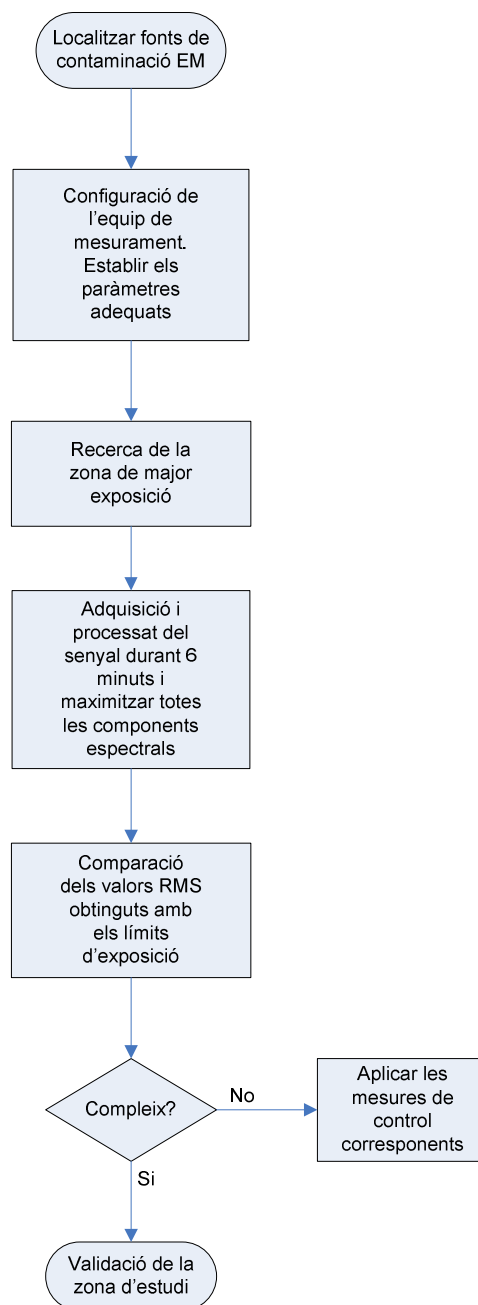


Fig. 4.6. Diagrama de flux del procés de mesurament.

5. Resultats obtinguts.

El present capítol es dedica a mostrar i explicar aquells resultats més significatius que s'han obtingut un cop realitzats tots els mesuraments tant pels telèfons mòbils, com per la connexió Wi-Fi i pels forns microones.

Així doncs, tot seguit a mode d'exemple es poden veure alguns exemples d'aquells resultats més rellevants de cadascuna de les tecnologies mesurades i amb les corresponents explicacions. Si es desitgen veure cadascun dels resultats obtinguts es recomana mirar l'Annex IV. A més, també es poden veure totes aquelles gràfiques resultants dels senyals obtinguts [Annex V, Annex VI i Annex VII].

5.1. Connexió Wi-Fi.

| Equip de mesura utilitzat | | | Dades dels mesuraments | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------------|---|
| Marca: Aaronia Model: Spectran HF-6065 V4 Nº Sèrie: 37264 Data últim calibratge: 11/02/2015 | | | Data de realització: 16/03/2015 - 27/04/2015 Tècnic responsable: Enric Marín | | | |
| Antena utilitzada | | | Nº total de mesuraments: 78 | | | |
| Marca: Aaronia Model: HyperLOG 7060 Longitud del cable (m): 1 | | | | | | |
| Localització del punt de mesura respecte de l'antena | Hora d'inici de cada mesurament | Frequència mesurada (MHz) | Nivell de referència (V/m) | Nivell de referència (A/m) | Valor mesurat (V/m) | Supera el nivell decisió (40 dB inferior al nivell de referència) SI o NO |
| Distància (m) | | | | | | |
| 1,5 | 20:45 | 2414 | 61 | 0,160 | 0,201 | NO |
| 1,5 | 14:02 | 2454 | 61 | 0,160 | 0,153 | NO |
| 1,5 | 13:56 | 2433 | 61 | 0,160 | 0,208 | NO |
| 1,5 | 21:29 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,346 | NO |

Taula 5.1. Taula dels resultats més significatius del Wi-Fi.

En aquesta taula es poden observar els valors adquirits més significatius realitzats per quatre dels molts equips de connexió Wi-Fi instal·lats pel recinte del TCM. Com es pot contemplar, els resultats obtinguts no superen en cap cas el nivell de decisió, tal com es veu a la Taula 3.6. Per tant, com que aquests resultats es corresponen al tercer cas del procediment de

mesurament explicat en el capítol anterior, es pot afirmar que la zona d'estudi s'adapta a les exigències del RD 1006/2001.

Com a observació comentar que la distància per començar a realitzar els mesuraments de la radiació EM emesa pels equips Wi-Fi és a partir dels 0,375 m, tal com s'explica en el capítol 4. En l'actual estudi, la distància aproximada en la que s'han realitzats els mesuraments ha sigut d'1,5 m. Això és degut a que els equips de connexió Wi-Fi estan situats damunt del sostre de la universitat, volent dir que molt probablement els nivells de radiació EM haguessin siguts majors si s'haguessin mesurat d'una mica més a prop.

5.2. Telèfons mòbils.

| Equip de mesura utilitzat | | | Dades dels mesuraments | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------------|---|
| Marca: Aaronia Model: Spectran HF-6065 V4 Nº Sèrie: 37264 Data últim calibratge: 11/02/2015 | | | Data de realització: 16/03/2015 - 27/04/2015 Tècnic responsable: Enric Marín | | | |
| Antena utilitzada | | | Nº total de mesuraments: 78 | | | |
| Marca: Aaronia Model: HyperLOG 7060 Longitud del cable (m): 1 | | | | | | |
| Localització del punt de mesura respecte de l'antena | Hora d'inici de cada mesurament | Freqüència mesurada (MHz) | Nivell de referència (V/m) | Nivell de referència (A/m) | Valor mesurat (V/m) | Supera el nivell decisió (40 dB inferior al nivell de referència) SI o NO |
| Distància (m) | | | | | | |
| 1,2 | 19:51 | 1927 | 60 | 0,160 | 0,207 | NO |
| 1,2 | 12:40 | 1973 | 61 | 0,160 | 0,104 | NO |

Taula 5.2. Taula dels resultats més significatius dels telèfons mòbils.

En la corresponent taula es representen els mesuraments realitzats pels telèfons mòbils en la zona de descans/menjador de la planta B i en el laboratori d'informàtica 1. Igual que succeeix amb els resultats obtinguts dels equips de connexió Wi-Fi anteriorment explicats, també es pot afirmar que la zona d'estudi s'adapta a les exigències del RD 1006/2001 ja que tampoc superen el nivell de decisió corresponent.

Com a detall important comentar que els mesuraments s'han realitzat aproximadament entre 1 m i 1,2 m, tal com es detalla en el capítol 4, i per tant, els valors obtinguts són bastant

baixos. Però, el telèfon mòbil és un dispositiu que la major part del temps està en contacte amb el cos humà, volent dir que els nivells de radiació que absorbeix una persona que està utilitzant el telèfon mòbil, sobretot en el moment de les trucades, són més elevats que els mesurats en aquest estudi.

5.3. Forns microones.

| Equip de mesura utilitzat | | | Dades dels mesuraments | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------------|---|
| Marca: Aaronia Model: Spectran HF-6065 V4 Nº Sèrie: 37264 Data últim calibratge: 11/02/2015 | | | Data de realització: 16/03/2015 - 27/04/2015 Tècnic responsable: Enric Marín | | | |
| Antena utilitzada | | | Nº total de mesuraments: 78 | | | |
| Marca: Aaronia Model: HyperLOG 7060 Longitud del cable (m): 1 | | | | | | |
| Localització del punt de mesura respecte de l'antena | Hora d'inici de cada mesurament | Frequència mesurada (MHz) | Nivell de referència (V/m) | Nivell de referència (A/m) | Valor mesurat (V/m) | Supera el nivell decisió (40 dB inferior al nivell de referència) SI o NO |
| Distància (m) | | | | | | |
| 1,0 | 22:04 | 2455 | 61 | 0,160 | 1,560 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2457 | 61 | 0,160 | 1,559 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2464 | 61 | 0,160 | 1,515 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2465 | 61 | 0,160 | 1,480 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2462 | 61 | 0,160 | 1,368 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2443 | 61 | 0,160 | 1,259 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2452 | 61 | 0,160 | 1,176 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2451 | 61 | 0,160 | 1,028 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2453 | 61 | 0,160 | 0,939 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2459 | 61 | 0,160 | 0,952 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2442 | 61 | 0,160 | 0,930 | SI |
| 1,0 | 22:04 | 2444 | 61 | 0,160 | 0,781 | SI |

Taula 5.3. Taula dels resultats més significatius dels forns microones.

Tal com es veu a la taula 5.3, es representen els valors obtinguts d'un dels tres forns microones que es troben en el TCM, concretament el que està situat en la zona de descans/menjador de la planta 1. Es correspon al segon cas del procediment de mesurament

i per tant es consideren només aquells senyals que superen el nivell de decisió (0,6 V/m), tal com es veu a la Fig. 5.1.



Fig. 5.1. Valors que superen el nivell de decisió del forn microones planta 1.

Per validar l'emplaçament s'ha de calcular la taxa total d'exposició, tal com es recull en l'Annex II del RD 1066/2001. D'aquesta forma s'assegura que la suma acumulativa de les components espectrals compleix amb la legislació. Per això es realitza el següent càlcul:

$$S_T = \sum_i \left(\frac{E_{mi}}{E_{ri}} \right)^2 \quad (5.1)$$

On:

S_T Tassa total d'exposició.

E_{mi} Camp elèctric mesurat.

E_{ri} Camp elèctric de referència (en aquest cas és sempre 61 V/m).

Aleshores, agafant els valors de la taula 5.3 i aplicant (8.1) s'obté el següent resultat:

$$S_T = 0,0056$$

Com que el valor de la taxa total d'exposició és menor a la unitat, es pot afirmar que l'emplaçament compleix amb lo disposat en el RD 1066/2001. Si el resultat fos major a 1, aleshores l'emplaçament o zona d'estudi no s'adaptaria al que exigeix la legislació.

Respecte els altres dos forns microones, tots dos situats en la zona de descans/menjadors de la planta B, no s'han volgut introduir les taules de resultats degut a que no es vol caure en un excés o redundància d'informació. Si es desitgen veure les taules amb tots els resultats s'aconsella mirar l'Annex IV.

Tot i així, a continuació es mostren els valors de la taxa total d'exposició de tots dos forns.

- **Primer forn microones planta B:**

$$S_T = 0,00050$$

Com que el valor de la taxa total d'exposició és menor a la unitat, es pot afirmar que l'emplaçament compleix amb lo disposat en el RD 1066/2001.

- **Segon forn microones planta B:**

$$S_T = 0,0025$$

Igual que en els dos casos anteriors, com que el valor de la taxa total d'exposició és menor a la unitat, es pot afirmar que l'emplaçament compleix amb lo disposat en el RD 1066/2001.

6. Planificació del projecte.

Durant la realització del projecte de detall han sorgit una sèrie d'imprevistos que han afectat a la planificació respecte a la planificació que es va fer originalment en l'avantprojecte. Tots aquests desajustos s'expliquen tot seguit.

Primer de tot, s'han hagut de redefinir les tasques que es realitzen en el projecte de detall i establir les precedències entre elles, a més d'assignar a les activitats els recursos corresponents, utilitzant sempre el software Microsoft Project.

La planificació s'ha dividit en tres grans blocs, sumant un total de 395 h:

- Treball previ al disseny i desenvolupament de la solució (95)
 - Localització de les principals fonts de contaminació EM al TCM.
 - Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura.
 - Calibratge del dispositiu.
 - Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral.
- Disseny i desenvolupament de la solució (165)
 - Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM (WiFi, mòbils, forns microones...).
 - Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats (anàlisis detallat mitjançant software).
- Elaboració escrita i edició dels documents del projecte (135)
 - Edició i redacció final de tots els documents del projecte.
 - Revisió final de tots els documents del projecte.

El primer que es pot observar respecte a la planificació inicial és una variació d'hores en algunes de les tasques, tot i que la durada total del projecte segueix sent la mateixa, 395h. La variació d'hores més significativa es troba en les dues tasques de disseny i desenvolupament de la solució:

- **Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM.**

Aquesta primera tasca ha passat de durar 60 h a 110 h. Aquest augment una mica radical és degut a que inicialment es pretenia adquirir i processar el senyal directament des de el dispositiu de mesurament, sense l'ajuda del software d'anàlisis

espectral. La utilització del software es volia fer servir fonamentalment per carregar totes les dades que s'havien anat obtenint prèviament i guardant en el propi dispositiu per finalment tractar-les de la forma més adequada, ja que disposa de moltes opcions de visualització. Però, un cop es va estudiar tant el dispositiu de mesurament com el software d'anàlisi espectral, es va detectar que el tractament dels senyals eren molt més precisos si es realitzaven mitjançant l'ajuda d'aquest software. Per tant, això volia dir que per dur a terme totes les mesures s'havia d'estar permanentment connectat via USB amb el portàtil, el qual té només una hora i mitja d'autonomia, el que va provocar que s'allargués la duració total d'aquesta tasca.

- **Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats.**

Com s'acaba d'esmentar en la tasca anterior, finalment es va optar per utilitzar des d'un principi el software d'anàlisi espectral junt amb el propi dispositiu de mesurament per realitzar tots els mesuraments, volent dir que totes les dades ja es trobaven en el propi ordinador preparades per ser processades. Aleshores, la duració total d'aquesta tasca es va veure reduïda a 55 h respecte la duració establerta en la planificació inicial que era de 90 h.

Un cop explicades aquestes variacions en les duracions de les tasques, el principal i gran obstacle que s'ha trobat durant la realització del projecte ha sigut les vacances de setmana santa. Quan es va fer la planificació a l'avantprojecte es va cometre l'error de no tenir en compte aquestes dates (del 30/03/2015 al 06/04/2015), es van passar per alt perquè es pretenia treballar des de casa durant aquestes dates, però just durant aquesta setmana va coincidir que tocava realitzar la tasca "Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM". Aquesta tasca és l'única que es necessita estar físicament a la universitat per fer els mesuraments i, com que durant aquesta setmana la universitat va romandre tancada, no es va poder fer la feina corresponent.

Si, a més, s'afegeix que s'ha hagut d'ampliar la durada d'aquesta mateixa tasca, la conseqüència és que el projecte s'endarrereix més del compte. Però, per una altra banda, tot i que en un principi es va establir una jornada laboral on no es contemplava treballar tots els caps de setmana, només treballar de dilluns a diumenge un cop haver finalitzat la tasca "Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM", actualment s'ha decidit treballar tots els dies de la setmana excepte durant la tasca "Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM

al TCM". Això és degut a que inicialment es va pensar que no es tindria accés total al propi equip de mesurament perquè es va suposar que l'equip romandria en la universitat. Però, finalment, s'ha tingut total accés al dispositiu de mesurament i per tant s'ha pogut treballar des de casa. En conseqüència, el termini final del projecte no s'ha vist gairebé modificat, ha passat de finalitzar el 30 de maig del 2015 per acabar finalitzant l'1 de juny del 2015.

Així doncs, per poder dur a terme aquest seguit de tasques en la nova programació, s'ha establert la següent jornada laboral.

| | Del 23/02/2015 al 13/03/2015 | Del 16/03/2015 al 29/03/2015 | Del 30/03/2015 al 06/04/2015 | Del 07/04/2015 al 27/04/2015 | Del 27/04/2015 al 01/06/2015 |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| HORARI | | | | | |
| Dilluns a Divendres | 15:30 - 20:00 | 15:30 - 20:00 | SETMANA SANTA (No es treballa) | 15:30 - 20:00 | 15:30 - 20:00 |
| Dissabte a Diumenge | 14:30 - 21:00 | - | | - | 13:00 - 21:00 |

Taula 6.1. Horari de la jornada laboral.

A continuació, es mostra la taula amb les activitats o tasques a fer en el projecte de detall, indicant la relació de precedència entre elles i la durada total de cadascuna de les activitats, sense tenir en compte els recursos ja que l'únic recurs utilitzat és el propi projectista.

| | Codi | Activitat | Activitat predecessora | Durada (h) |
|---|-------------|---|-----------------------------------|-------------------|
| Treball previ al disseny i desenvolupament de la solució | A | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | - | 15 |
| | B | Aprentatge/estudi del dispositiu de mesura | A | 25 |
| | C | Calibratge del dispositiu | B | 15 |
| | D | Aprentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | C | 40 |

| | | | | |
|--|---|--|---|-----|
| Disseny i desenvolupament de la solució | E | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM | D | 110 |
| | F | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | E | 55 |
| Elaboració escrita del document | G | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | F | 130 |
| | H | Revisió final de tots els documents del projecte | G | 5 |

Taula 6.2. Taula d'activitats.

Seguidament, en el diagrama de GANTT es pot observar la planificació actualitzada on totes les tasques formen part del camí crític ja que totes elles són seqüencials, i on s'indica que el projecte finalitza el dia 01/06/2015. A més, tal com es veu a la Fig.6.2, es pot observar la taula de costos on es contempla el cost total del projecte en funció de les hores¹ treballades. El cost total és de 11.850,00€.

¹ El preu per hora treballada s'estima en 30€.

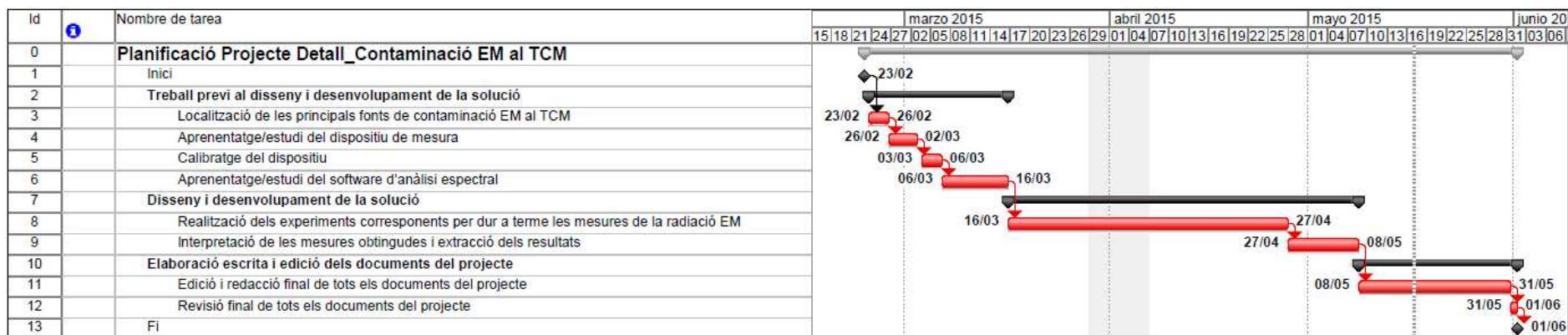


Fig. 6.1. Diagrama de Gantt.

| Id | Nombre de tarea | Costo fijo | Acumulación de costos fijos | Costo total | Previsto | Variación |
|----|--|------------|-----------------------------|-------------|----------|-------------|
| 0 | Planificació Projecte Detall_Contaminació EM al TCM | 0,00 € | Prorrateo | 11.850,00 € | 0,00 € | 11.850,00 € |
| 1 | Inici | 0,00 € | Prorrateo | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| 2 | Treball previ al disseny i desenvolupament de la solució | 0,00 € | Prorrateo | 2.850,00 € | 0,00 € | 2.850,00 € |
| 3 | Localització de les principals fonts de contaminació EM al TCM | 0,00 € | Prorrateo | 450,00 € | 0,00 € | 450,00 € |
| 4 | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | 0,00 € | Prorrateo | 750,00 € | 0,00 € | 750,00 € |
| 5 | Calibratge del dispositiu | 0,00 € | Prorrateo | 450,00 € | 0,00 € | 450,00 € |
| 6 | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 0,00 € | Prorrateo | 1.200,00 € | 0,00 € | 1.200,00 € |
| 7 | Disseny i desenvolupament de la solució | 0,00 € | Prorrateo | 4.950,00 € | 0,00 € | 4.950,00 € |
| 8 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM | 0,00 € | Prorrateo | 3.300,00 € | 0,00 € | 3.300,00 € |
| 9 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 0,00 € | Prorrateo | 1.650,00 € | 0,00 € | 1.650,00 € |
| 10 | Elaboració escrita i edició dels documents del projecte | 0,00 € | Prorrateo | 4.050,00 € | 0,00 € | 4.050,00 € |
| 11 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 0,00 € | Prorrateo | 3.900,00 € | 0,00 € | 3.900,00 € |
| 12 | Revisió final de tots els documents del projecte | 0,00 € | Prorrateo | 150,00 € | 0,00 € | 150,00 € |
| 13 | Fi | 0,00 € | Prorrateo | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |

Fig. 6.2. Taula de costos.

7. Impacte mediambiental.

Per a la realització de la viabilitat mediambiental, en un principi s'ha realitzat una metodologia de llistes de control [Annex VIII], basada en la Directiva 97/11/CEE per a l'avaluació de les repercussions de determinats projectes públics i privats sobre el medi ambient, aplicada a les diferents fases el projecte.

El que succeeix, tal com es pot observar en les respectives taules de control, és que en aquest projecte no es genera cap impacte sobre el medi ambient i aleshores no es poden evitar impactes no permesos.

D'una altra banda, l'objectiu principal d'aquest estudi és assegurar que les emissions generades per les principals fonts de contaminació EM que es troben en el recinte del TCM compleixen amb els límits establerts per el RD 1066/2001 [11]. I per tant, aquest estudi el que sí que fa és generar un benestar col·lectiu, és a dir, si els nivells mesurats estan per sota dels límits establerts es pot assegurar que les radiacions EM en el TCM no suposen cap problema de salut per els usuaris, i, si els nivells mesurats sobrepassen els límits establerts per el RD 1066/2001, aleshores es farà la proposta d'implementació de les mesures de control corresponents.

8. Conclusions.

Al començament de l'estudi realitzat es van establir una sèrie d'objectius, els quals s'han complert satisfactòriament. Com a objectiu principal es va emfatitzar en el disseny dels diversos experiments per dur a terme els mesuraments per tal d'adquirir i processar els senyals de les radiacions EM existents en el recinte universitari, per finalment acabar validant o no la zona d'estudi com a zona segura.

Així doncs, un cop finalitzat el projecte es pot extreure una gran i principal conclusió. Tots els resultats obtinguts a partir dels mesuraments realitzats en el recinte del TCM es troben per sota dels nivells de referència, o sigui, per sota dels límits màxims permesos establerts per la normativa vigent. Això vol dir que es pot afirmar, sempre basant-se en el que diu la normativa actual, que la radiació emesa per les principals fonts de contaminació EM presents en la universitat no suposen cap risc per els propis usuaris del TCM. Per tant, es valida tot el recinte com a zona segura.

De totes maneres, no està de més establir una sèrie de mesures preventives per tal de minimitzar al màxim l'exposició del cos humà a aquests camps EM, degut a que la normativa vigent està subjecte a les conclusions d'estudis futurs que puguin acabar forçant una reducció dels límits actualment permesos. Per tant, tot seguit es comenten algunes d'aquestes recomanacions:

- Evitar l'ús del telèfon mòbil en presència de dispositius sensibles a interferències de camps EM.
- Impedir l'accés a àrees on els nivells d'exposició puguin estar per sobre dels límits permesos.
- No abusar de l'ús del telèfon mòbil.
- Mantenir una distància de seguretat mentre el forn microones està en funcionament degut a que els nivells de radiació EM disminueixen bruscament a mesura que s'augmenta la distància respecte la font emissora. Els nivells de radiació que desprenen els forns microones són bastant elevats si s'està molt a prop, per tant, quan més lluny s'estigui, millor.
- Utilitzar més sovint el mans lliures dels telèfons mòbils a l'hora d'establir una conversació. Tal com s'ha esmentat en el punt anterior, d'aquesta manera es redueix

moltíssim l'exposició als camps EM emesos pels mòbils. Simplement, allunyant el telèfon del cap uns dos o tres cm es redueix més de 10 vegades l'exposició.

- No instal·lar equips d'inhibició de la connexió Wi-Fi ja que la majoria dels que es comercialitzen augmenten els nivells de radiació EM. Això és degut a que aquests equips inhibidors per tal d'inhibir, de bloquejar el senyal Wi-Fi, emeten a la mateixa freqüència que els equips Wi-Fi però a molta més potència.
- Quan es desitgi fer una trucada de telèfon mòbil, realitzar-les en aquelles zones on hi hagi bona cobertura. En cas contrari el telèfon emet més ones EM.
- No realitzar trucades massa llargues o utilitzar la via SMS.
- Els portadors d'implants mèdics actius han de respectar una distància d'uns 30 cm entre el telèfon mòbil i l'implant.
- Desconnectar o apagar aquells equips que emeten radiació EM quan realment no són necessaris d'utilitzar, per exemple durant les nits.

Amb la finalització del projecte és molt possible que s'obri una línia de recerca i, per tant, els resultats obtinguts poden ser de gran utilitat i poden servir de referència per futurs projectes.

D'aquest projecte també es poden extreure altres conclusions, com per exemple, que tot i que s'han produït alguns desajustos en la planificació del projecte, aquests desajustos no han acabat afectant greument en la duració total del projecte ja que només s'ha endarrerit dos dies respecte la planificació inicial i, per tant, es troba dins del termini de lliurament. A més, també es pot afirmar que el pressupost està ajustat i ben realitzat degut a que no s'ha produït cap desviació respecte el pressupost elaborat en l'avantprojecte.

Finalment, com a conclusions d'opinió personal, comentar que tot i que els valors obtinguts en tots els mesuraments han estat molt per sota dels límits màxims permesos, i aquests mateixos valors podrien ser representatius de molts altres recintes (oficines, habitatges, aeroports, etc.), no ha de ser sinònim de que no existeix cap tipus de risc i de no seguir estudiant aquest tipus de radiació EM. Tot al contrari, els límits establerts en la normativa vigent són els mateixos que els indicats per l'ICNIRP l'any 1998. De fet, són varis els experts i estudis científics que recomanen la revisió d'aquests límits i disposar d'uns límits més estrictes davant l'exposició d'aquests camps EM.

És cert que en els últims anys s'ha estudiat amb més ímpetu aquest tipus de radiació EM, però a aquestes alçades encara no es compta amb una prova científica definitiva que demostrï si existeixen conseqüències a nivell de salut pública. Existeix una gran incertesa entre els propis científics davant d'aquest assumpte, i aquesta incertesa és deguda en si baixos nivells d'exposició de radiació EM no ionitzant HF durant una continuada exposició, a llarg termini poden o no provocar respostes biològiques i influir en el benestar de les persones.

En definitiva, degut a la omnipresència de camps EM en la vida diària de gairebé qualsevol persona, és d'imperial necessitat seguir estudiant en profunditat i encara amb més obstinació aquests camps EM per acabar tenint proves científiques al respecte, ja sigui per confirmar o desmentir les conseqüències adverses sobre la salut pública que poden provocar aquestes exposicions prolongades de radiació.

9. Referències.

- [1] RICARD HORTA. *Contaminación por radiaciones* [online]. Disponible a http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=2&id=33&numopcn=1
- [2] ORGANITZACIÓ MUNDIAL DE LA SALUT (OMS) [online]. Disponible a <http://www.who.int/es/>
- [3] RESUM PROJECTE REFLEX [online]. Disponible a <http://www.itis.ethz.ch/assets/Downloads/PapersReports/Reports/REFLEXProgressSummary.pdf>
- [4] INFORME FINAL PROJECTE REFLEX (2004). *Risk Evaluation of Potential Environmental* [online]. Disponible a <http://www.itis.ethz.ch/assets/Downloads/PapersReports/Reports/REFLEXFinalReport171104.pdf>
- [5] EL MUNDO (2004). *Científicos de 12 países denuncian que la UE deja de financiar un estudio sobre las radiaciones de los móviles.* [online]. Disponible a <http://www.elmundo.es/elmundo/2004/12/22/ciencia/1103721576.html>
- [6] GRUP DE TREBALL BIOINITIATIVE (2012). *BioInitiative Report. Resumen para el público* [online]. Disponible a http://www.avaate.org/IMG/pdf/RESUMEN_Bioinitiative.2012.Resumen.Publico.pdf
- [7] PROJECTE GERONIMO (2014-2019) [online]. Disponible a <http://www.creal.cat/programes-recerca/projectes-creal/view.php?ID=133>
- [8] LORENA FERRO; LA VANGUARDIA (2014). *No està comprovado que el Wi-Fi sea malo para la salud* [online]. Disponible a <http://www.lavanguardia.com/vida/20140213/54401095177/entrevista-riesgos-wi-fi-salud.html>
- [9] ICNIRP [online]. Disponible a <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html>

- [10] GOVERNANÇA RADIOELÈCTRICA [online]. Disponible a <http://governancaradioelectrica.gencat.cat/>
- [11] BOE. REIAL DECRET 1066/2001 [online]. Disponible a <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-18256>
- [12] BOE. ORDRE CTE/23/2002. *Procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión*. Annex IV. [online]. Disponible a http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-694
- [13] AGUSTÍN BOCOS; LA VANGUARDIA (2011). *No se olvide de apagar el WiFi por la noche* [Online]. Disponible a <http://www.lavanguardia.com/lacontra/20111010/54228364832/no-se-olvide-de-apagar-el-wi-fi-por-la-noche.html>
- [14] INTERPHONE STUDY (2012) [online]. Disponible a <http://interphone.iarc.fr/>
- [15] FRANCISCO SAN MARTÍN; DSSALUD (2010). *El estudio interphone y el peligro de los teléfonos móviles* [online]. Disponible a <http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=1512>
- [16] DATASHEET MODELS ROUTERS [online]. Disponible a <http://www.eterinity-sales.com/wirefreeCNC/files/wireless-ap-ds.pdf>
- [17] DATASHEET ROUTER AP3705i [online]. Disponible a <http://learn.extremenetworks.com/rs/extreme/images/AP3705i-DS.pdf>
- [18] BANDAS ASIGNADES ALS OPERADORS MÒBILS [online]. Disponible a http://oficinavirtual.mityc.es/SETSI_RegConcesiones/default.aspx?codservicio=900&servicio=Servicio+de+Comunicaciones+Electr%u00f3nicas+900+Mhz&titular=&rn=true
- [19] AARONIA. DATASHEET SPECTRAN HF-6065 [online]. Disponible a http://www.aaronia.com/Datasheets/Spectrum_Analyzer/Spectrum_Analyzer_Aaronia_Spectran_HF-6000-Series.pdf

-
- [20] DATASHEET HYPERLOG 7060 [online]. Disponible a http://www.aaronia.es/Hoja-de-datos/Antenas/Antena_direccional_HyperLOG7000.pdf

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**IDENTIFICACIÓ, MESURA I ANÀLISI DE LA CONTAMINACIÓ
ELECTROMAGNÈTICA AL TECNOCAMPUS**

Plànols

Enric Marín Valdivielso
PONENT: Virginia Espinosa Duró

PRIMAVERA 2015



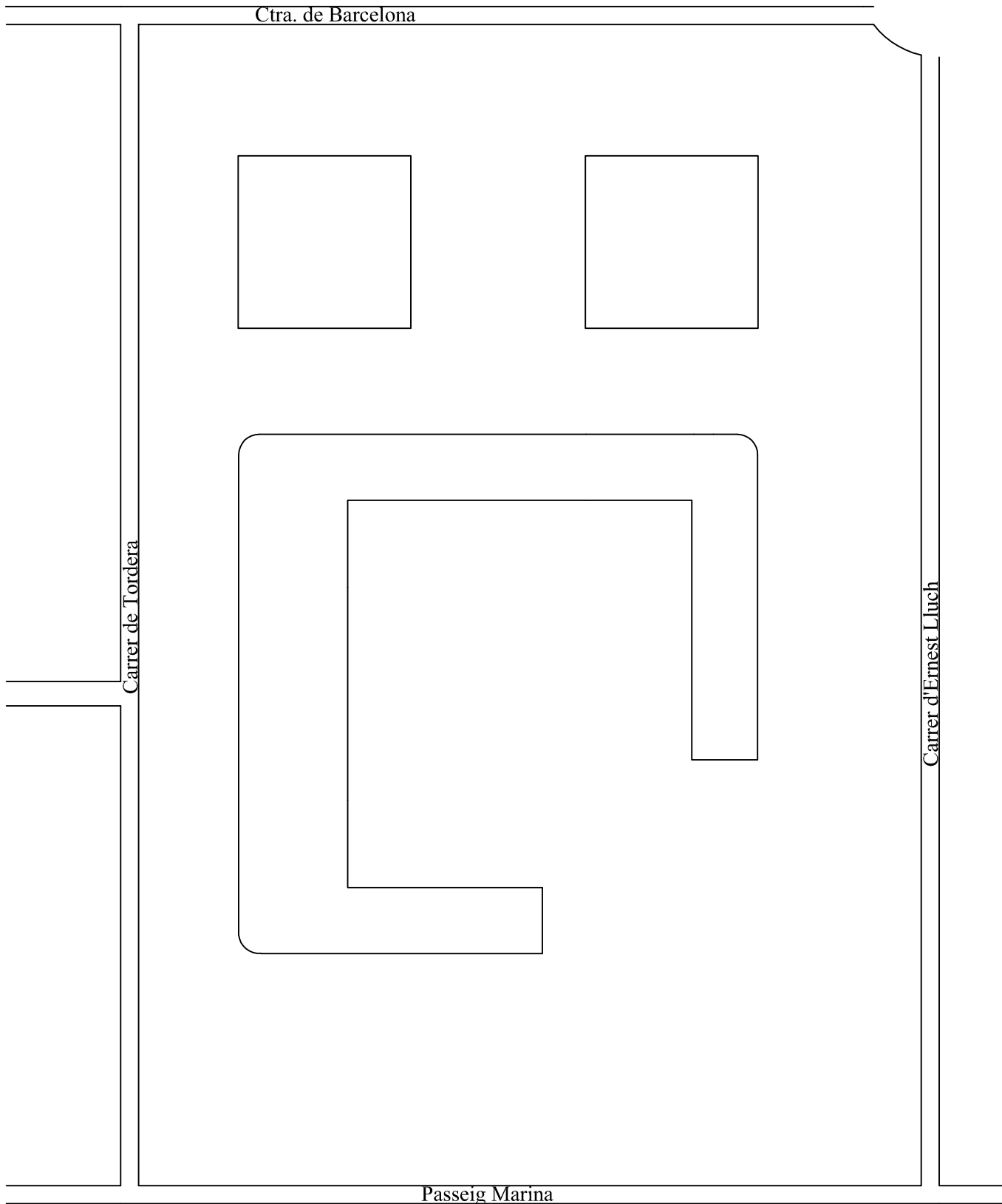
TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

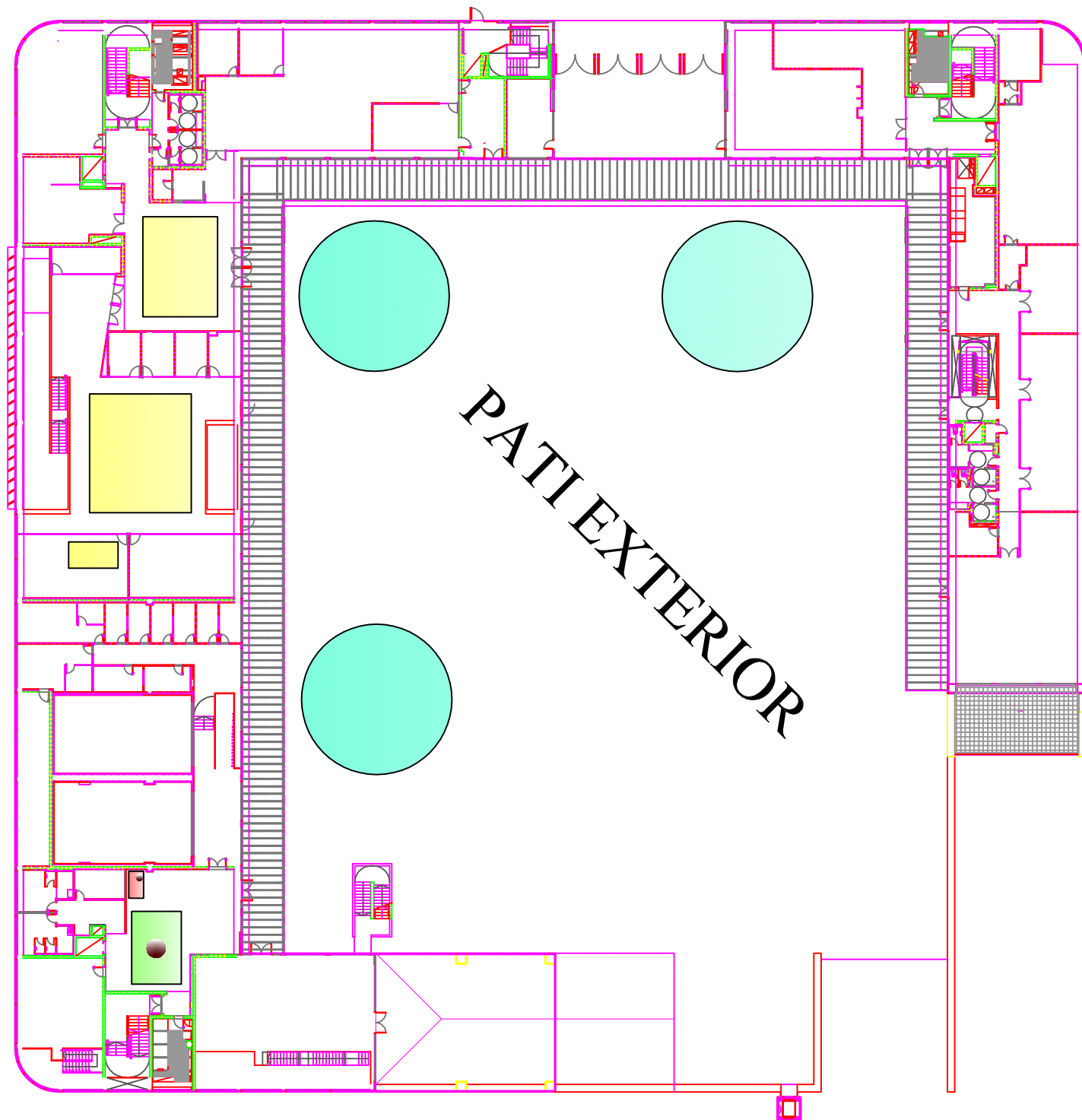
| | |
|---|---|
| Document A-1. Plànol situació..... | 1 |
| Document A-2. Plànol d'emplaçament..... | 3 |
| Document A-3. Plànol distribució en planta B..... | 5 |
| Document A-4. Plànol distribució en planta 1..... | 7 |
| Document A-5. Plànol distribució en planta 2..... | 9 |



| | Data | Nom | Document A-1 | ESCOLA UNIVERISTÀRIA POLITÈCNICA DE MATARÓ |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Dibuixat | 07/05/2015 | Enric Marín Valdivielso | | |
| Comprovat | 12/05/2015 | Virginia Espinosa Duró | | |
| Escala: 1:10000 | PLÀNOL SITUACIÓ | | Plànol nº 1 | |

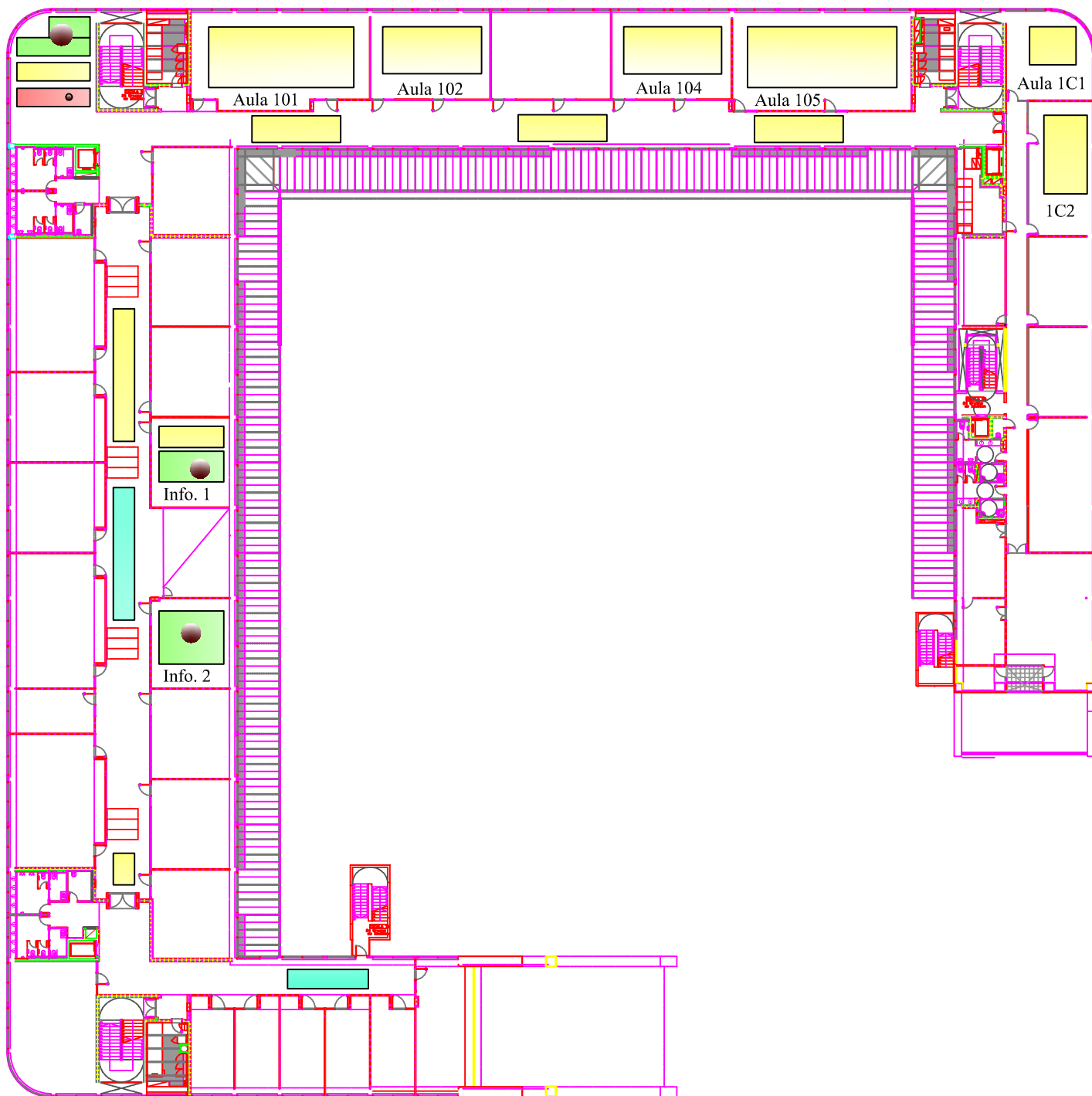


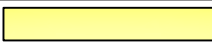



| | Data | Nom | Document A-2 | ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE MATARÓ |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|
| Dibuixat | 07/05/2015 | Enric Marín Valdivielso | | |
| Comprovat | 12/05/2015 | Virginia Espinosa Duró | | |
| Escala: 1:1000 | PLÀNOL EMPLAÇAMENT | | Plànol nº 2 | |



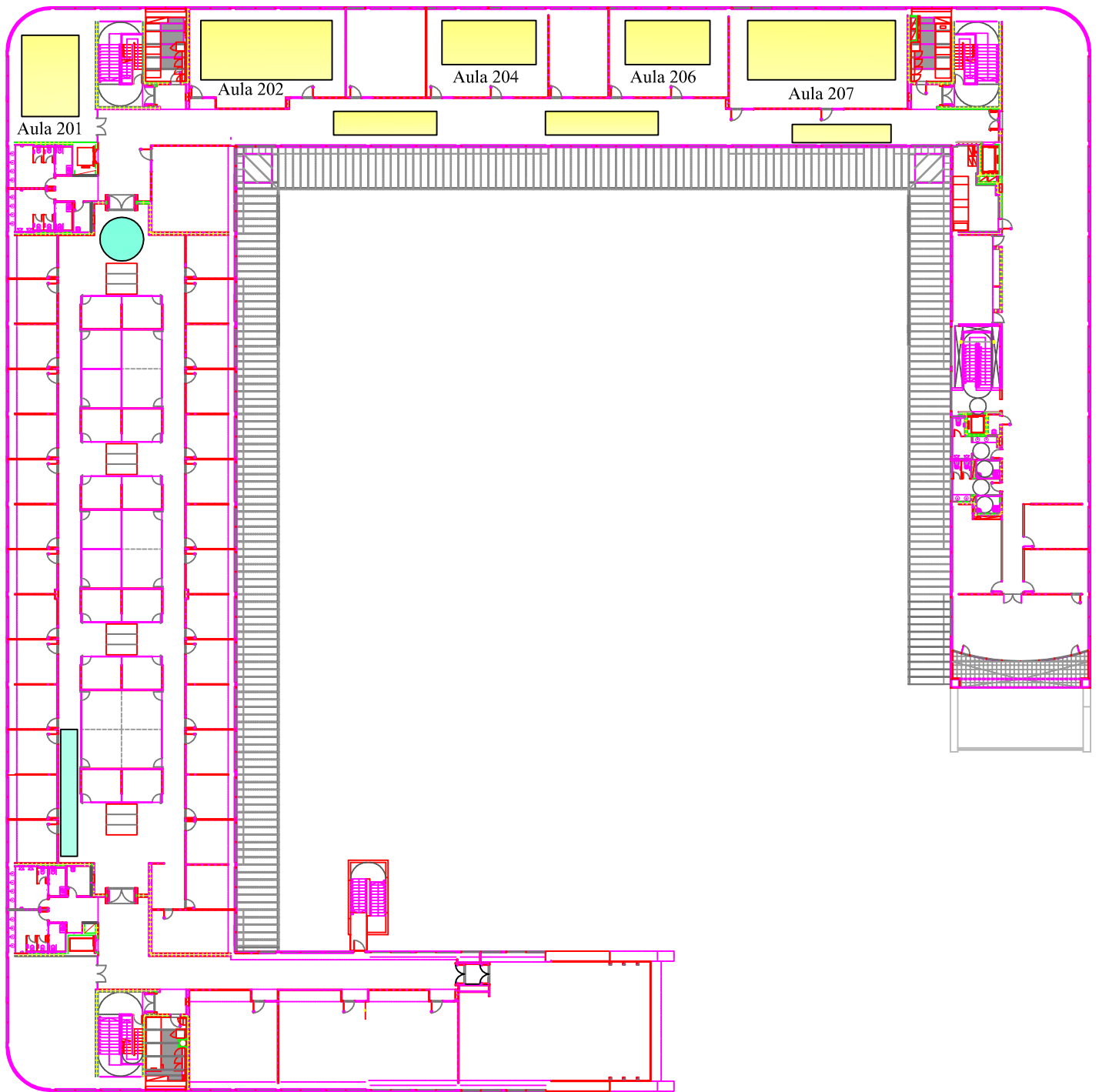
| COLOR | QUANTITAT | DESCRIPCIÓ |
|-------|-----------|--------------------------------------|
| | 3 | Mesuraments Wi-Fi de 2,4 GHz i 5 GHz |
| | 3 | Mesuraments Wi-Fi de 2,4 GHz |
| ● | 1 | Mesuraments telèfons mòbils |
| ● | 2 | Mesuraments forns microones |

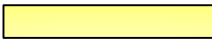
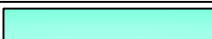
| | | | | |
|--------------------------|--|-------------------------|-------------------------|---|
| | Data | Nom | Document A-3 | ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÀCNICA DE MATARÓ |
| Dibuixat | 09/05/2015 | Enric Marín Valdivielso | | |
| Comprovat | 12/05/2015 | Virginia Espinosa Duró | | |
| Escala: 1:555 | PLÀNOL DISTRIBUCIÓ PLANTA B | | | Plànol n° 3 |



| COLOR | QUANTITAT | DESCRIPCIÓ |
|---|-----------|--------------------------------------|
|  | 13 | Mesuraments Wi-FI de 2,4 GHz i 5 GHz |
|  | 2 | Mesuraments Wi-FI de 2,4 GHz |
|  | 3 | Mesuraments telèfons mòbils |
|  | 1 | Mesuraments forns microones |

| | | | | |
|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------------|--|
| | Data | Nom | Document A-4 | ESCOLA UNIVERSITÀ POLITÀCNICA DE MATARÓ |
| Dibuixat | 09/05/2015 | Enric Marín Valdivielso | | |
| Comprovat | 12/05/2015 | Virginia Espinosa Duró | | |
| Escala: 1:555 | PLÀNOL DISTRIBUCIÓ PLANTA 1 | | Plànol n° 4 | |



| | | COLOR | QUANTITAT | DESCRIPCIÓ |
|-------------------------|--|---|-------------------------|---|
| | |  | 8 | Mesuraments Wi-Fi de 2,4 GHz i 5 GHz |
| | |  | 2 | Mesuraments Wi-Fi de 2,4 GHz |
| | Data | Nom | Document A-5 | ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE MATARÓ |
| Dibuixat | 09/05/2015 | Enric Marín Valdivielso | | |
| Comprovat | 12/05/2015 | Virginia Espinosa Duró | | |
| Escala: 1:555 | PLÀNOL DISTRIBUCIÓ PLANTA 2 | | Plànol n° 5 | |

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**IDENTIFICACIÓ, MESURA I ANÀLISI DE LA CONTAMINACIÓ
ELECTROMAGNÈTICA AL TECNOCAMPUS**

Estudi econòmic

Enric Marín Valdivielso
PONENT: Virginia Espinosa Duró

PRIMAVERA 2015



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex

| | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Viabilitat econòmica..... | 1 |
| 1.1. Pressupost del projecte..... | 1 |
| 1.1.1. Amidaments..... | 1 |
| 1.1.2. Quadre de preus..... | 2 |
| 1.1.3. Pressupost parcial..... | 2 |
| 1.1.4. Pressupost global..... | 4 |

1. Viabilitat econòmica.

En el present projecte, com es tracta de fer un exhaustiu estudi sobre un problema bastant desconegut per a la població en general, no es pot tractar igual que un projecte on es vol desenvolupar un producte o un servei que satisfan una necessitat, i on finalment, el producte o servei en qüestió generen un retorn econòmic.

Així doncs, en l'actual estudi no hi ha un retorn econòmic i per tant no es pot determinar la rendibilitat del projecte ja que no es generen beneficis.

A nivell d'inversió es tenen en compte fonamentalment les hores del projectista, tal com es pot veure tot seguit en el pressupost del projecte.

1.1. Pressupost del projecte.

El pressupost recull els costos directes d'enginyeria (hores de l'Avantprojecte i del projecte de detall), els costos indirectes de l'elaboració del projecte i els costos d'amortitzacions dels equips de desenvolupament.

S'ha de destacar que aquest projecte no disposa de materials, ja que l'únic material que es fa servir és el dispositiu de mesurament i es contempla com una amortització, degut que un cop finalitzat el projecte s'obrirà una línia de recerca i es farà servir en futurs projectes.

1.1.1. Amidaments.

| Capítol I: Elaboració del projecte | | |
|------------------------------------|---|--------------|
| Codi | Descripció | Parts iguals |
| 1.1 | Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa | 75 |
| 1.2 | Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució | 100 |
| 1.3 | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | 15 |
| 1.4 | Aprentatge/estudi del dispositiu de mesura | 25 |
| 1.5 | Calibratge del dispositiu | 15 |
| 1.6 | Aprentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 40 |
| 1.7 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM | 110 |

| | | |
|------|--|-----|
| 1.8 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 55 |
| 1.9 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 130 |
| 1.10 | Revisió final de tots els documents del projecte | 5 |

1.1.2. Quadre de preus.

| Capítol I: Elaboració del projecte | | |
|------------------------------------|---|------------------|
| Codi | Descripció | Preu unitari (€) |
| 1.1 | Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa | 30,00 |
| 1.2 | Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució | 30,00 |
| 1.3 | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | 30,00 |
| 1.4 | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | 30,00 |
| 1.5 | Calibratge del dispositiu | 30,00 |
| 1.6 | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 30,00 |
| 1.7 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM | 30,00 |
| 1.8 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 30,00 |
| 1.9 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 30,00 |
| 1.10 | Revisió final de tots els documents del projecte | 30,00 |

1.1.3. Pressupost parcial.

| Capítol I: Elaboració del projecte | | | | |
|------------------------------------|--|----------------|------------------|------------|
| COST D'ENGINYERIA | | | | |
| Codi | Descripció | Unitats totals | Preu unitari (€) | Import (€) |
| 1.1 | Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa | 75 | 30,00 | 2.250,00 |
| 1.2 | Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució | 100 | 30,00 | 3.000,00 |
| 1.3 | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | 15 | 30,00 | 450,00 |
| 1.4 | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | 25 | 30,00 | 750,00 |
| 1.5 | Calibratge del dispositiu | 15 | 30,00 | 450,00 |
| 1.6 | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 40 | 30,00 | 1.200,00 |

| | | | | |
|--------------------------------------|---|-----|-------|----------|
| 1.7 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM | 110 | 30,00 | 3.300,00 |
| 1.8 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 55 | 30,00 | 1.650,00 |
| 1.9 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 130 | 30,00 | 3.900,00 |
| 1.10 | Revisió final de tots els documents del projecte | 5 | 30,00 | 150,00 |
| COSTOS INDIRECTES¹ | | | | |
| 1.18 | Costos indirectes de ma d'obra | | | 3.420,00 |

TOTAL CAPÍTOL I**20.520,00 €**¹ Aplicant un percentatge del 20%

| Capítol II: Amortitzacions² | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EQUIPS INFORMÀTICS I SOFTWARE | | | | |
| Codi | Descripció | Cos Inv. | N (anys) | €/any |
| 1.1 | Disp. Mesura: SPECTRAN HF-6060 V4 | 1.034,95 | 3 | 172,49 |
| 1.2 | Ordinador | 1.000,00 | 3 | 166,67 |
| 1.3 | Software MICROSOFT OFFICE | 119,00 | 3 | 19,83 |
| 1.4 | Software MICROSOFT PROJECT | 653,65 | 3 | 108,94 |
| 1.5 | Software MICROSOFT VISIO | 339,15 | 3 | 56,53 |

TOTAL CAPÍTOL II**524,46 €**² Les amortitzacions es calculen en el supòsit de la realització de 2 projectes per any.

1.1.4. Pressupost global.

TOTAL CAPÍTOL I **20.520,00 €**

TOTAL CAPÍTOL II **524,46 €**

TOTAL **21.044,46 €**

IVA (21%) **4.419,34 €**

TOTAL PRESSUPOST 25.463,80 €

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**ESTUDI SOBRE EL CONJUNT D'EMISSIONS ELECTROMAGNÈTIQUES NO
IONITZANTS D'ALTA FREQUÈNCIA EN EL TECNOCAMPUS**

Avantprojecte

**Enric Marín Valdivielso
PONENT: Virginia Espinosa**

PRIMAVERA 2015



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Índex.

| | |
|--|-----|
| Índex de figures..... | III |
| Índex de taules..... | V |
| 1. Objecte del projecte..... | 1 |
| 2. Antecedents i necessitats d'informació..... | 3 |
| 2.1. Introducció..... | 3 |
| 2.2. Estudis realitzats..... | 5 |
| 2.3. Normativa i legislació vigent..... | 6 |
| 2.4. Unitats i nivells màxims d'exposició a camps EM..... | 7 |
| 3. Abast del projecte..... | 11 |
| 4. Objectius i especificacions tècniques..... | 13 |
| 5. Generació i plantejament de possibles solucions alternatives..... | 15 |
| 5.1. Marc teòric..... | 15 |
| 5.2. Realització dels mesuraments: Aspectes a considerar..... | 16 |
| 5.2.1. Ample de banda de treball..... | 16 |
| 5.2.2. Distància del punt de mesurament..... | 18 |
| 5.2.3. Selecció del tipus de sonda o antena..... | 20 |
| 5.3. Realització dels mesuraments: Fases de mesura..... | 21 |
| 5.3.1. Primera fase de mesura..... | 21 |
| 5.3.2. Segona fase de mesura..... | 23 |
| 6. Anàlisi de viabilitat..... | 27 |
| 6.1. Viabilitat tècnica..... | 27 |
| 6.1.1. Descripció de la solució tècnica..... | 27 |
| 6.1.2. Eines de desenvolupament..... | 29 |
| 6.2. Viabilitat econòmica..... | 29 |
| 6.3. Viabilitat mediambiental..... | 29 |
| 6.4. Selecció de l'alternativa més adequada..... | 30 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 7. Planificació del projecte..... | 31 |
| 8. Pressupost..... | 35 |
| 8.1. Amidaments..... | 35 |
| 8.2. Quadre de preus..... | 35 |
| 8.3. Pressupost parcial..... | 36 |
| 8.4. Pressupost global..... | 37 |
| 9. Referències..... | 39 |

Índex de figures.

| | |
|--|----|
| Fig. 2.1. Comparativa entre radiacions electromagnètiques..... | 4 |
| Fig. 2.2. Nivells màxims d'exposició per la població general i àrees de treball..... | 8 |
| Fig. 5.1. Relació entre freqüència i longitud d'ona..... | 16 |
| Fig. 5.2. Explicació ambdues zones al voltant d'una antena..... | 19 |
| Fig. 5.3. Representació del camp proper i llunyà..... | 19 |
| Fig. 5.4. Representació de la primera fase de mesura..... | 22 |
| Fig. 5.5. Representació 2 ^a fase de mesura: Cas 1..... | 23 |
| Fig. 5.6. Representació 2 ^a fase de mesura: Cas 2..... | 24 |
| Fig. 5.7. Representació 2 ^a fase de mesura: Cas 3..... | 24 |
| Fig. 5.8. Diagrama de flux de la 2 ^a fase de mesura..... | 25 |
| Fig. 7.1. Diagrama de Gantt..... | 33 |
| Fig. 7.2. Taula de costos..... | 33 |

Índex de taules.

| | |
|---|----|
| Taula 2.1. Nivells màxims d'exposició indicats en intensitat del camp elèctric..... | 8 |
| Taula 5.1. Classificació de la radiofreqüència per ample de banda..... | 17 |
| Taula 5.2. Ample de banda dels telèfons mòbils..... | 17 |
| Taula 5.3. Ample de banda del WiFi..... | 18 |
| Taula 5.4. Ampla de banda del microones..... | 18 |
| Taula 6.1. Dispositius de mesura escollit..... | 28 |
| Taula 7.1. Horari de la jornada laboral..... | 31 |
| Taula 7.2. Taula d'activitats..... | 32 |
| Taula 8.1. Elaboració del projecte..... | 35 |
| Taula 8.2. Cost unitari de l'elaboració del projecte..... | 35 |
| Taula 8.3. Cost de l'elaboració del projecte..... | 36 |
| Taula 8.4. Amortitzacions..... | 37 |

1. Objecte del projecte.

L'actual projecte consisteix en la identificació, detecció i posterior anàlisi de les principals fonts de contaminació electromagnètica (EM) presents a l'edifici universitari del Tecnocampus (TCM), entenent que aquestes poden esdevenir un problema de salut pública. Per tant, es vol fer un profund estudi sobre el conjunt d'emissions EM.

Les fonts de contaminació EM que es desitgen estudiar en el present projecte són aquelles que emeten radiacions d'alta freqüència (HF) i són no ionitzants, entenent principalment com a fonts HF el WiFi i els telèfons mòbils, ja que tot i que entre la població existeix una creixent preocupació pels problemes ocasionats per línies d'alta tensió, grans transformadors o antenes de telefonia, no succeeix el mateix amb altres aparells domèstics i/o quotidians, com per exemple, els mòbils, la connexió WiFi i forns microones, dels quals s'està rodejat gairebé les 24 hores del dia, i que paradoxalment, irradien en major proporció que les grans instal·lacions, i per tant, poden arribar a suposar un problema per a la pròpia salut.

També, es tindran en compte les ones EM generades per els microones, però s'entén que és un problema menor ja que hi han escassos forns microones en el TCM i per tant no s'aprofundirà tant en l'estudi.

Aquest tipus de radiacions artificials HF es consideren radiacions no ionitzants, és a dir, no provoquen alteracions en les estructures moleculars dels éssers vius. Però, en qualsevol cas, són molts els estudis científics que han alertat que les radiacions no ionitzants, si les potències d'aquestes són molt elevades i el cos incidit es troba raonablement molt a prop, a més de produir efectes tèrmics, els quals han estat demostrats, poden provocar altres efectes biològics més greus, afectant negativament a la salut, especialment en aquelles persones que puguin ser més sensibles a aquests camps.

Alguns d'aquests efectes biològics que es poden produir i que alguns estudis han alertat són: alteracions en el son, mals de cap, depressions, cansament, fatiga, pèrdues de memòria, afectació del sistema immunològic, danys en el propi ADN, tumors cerebrals i càncer, especialment del tipus leucèmia.

En resum, es pretén dur a terme un estudi sobre la contaminació EM al TCM valorant que en aquest complex passen diàriament al voltant de 3000 persones, entre professors,

alumnes, personal d'administració, serveis i personal extern [Annex I], el 95% dels quals porten mòbil a sobre i la majoria utilitza el WiFi del recinte per connectar-se a internet. Per fer aquest estudi, es tindran en compte principalment aquelles fonts emissores d'ones EM no ionitzants HF i es realitzaran una sèrie de mesures mitjançant el dispositiu de mesura adequat, tot basant-se en la legislació vigent que fa servir el Govern de Catalunya, que a la vegada segueix el Principi de Precaució (es tracta d'un protocol d'actuació que es comentarà més detalladament al capítol 2), per finalment valorar si es compleix la normativa, i per tant, si aquestes radiacions d'espectre EM poden suposar o no un problema de salut pels usuaris del TCM.

2. Antecedents i necessitats d'informació.

2.1. Introducció.

Actualment, en ple segle XXI, la tecnologia forma part de la vida quotidiana de gairebé qualsevol ésser humà. Entre aquesta tecnologia es troben un munt de dispositius elèctrics i/o electrònics que generen camps EM. La constant i creixent evolució tecnològica ha provocat que s'estigui exposat contínuament a aquests camps d'origen artificial.

Aquesta radiació EM es defineix com una combinació de camps elèctrics i magnètics oscil·lants, que es propaguen a través de qualsevol mitjà transportant energia d'un lloc a un altre.

Els camps EM [1] existeixen des de sempre, fenòmens naturals així com el sol o les estrelles emeten radiació, i en l'atmosfera existeixen càrregues elèctriques en moviment que generen camps magnètics els quals els éssers humans estan sotmesos permanentment. Però, en l'actualitat, a aquests camps elèctrics i magnètics naturals se'ls ha d'afegir un gran número de camps artificials creats per l'ésser humà procedents per exemple de les línies elèctriques, electrodomèstics, les xarxes telefòniques, o qualsevol aparell que utilitzi energia elèctrica. És en aquest moment, quan aquestes emissions d'ones EM generades artificialment poden arribar a suposar un problema per a la salut de les persones i es parla de contaminació EM.

Per tant, s'entén com a contaminació EM l'existència d'una exposició a radiacions d'espectre EM generades generalment per equips elèctrics/electrònics o altres elements producte de l'activitat humana. S'utilitza el terme de contaminació perquè es sospita que una elevada exposició a certs camps EM amb unes intensitats prou altes, poden arribar a ser un risc per a la salut de les persones, i en general, per a qualsevol ésser viu.

L'espectre EM es pot classificar en dos grans grups de radiacions:

1. Un primer grup on es troben les radiacions EM ionitzants, que són aquelles radiacions amb energia suficient com per provocar alteracions en la matèria, arrancant els electrons dels àtoms. Uns clars exemples d'aquests tipus de radiacions són els raigs X, els raigs Gamma, una part dels ultraviolats (UVB i UVC), etc.

2. I un segon grup on es troben les radiacions EM no ionitzants que no són capaços d'ionitzar els electrons de la matèria. Per tant, no provoquen alteracions en la matèria.

Dins d'aquest segon grup, i centrant-se només en les radiacions d'origen artificial, es distingeix entre radiacions EM de baixa freqüència (LF) i radiacions EM d'alta freqüència (HF).

- Les radiacions LF són generades en línies elèctriques i en aparells alimentats per energia elèctrica a una freqüència de 50 o 60 Hz en funció del país on es trobin.
- I les radiacions HF, que són emeses bàsicament per la telefonia mòbil, per els telèfons sense fil de casa, els microones i les connexions wireless (WiFi, Bluetooth, Wimax, etc). És just aquí on es creu que pot aparèixer un seriós problema per a la salut de les persones degut a que actualment gairebé totes les transmissions de dades ja no es realitzen mitjançant cables, com succeïa fins fa no gaire, sinó que es realitzen mitjançant l'aire, sense necessitat de cables. I es que aquest tipus de radiacions HF i a la vegada, de petita longitud d'ona, posseeixen una elevada energia.

Tal com es veu a (2.1) que serveix per calcular l'energia d'una ona EM, existeix una relació directament proporcional entre la freqüència de l'ona i la seva energia associada:

$$E = h \cdot f \tag{2.1}$$

On h és la constant de Planck igual a $6,62 \times 10^{-34}$ J·s i f la freqüència.

En la següent figura es pot observar una comparativa entre diferents tipus de radiacions EM.

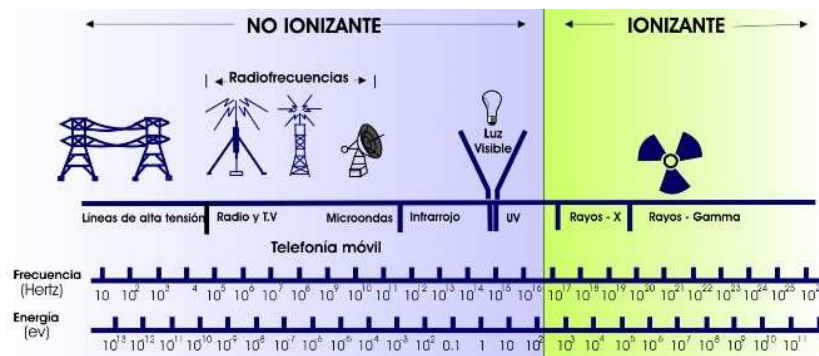


Fig. 2.1. Comparativa entre radiacions electromagnètiques.

2.2. Estudis realitzats.

Durant les últimes dècades, són diversos els científics i organitzacions que han realitzat estudis alertant sobre el possible problema que pot esdevenir de les contínues exposicions a radiacions EM a les que les persones estan sotmeses, tractant d'avaluar fins a quin punt una radiació EM es pot considerar perillosa o no.

Ja en els anys 50 i 60 es van publicar els primers informes, sobretot a l'Europa de l'est i a la Unió Soviètica. En un principi no van ser interpretats com un problema per a la salut pública. Al 1974, l'Associació Internacional per a la Protecció de les Radiacions (IRPA) va formar un grup de treball per l'estudi de les radiacions no ionitzants, que en el congrés de París del 1977, va passar a denominar-se International Non-Ionizing Radiations Committee (INIRC). Els camps EM de radio freqüència (RF) apareixen com una nova preocupació en la salut pública arrel dels treballs desenvolupats per Wertheimer i Leeper en el 1979 sobre l'augment de càncers en nens, relacionats amb la proximitat de línies d'alta tensió.

Fruit d'aquesta creixent preocupació per l'estudi de la contaminació EM, sorgeix el 1996 el projecte internacional CEM, recolzat per l'Organització Mundial de la salut (OMS) [2], en el qual participen nombrosos països amb l'objectiu d'aconseguir un adequat coneixement sobre els efectes de la contaminació EM en el rang de freqüència de 0 a 300 GHz, i facilitar el desenvolupament de normes acceptades internacionalment que limitin l'exposició a camps EM.

Uns anys més tard, en l'any 2000, la Comunitat Europea va començar un estudi sobre la radiació EM en la societat que va durar fins el 2004. Aquest estudi es va anomenar projecte Reflex [3]-[5] i va comptar amb la participació de dotze centres europeus d'investigació de gran prestigi. El projecte va concloure que l'exposició a les radiacions dels telèfons mòbils per sota dels límits que es consideren innocus, provoquen modificacions en les cèl·lules i l'ADN. Amb la qual cosa, es va proposar revisar d'immediat la normativa vigent i adequar-la als valors que els científics independents van creure convenients en base a les investigacions realitzades. Després d'aquests resultats, la Unió Europea (UE) va deixar de finançar el projecte. A aquestes alçades encara es desconeixen les raons de per què la UE va deixar de finançar-lo. És possible que existís algun tipus de pressió o que no es volgués generar una gran alarma social.

Ja al 2012, un grup de treball anomenat “BioInitiative” [6] format per 29 científics i experts en salut independents, va fer públic un informe després de cinc anys d'investigacions, alertant que l'evidència de riscos per a la salut dels camps EM, tant LF com HF, ha augmentat substancialment des de 2007. Aquest informe inclou 1800 nous estudis que informen dels efectes biològics i dels efectes adversos per a la salut d'aquests camps EM.

També cal esmentar la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [7], que ofereix assessorament i orientació científica sobre els efectes en la salut i el medi ambient de les radiacions no ionitzants (RNI). ICNIRP dona recomanacions sobre les limitacions de l'exposició a les freqüències de diferents subgrups de radiacions no ionitzants. Desenvolupa i publica directrius, declaracions i opinions utilitzades per els organismes de protecció radiològica regionals, nacionals i internacionals, com l'OMS. És important esmentar que aquesta comissió és independent dels interessos comercials i nacionals. Els membres de la ICNIRP no representen els seus països d'origen i el seu finançament prové de les subvencions atorgades per institucions públiques nacionals i internacionals.

En els últims 30 anys, s'han publicat aproximadament 25.000 articles científics sobre els efectes de la radiació no ionitzant. Els coneixements científics en aquest camp són ara bastant més amplis que fa uns anys, però tot i així, el gran desconeixement que hi ha fa que siguin moltes les persones que creuen convenient que són necessàries més investigacions.

Per tant, és tal la incertesa científica que genera aquest tema, que totes les normatives vigents es regeixen sota el Principi de Precaució. Aquest principi és fonamental, ja que adopta una sèrie de mesures protectores davant les sospites fundades de que certs productes o tecnologies suposen un risc greu per a la salut pública o el medi ambient, però sense que es compti encara amb una prova científica definitiva de tal risc.

2.3. Normativa i legislació vigent.

Com s'acaba d'esmentar, la normativa que s'aplica a Catalunya es basa en el principi de precaució. A Catalunya, la normativa vigent [8] que estableix els nivells màxims permesos d'exposició a camps EM als quals pot estar exposat el públic en general és el Reial Decret 1066/2001.

- **RD 1066/2001 [9]:** Mitjançant el present Reial Decret s'aprova el reglament que estableix condicions de protecció de domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions radioelèctriques i mesures de protecció sanitària davant a emissions radioelèctriques.

Els nivells màxims indicats en el RD 1066/2001 [9] són els mateixos que els indicats a la recomanació del consell de la UE de l'any 1999 (1999/519/CE) que, a la vegada, són els mateixos que els indicats per l'ICNIRP l'any 1998. Altres països de la Unió Europea apliquen la mateixa normativa.

- **Decret 148/2001:** Mitjançant el present decret es va regular l'ordenació ambiental de les instal·lacions de telefonia mòbil i altres instal·lacions de radiocomunicació, amb la finalitat d'harmonitzar el desplegament de les xarxes de radiocomunicació, es va assolir un alt nivell de protecció del medi i de la població, i es va afavorir la integració de les instal·lacions esmentades a l'entorn en què se situen.
- **Decret 281/2003:** En el present decret s'aconsella introduir-hi determinades modificacions de caràcter tècnic al Decret 148/2001 per tal de millorar la seva regulació i poder aconseguir de manera més efectiva el compliment de les seves finalitats.

És molt important també, esmentar la normativa referent a la compatibilitat EM (CEM), on es regula la CEM dels equips elèctrics i electrònics.

- **Reial Decret 1580/2006:** El present reial decret regula la CEM dels equips elèctrics i electrònics que puguin crear perturbacions EM, o el funcionament d'aquests aparells que es pugui veure perjudicat per aquestes perturbacions, exigint que compleixin un nivell adequat de CEM a fi de garantir el funcionament.

En el present projecte no es té en compte aquesta normativa ja que fa referència només als dispositius, a la compatibilitat entre ells. I el que interessa en l'actual projecte és la normativa que regula els límits d'exposició entre dispositius elèctrics/electrònics i les persones.

2.4. Unitats i nivells màxims d'exposició a camps EM.

Els nivells d'exposició a camps EM es poden indicar en diferents unitats. Les unitats més habituals són la densitat de potència (W/cm^2 o W/m^2) i el camp elèctric (V/m).

Per entendre d'on provenen les unitats de densitat de potència (W/m^2), s'ha de saber que els camps EM estan formats per camps elèctrics i per camps magnètics. Per tant, si la intensitat del camp elèctric (E) es mesura en V/m i la intensitat del camp magnètic (H) es mesura en A/m, s'obté la densitat de potència (S):

$$S = \frac{V}{m} \cdot \frac{A}{m} = \frac{W}{m^2} \quad (2.2)$$

Aquests nivells màxims d'exposició estan directament relacionats amb la freqüència d'emissió de la font de contaminació EM. On a la vegada, tenen en compte la penetració de les ones en els teixits i els efectes tèrmics sobre el cos humà. Així es té, per exemple, indicats en intensitat del E.

| Gamma de freqüències | Servei | Nivell màxim permès (V/m) |
|----------------------|--------------------|---------------------------|
| 530 - 1605 KHz | Ràdio AM | 87 |
| 88 - 108 MHz | Ràdio FM | 28 |
| 470 - 862 MHz | TDT | 29 |
| 900 - 2600 MHz | Telefonia mòbil | 41 |
| 2400 MHz i 5000 MHz | Wi-Fi | 61 |
| 2450 MHz | Forns de microones | 61 |
| 2500 MHz | WiMAX | 61 |

Taula 2.1. Nivells màxims d'exposició indicats en intensitat del camp elèctric.

O bé, també indicats aquests nivells màxims d'exposició en diferents magnituds de mesura (camp elèctric, camp magnètic i densitat de potència), segons tots els rangs de freqüències, tant per la població en general com per les àrees de treball.

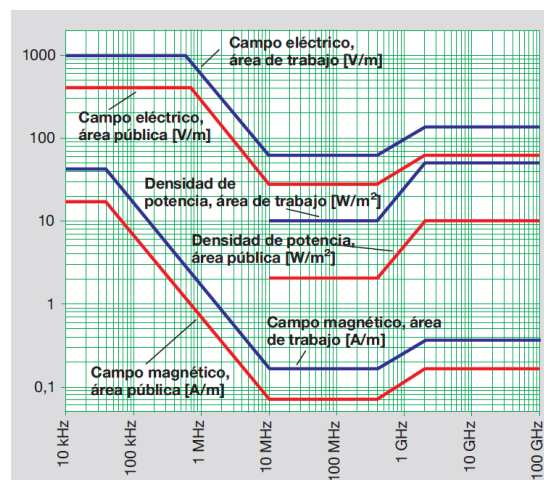


Fig. 2.2. Nivells màxims d'exposició per la població general i àrees de treball.

Les directrius marquen un determinat llindar per sota del qual l'exposició a camps EM es considera segura, segons els coneixements de la ciència.

S'ha d'esmentar la dificultat d'avaluar els nivells dels camps EM. A més de requerir un especialista que pugui mesurar-lo correctament, es necessita disposar de molta informació que ha de ser posteriorment tractada i estudiada, el que implica un llarg temps de dedicació. Aleshores, per poder fixar els límits d'exposició, els estudis científics han d'identificar el llindar en el que es manifesten els primers efectes sobre la salut. Com no es poden fer experiments amb éssers humans, les directrius han de basar-se en estudis amb animals.

És molt important indicar que aquest llindar no és igual al límit recomanat, sinó que la ICNIRP aplica un factor de seguretat de 10 en el càlcul dels límits d'exposició ocupacional i un factor de 50 per obtenir el valor recomanat per la població general.

No obstant, la informació científica existent en l'actualitat també recorda que s'admet provada l'existència d'efectes biològics per a nivells inferiors als especificats, tot i que no existeix evidència de que aquests efectes impliquin un risc sanitari.

3. Abast del projecte.

El projecte pretén identificar, detectar i analitzar les principals fonts de contaminació EM presents a l'edifici del TCM. Per tant, es defineix l'abast del projecte de la següent manera:

- Fer una breu explicació sobre els possibles efectes adversos en la salut de les persones produïts per la constant radiació d'ones EM no ionitzants HF. S'analitzaran en detall els estudis realitzats que observen aquests efectes nocius produïts per aquestes radiacions.
- Realitzar un estudi precís de la radiació EM no ionitzant HF per freqüència que existeix en la zona de mesura. L'estudi inclou els mesuraments de les radiacions EM i el posterior anàlisi de totes les dades extretes, per finalment extreure conclusions.
- Elaboració i descripció de les mesures correctores necessàries per minimitzar els efectes d'aquests camps. Si aquestes mesures no fossin necessàries perquè es compleix rigorosament la normativa vigent, es validarà el TCM com a zona segura i es farà la comunicació corresponent als diferents agents del TCM, per tal de fer-los coneixedors dels resultats obtinguts. Tot i així, s'establiran una sèrie de mesures preventives o de recomanació pels usuaris del TCM.

Per altra banda, en el projecte es decideix no realitzar determinades accions. Són les següents:

- No es realitzarà l'estudi de baixes freqüències ni extremadament altes. No es tindran en compte les freqüències per sota de 900 MHz i per sobre de 5 GHz.
- No es farà un estudi global del nivell total de radiació EM existent en l'emplaçament sota estudi.
- El projecte consisteix en fer un estudi sobre les emissions d'ones EM que s'emeten en el recinte del TCM. Per tant, no es realitza l'explotació del projecte.

4. Objectius i especificacions tècniques.

A continuació, s'indiquen els objectius específics del projecte amb les especificacions tècniques associades:

- Identificar les fonts de contaminació EM.
 - Plànols WiFi del TCM.
- Dissenyar els experiments per mesurar les radiacions EM no ionitzants HF emeses en el recinte del TCM i caracteritzar l'espectre EM de les freqüències mesurades.
 - Dispositiu de mesura:
 - ✓ Ampla de banda mínima: 900 MHz – 5 GHz.
 - ✓ Unitats de mesura: V/m; A/m; W/m²
 - ✓ Pantalla LCD de 3-5 dígits.
 - ✓ Sonda o antena direccional.
 - ✓ Memòria interna per registrar els valors mesurats.
 - ✓ Exactitud mínima: +/- 4dB.
 - ✓ Sensibilitat mínima: 0,01 V/m
- Validació del nivell de contaminació EM en el compliment de la normativa vigent.
 - Compliment del Reial Decret 1066/2001.

5. Generació i plantejament de possibles solucions alternatives.

En aquest capítol, s'ha dictaminat fer una explicació teòrica sobre els tipus de radiacions EM que s'estudiaran, quins aspectes s'han de tenir en compte abans de realitzar les mesures i explicar també quin tipus de procediments de mesura es fan servir habitualment.

S'ha decidit fer-ho així, perquè en aquest projecte no es tracta de desenvolupar un producte o servei on es tenen en compte diferents possibles solucions per acabar portant a terme la solució més òptima que satisfà una necessitat o que resol un problema. Sinó que es vol fer un estudi sobre un problema poc conegut, sobre les emissions d'ones EM no ionitzants HF al TCM, per acabar determinant, si es requereixen o no mesures de control i, per tant, si aquestes radiacions d'espectre EM poden suposar o no un problema de salut. Així doncs, el present projecte no disposa d'alternatives de solució.

5.1. Marc teòric.

Com ja s'ha esmentat en la introducció del capítol 2 del projecte, existeixen dos tipus de radiacions dins de tot l'espectre EM, les ionitzants i les no ionitzants. En l'actual projecte les radiacions ionitzants no es tenen en compte. En canvi, les radiacions EM no ionitzants es poden distingir en dos grans grups: les de baixes freqüències (LF) i les d'altres freqüències (HF). Concretament són en aquestes últimes, les radiacions EM HF no ionitzants, on es vol fer un estudi en profunditat.

Per entendre bé que és una radiació EM HF cal explicar una sèrie de conceptes:

- En primer lloc, s'ha de saber que la radiació EM és el conjunt d'ones EM existents. I una ona electromagnètica es defineix com una combinació de camps elèctrics i magnètics oscil·lants, que es propaguen a través de qualsevol mitjà a la velocitat de la llum transportant energia d'un lloc a un altre.
- En segon lloc, quan es parla de freqüències també s'està fent referència indirectament a les longituds d'ona. La longitud d'ona (λ) és la distància que recorre una ona en un determinat interval de temps. I la freqüència (f) és el número d'ones que passen en la unitat de temps. La freqüència té una relació inversa amb

el concepte de longitud d'ona. A major freqüència menor longitud d'ona i viceversa. Així, tal com es veu a (5.1), es té:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5.1)$$

On c és la velocitat de la llum.

En la següent figura es poden observar uns exemples d'ones a diferents freqüències. D'aquesta forma més gràfica es pot entendre millor la relació entre longitud d'ona i freqüència.

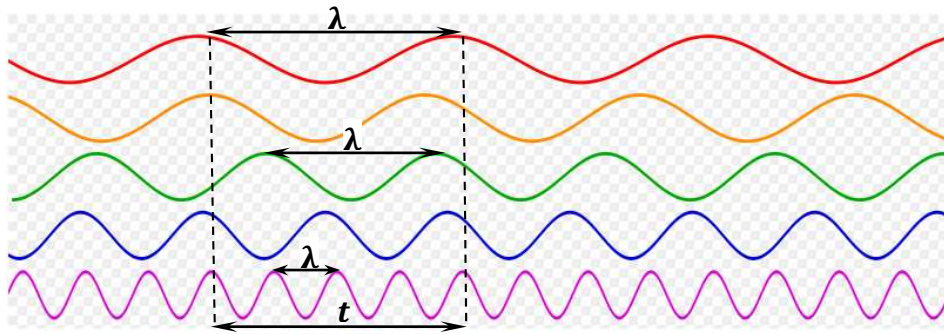


Fig. 5.1. Relació entre freqüència i longitud d'ona.

Per tant, quan es fa referència a l'espectre EM es refereix a la distribució energètica del conjunt de les ones EM, o el que és el mateix, al rang complet de longituds d'ona, tant de les radiacions ionitzants com de les no ionitzants.

Així doncs, com ja s'ha esmentat en varies ocasions, el present projecte es vol focalitzar en les radiacions EM no ionitzants HF, és a dir, en aquelles ones que tenen una petita longitud d'ona i una alta freqüència, i a la vegada, transporten una elevada energia.

5.2. Realització dels mesuraments: Aspectes a considerar.

Abans de dissenyar els experiments per a fer les mesures, existeixen una sèrie d'aspectes que s'han de tenir presents per a que els mesuraments siguin el més fiables possibles. En el cas de no tenir clars aquests punts bàsics, les mesures realitzades poden no ser del tot correctes, del tot fiables. Aquests aspectes s'expliquen a continuació.

5.2.1. Ample de banda de treball.

És totalment necessari saber en quin rang de freqüències es vol treballar per seleccionar el factor de calibratge correcte del dispositiu, i a més, per determinar l'elecció del valor límit de mesurament, tal com es veu a la Fig. 2.2.

Les emissions d'ones EM no ionitzants HF que es volen estudiar són les emeses per el WiFi, els telèfons mòbils i en menor mesura, els forns microones, ja que hi han escassos forns microones en el recinte del TCM. De fet, quan es parla de nivells de radiació de telefonia mòbil, WiFi, etc... es sol referir com radiacions HF. El correcte seria parlar de radiacions d'Ultra Alta Freqüència (UHF).

En el recinte del TCM, l'ample de banda en el que es realitzaran les mesures estarà comprès aproximadament entre 900 MHz i 5 GHz. Normalment el WiFi treballa a una freqüència de 2,4 GHz, però també pot existir la possibilitat que treballi a 5 GHz. De fet, aquest és el cas del TCM, on alguns emissors treballen a 2,4 GHz i uns altres a 5 GHz. Per tant, a part de fer servir la banda UHF també s'agafa una mica de la banda SHF. Tal com es veu a la taula 5.1, les ones EM es poden dividir en les següents bandes:

| Sigla | Rang | Denominació |
|-------|------------------|--------------------------------|
| ELF | 3 Hz a 30 Hz | Extremadament baixa freqüència |
| SLF | 30 Hz a 300 Hz | Super baixa freqüència |
| ULF | 300 Hz a 3 KHz | Ultra baixa freqüència |
| VLF | 3 KHz a 30 KHz | Molt baixa freqüència |
| LF | 30 KHz a 300 KHz | Baixa freqüència |
| MF | 300 KHz a 3 MHz | Freqüència mitja |
| HF | 3 MHz a 30 MHz | Alta freqüència |
| VHF | 30 MHz a 300 MHz | Molt alta freqüència |
| UHF | 300 MHz a 3 GHz | Ultra alta freqüència |
| SHF | 3 GHz a 30 GHz | Super alta freqüència |
| EHF | 30 GHz a 300 GHz | Extremadament alta freqüència |

Taula 5.1. Classificació de la radiofreqüència per ample de banda.

Concretament, les freqüències a treballar són les següents:

Telefonia mòbil:

| Banda | Servei | Freqüència [MHz] | | E [V/M] |
|-------|--------|------------------|------|---------|
| 900 | UMTS | Mínim | 880 | 41 |
| | GSM | Màxim | 950 | 42 |
| 1800 | DCS | Mínim | 1710 | 57 |
| | LTE | Màxim | 1880 | 60 |
| 2000 | UMTS | Mínim | 1905 | 60 |
| | WiFi | Màxim | 2170 | 61 |

Taula 5.2. Ample de banda dels telèfons mòbils.

WiFi:

| Frequència [GHz] | E [V/m] |
|------------------|---------|
| 2,4 | 61 |
| 5 | 61 |

Taula 5.3. Ample de banda del WiFi.

Forn microones:

| Frequència [GHz] | E [V/m] |
|------------------|---------|
| +/- 2,45 | 61 |

Taula 5.4. Ampla de banda del microones.

5.2.2. Distància del punt de mesurament.

És de vital importància saber a què distància està la font de radiació des del punt de mesurament i a partir de quina distància es poden començar a realitzar mesures. És a dir, no és el mateix realitzar mesures de la radiació emesa per una antena de telefonia mòbil que per el WiFi, ja que treballen a freqüències diferents. Cada rang de freqüències té el seu punt de mesurament òptim, i això és molt important ja que sinó les mesures poden ser errònies.

Els camps EM, com ja s'ha esmentat, es poden dividir en dos components: el camp elèctric (E) i el camp magnètic (H). Aleshores, es poden diferenciar dues zones al voltant d'una font o antena de contaminació EM quan aquesta està radiant energia EM:

- **Camp proper:** Zona de l'espai en la proximitat de l'antena transmissora. En aquesta zona els camps E i H varien considerablement al voltant de l'antena. La seva relació és bastant complexa, de manera que el càlcul directe entre components no és possible. Per tant, els camps H i E han de mesurar-se per separat en la regió de camp proper.
- **Camp llunyà:** És la regió allunyada de l'antena on la distribució angular dels camps és independent de la distància. El camp E i el camp H estan estretament relacionats en condicions de camp llunyà. Per tant, només és necessari mesurar un d'ells. Si, per exemple, es mesura el camp H en aquesta regió, és possible deduir la magnitud del camp E i la densitat de potència (S). Això es pot realitzar mitjançant les següents expressions:

$$E = H \cdot Z_o \tag{5.2}$$

$$H = \frac{E}{Z_o} \tag{5.3}$$

$$S = E \cdot H = \frac{E^2}{Z_o} = H^2 \cdot Z_o \tag{5.4}$$

Sent $Z_o = 377\Omega$

Llavors, a l'hora de realitzar les mesures, es realitza la següent aproximació:

- Si la zona a validar es troba a una distància major de tres longituds d'ona, es considera dins de la zona de camp llunyà.

$$R > 3 \lambda$$

- Si la zona a validar es troba a una distància menor de tres longituds d'ona, es considera dins de la zona de camp proper.

$$R \leq 3 \lambda$$

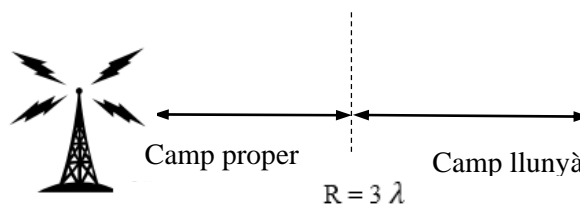


Fig. 5.2. Explicació ambdues zones al voltant d'una antena.

Tal com es veu a la Fig 5.3 representada en escala logarítmica, la distància del punt de mesurament va variant a mesura que també varia la freqüència.

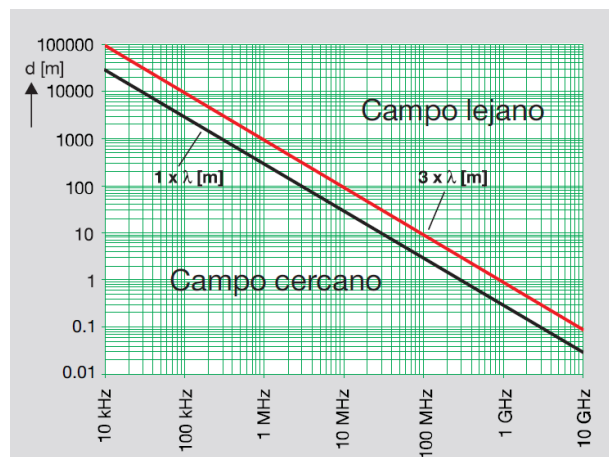


Fig. 5.3. Representació del camp proper i llunyà.

En definitiva, el més aconsellable és realitzar les mesures en camp llunyà (a partir de 3λ), i d'aquesta manera, només caldrà mesurar una de les magnituds, per exemple el camp E.

En el cas del projecte, si es vol mesurar el nivell de radiació emès pel WiFi al qual estan sotmesos els usuaris del TCM, la distància correcta per començar realitzar les mesures és aproximadament a partir de mig metre.

I es que la intensitat del camp o la quantitat d'energia que aquest transmet disminueix ràpidament al augmentar la distància respecte de les fonts d'emissió, el que significa que una persona pot absorbir més energia d'un dispositiu utilitzat molt de prop (un telèfon mòbil o el WiFi, per exemple) que d'una font més potent, com una torre de transmissió de radio que està més lluny.

5.2.3. Selecció del tipus de sonda o antena.

Tot dispositiu capaç de mesurar ones EM ha de dur amb ell una sonda o antena. La sonda és l'element que s'encarrega de mesurar la radiació, la responsable d'indicar en quin freqüència es treballa, i també, de determinar el procediment de fer els mesuraments. I es que existeixen principalment dos tipus de sondes per realitzar correctament els mesuraments:

- **Les sondes direccionals:** Són aquelles sondes que capten la radiació en una direcció molt marcada i ignoren gairebé per complert la resta de direccions. És a dir, allà on apunta l'antena del dispositiu és on detecta la radiació. Si existeixen més camps EM generats per altres fonts que es troben en les direccions en les que no apunta l'antena del mesurador, aleshores aquestes ones EM no són captades o ho són de forma molt dèbil. Per tant, aquest tipus d'antenes són ideals quan s'ha sap on es localitza la font de contaminació EM i no es volen tenir en compte altres emissions generades per altres fonts.. De fet, com s'explicarà més endavant, per aquest estudi es creu que és més que suficient aquests tipus de sondes ja que permeten realitzar unes mesures molt més precises.
- **Les sondes omnidireccionals o isotròpiques:** Molt sovint, els camps EM no són causats per una única font. Solen ser el resultat de varis transmissors situats en diverses direccions. En aquests casos, per poder determinar correctament l'exposició a la radiació, les mesures han de ser no direccionals. Per tant, el valor mesurat amb un instrument isotròpic no depèn de la posició en que es trobi

l'instrument emprat. Per aquestes raons, aquest tipus de sondes disposen de tres sensors que mesuren separadament la intensitat de camp en els tres eixos, X, Y i Z.

Per l'actual estudi, es creu convenient fer servir una antena direccional, ja que la fase de mesura amb una antena isotròpica seria molt menys precisa perquè amb aquest tipus de sonda s'obtidrien en la zona d'estudi els valors del camp E de diferents radiacions EM provinents de diferents fonts a la vegada, per tant, s'estarien mesurant varies freqüències de cop sense diferenciar entre elles.

En canvi, si es desitja realitzar una fase de mesura més complexa però a la vegada més exacta, la sonda direccional és gairebé ideal perquè es poden anar mesurant les radiacions EM en cada banda de freqüència i caracteritzar finalment, un espectre EM.

5.3. Realització dels mesuraments: Fases de mesura.

En aquest apartat, s'explica quins tipus de procediments són els que es realitzen normalment un cop ja s'ha decidit quin és el tipus de radiació EM que es vol estudiar.

Habitualment, un procés de mesura es divideix fonamentalment en dues fases, una dependent de l'altra. Una primera fase de mesura senzilla i ràpida, i una altre fase més complexa i exacta. A continuació es detallen les dues fases de mesura.

5.3.1. Primera Fase de mesura.

Aquesta primera fase [10] s'utilitza quan es necessita saber el nivell total de radiació EM no ionitzant present en el lloc de mesura. És el mètode menys precís però el més ràpid de fer. El problema d'aquesta primera fase és que s'obtenen els valors del camp E de diferents radiacions EM provinents de diferents fonts a la vegada, per tant, s'estarien mesurant varies freqüències simultàniament, impossibilitant la discriminació entre cadascuna d'elles. Així doncs, en aquesta fase s'utilitzen com a equips de mesura sondes isotròpiques.

L'objectiu d'aquesta primera fase és comparar el nivell total de radiació EM present en el lloc de mesura amb els nivells de decisió. S'ha de diferenciar entre nivells de decisió i nivells de referència:

- **Nivell de referència:** Són els límits d'exposició recollits en l'Annex II del Reial Decret 1066/2001 [9]. Alguns d'ells es poden observar en la taula 2.1.
- **Nivells de decisió:** Els nivells de decisió es situen "XdB" per sota dels nivells de referència. Permeten tenir en compte els errors i incerteses de les mesures. Depenent de la fase de mesura en la que s'estigui, s'apliquen uns nivells de decisió o uns altres.

Aleshores, un cop fetes les mesures, es comparen amb els nivells de decisió i es poden donar tres casos:

1. Si el nivell total d'exposició EM obtingut està per sobre del nivell de decisió d'aquesta fase, la zona d'estudi s'ha de validar mitjançant una mesura més precisa, la segona fase de mesura.
2. Si el nivell total d'exposició EM obtingut està per sota del nivell de decisió, es pot considerar que les zones d'estudi estan adaptades a les exigències del reglament.
3. Existeixen zones de mesura on el nivell mesurat pot estar per sota de la sensibilitat de l'equip. En aquest cas, evidentment, es pot validar la zona d'estudi. Si es necessita saber un nivell mesurat, llavors s'haurà d'obtenir mitjançant la segona fase de mesura amb un equipament diferent.

Tal com es veu a la Fig. 5.4, es poden observar els diferents casos:

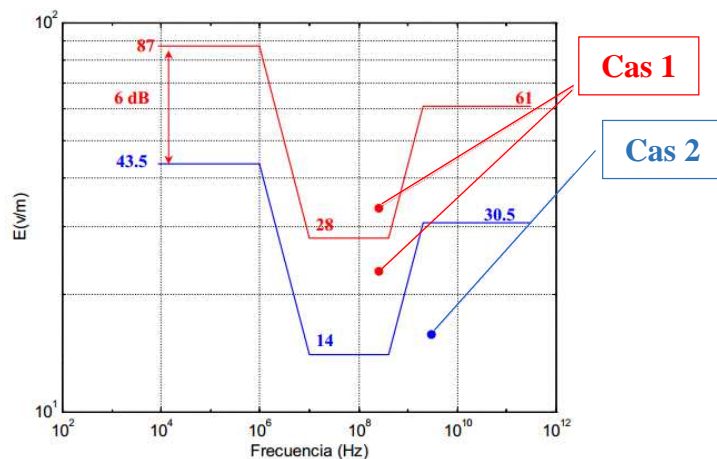


Fig. 5.4. Representació de la primera fase de mesura.

En aquest projecte, per qüestions de pressupost així com de practicitat, es decideix no fer aquesta fase de mesura i passar directament a realitzar la segona fase, la qual és molt més precisa.

5.3.2. Segona Fase de mesura.

Aquesta fase [10] és la que es durà a terme per fer l'estudi i es fa servir quan es necessita conèixer el nivell de radiació EM, diferenciant per freqüència, que existeix en la zona de mesura, o quan el valor obtingut en la primera fase és superior al nivell de decisió de la fase 1. Aquest mètode de mesura és més precís que l'anterior, però més complexa i consumeix un major temps per obtenir el valor final de la mesura. Per realitzar aquesta fase, s'utilitzen com equips de mesura analitzadors d'espectre, els quals poden fer servir sondes direccionals.

En aquest cas, també s'ha de comparar el nivell mesurat amb els nivells de decisió de la fase 2, que està a 40 dB per sota del nivell de referència. Es poden donar tres casos:

1. Si el nivell llegit d'una o varies components supera el nivell de referència donat per el RD 1066/2001 [9] en la freqüència corresponent, es pot afirmar que la zona d'estudi no s'adapta a les exigències del RD 1066/2001.

A continuació es pot veure un exemple d'aquest cas.

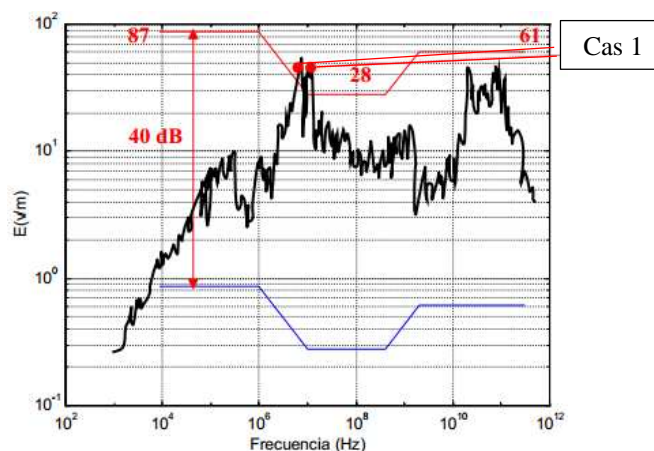


Fig. 5.5. Representació 2ª fase de mesura: Cas 1.

2. Si totes les components espectrals estan per sota dels nivells de referència, en aquest cas, s'han d'assegurar el compliment d'exposició a fonts amb múltiples freqüències tal com s'exposa en l'Annex II del RD 10066/2001.

A continuació es pot observar un exemple d'aquest cas.

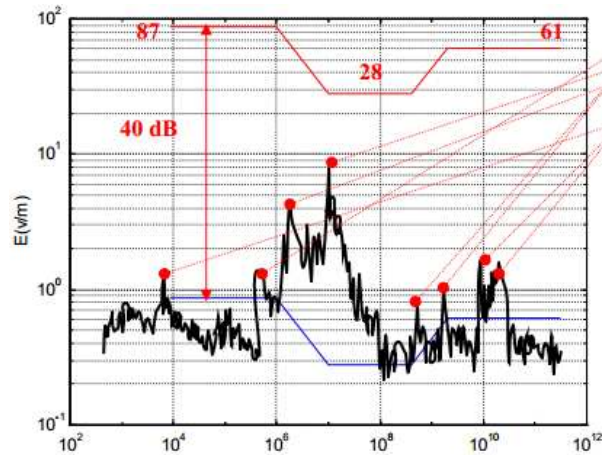


Fig. 5.6. Representació 2ª fase de mesura: Cas 2.

3. Si totes les components espectrals es troben per sota del nivell de decisió de la fase 2, en aquest cas, es pot validar la zona mesurada. Si és necessari donar una mesura, aleshores es prenen els dos valors més elevats com a resultat.

Tal com es veu en la Fig. 5.7, es mostra un exemple d'aquest tercer cas.

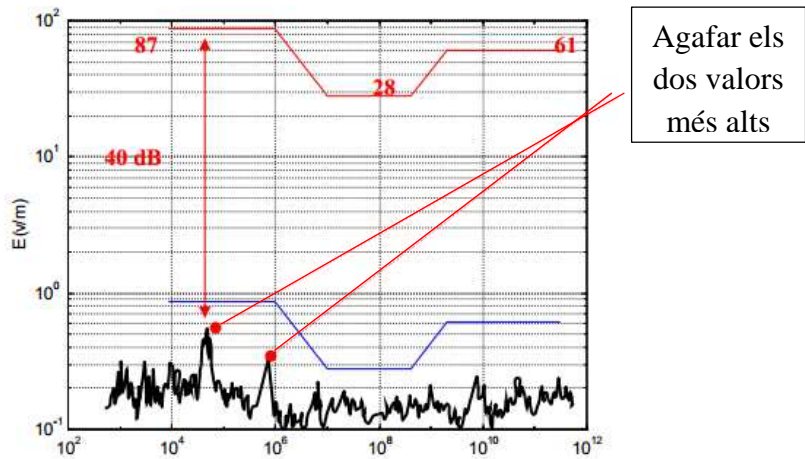


Fig. 5.7. Representació 2ª fase de mesura: Cas 3.

Les mesures realitzades tant en la fase 1 com en la fase 2, es faran sempre que sigui possible en camp llunyà.

A continuació, es pot observar gràficament el diagrama de flux del procés de la 2^a fase:

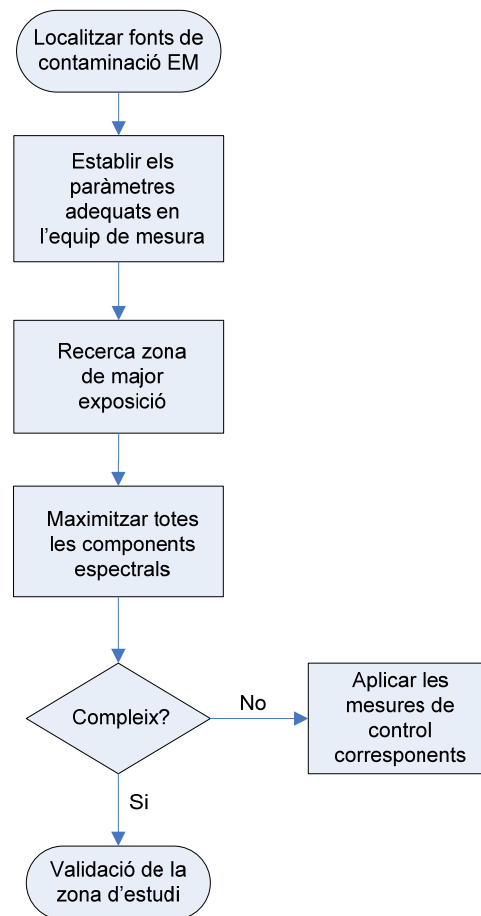


Fig. 5.8. Diagrama de flux de la 2^a fase de mesura.

6. Anàlisi de viabilitat.

6.1. Viabilitat tècnica.

6.1.1. Descripció de la solució tècnica.

Per tal de saber si el projecte és viable tècnicament, fonamentalment s'ha de valorar que és el que es necessita per realitzar l'estudi sobre les emissions EM no ionitzants HF que irradien el recinte del TCM. I per fer això, és imprescindible tenir a l'abast un dispositiu capaç de mesurar aquest tipus de radiació. Per tant, s'ha analitzat amb detall l'oferta dels principals fabricants:

- Wandel & Goltermann [11]
- PCE Instruments [12]
- Aaronia [13], [14]
- GigaHertz Solutions [13], [15]
- Narda [16]

Degut a que existeix una gran varietat de dispositius en el mercat, per tal d'acotar la recerca d'un dispositiu, s'han tingut en compte diferents criteris de selecció. Aquests criteris són:

- **Ample de banda de treball:** Són aquells rangs de freqüències en els que treballen les principals fonts de contaminació EM en el TCM. En el cas d'aquest projecte, es tracta d'una banda de freqüència que es mourà entre 900 MHz i 5 GHz aproximadament. Per tant, l'elecció del dispositiu haurà de cobrir mínim aquest ventall de freqüències.
- **Memòria interna:** El dispositiu en concret ha de disposar d'una memòria interna que sigui capaç de registrar, d'emmagatzemar la majoria dels valors mesurats de forma autònoma, per tal que es puguin analitzar posteriorment.
- **Tipus d'antena o sonda:** Tal com s'ha explicat en el capítol anterior, existeixen fonamentalment dos tipus de sondes per realitzar les mesures. En el cas d'aquest estudi, es veu convenient utilitzar una sonda direccional ja que es realitzaran mesures de la fase 2.

- **Exactitud:** És la capacitat d'un instrument d'apropar-se al valor de la magnitud real. Per tant, quan més a prop estigui el valor mesurat del valor de referència molt millor. El dispositiu ha de tenir una exactitud mínima de +/- 4dB.
- **Sensibilitat:** És la capacitat que té el sensor de mesurar una variació d'una magnitud. Aquesta propietat és molt important, ja que algunes de les mesures que es realitzaran en l'entorn del TCM molt probablement seran de nivells molt baixos, i per tant, es necessita un dispositiu bastant sensible que sigui capaç d'arribar a mesurar aquests nivells.

Un cop analitzats els criteris esmentats anteriorment, s'han descartat varis models de dispositius degut a que no compleixen amb els requisits mínims, com per exemple, no cobreixen el ventall mínim de freqüències a treballar (900 MHz – 5 GHz), ja que la majoria com a màxim arriben a detectar fins a 2,4 GHz, el que suposa perdre's una gran part d'informació dels emissors de WiFi que treballen a 5 GHz (més o menys la meitat dels emissors del TCM).

Finalment, s'ha acabat optant pel analitzador d'espectres SPECTRAN HF-6060 V4 tal com es veu a la Taula 6.1, el qual permet mesurar la banda de freqüència a estudiar (900MHz – 5 GHz), té una gran sensibilitat, és un dispositiu proveït d'una elevada exactitud i inclou un software d'anàlisi espectral amb el que es podran fer detallats anàlisis.

| Fabricant | Model | Rangs de freqüències | Memòria interna | Tipus de sonda | Exactitud | Preu (€) |
|-----------|---------------------|----------------------|-----------------|----------------|-----------|----------|
| Aaronia | Spectran HF-6060 V4 | 10 MHz - 6 GHz | Si | Direccional | +/- 2dB | 1034,95 |

Taula 6.1. Dispositius de mesura escollit.

Comentar que el preu de partida d'aquest estudi és de 600€, el que suposa una gran limitació si es vol fer un detallat i complet anàlisi de les emissions generades en el recinte del TCM. La majoria dels dispositius que valen com a màxim 600€ no poden mesurar freqüències superiors a 2,4 GHz, no tenen memòria interna per emmagatzemar els valors mesurats i són poc exactes i sensibles.

Si es volgués fer un estudi complet, s'haurien de realitzar les dues fases de mesura, tal com s'explica en el capítol 5, el que suposa tenir equips de mesura amb sondes isotròpiques i direccionals.

Així doncs, ja que per realitzar l'estudi és necessari un dispositiu de mesura, i aquest existeix en una gran varietat de models en el mercat, es pot concloure que el projecte és viable tècnicament.

6.1.2. Eines de desenvolupament.

A continuació, es presenten les eines de desenvolupament que hauran de ser emprades en el projecte de detall.

- Software d'anàlisi espectral MCS.
- Microsoft Office.
- Microsoft Office Project.
- Microsoft Office Visio.

6.2. Viabilitat econòmica.

En el present projecte, com es tracta de fer un exhaustiu estudi sobre un problema bastant desconegut per a la població en general, no es pot tractar igual que un projecte on es vol desenvolupar un producte o un servei que satisfan una necessitat, i on finalment, el producte o servei en qüestió generen un retorn econòmic.

Així doncs, en l'actual estudi no hi ha un retorn econòmic i per tant no es pot determinar la rendibilitat del projecte ja que no es generen beneficis.

A nivell d'inversió, es gastarà fonamentalment en hores del projectista, tal com es pot veure en el capítol 8.

6.3. Viabilitat mediambiental.

Per a la realització de la viabilitat mediambiental, en un principi s'ha realitzat una metodologia de llistes de control [Annex II], tal com es pot veure en l'Annex X, basada en la Directiva 97/11/CEE per a l'avaluació de les repercussions de determinats projectes públics i privats sobre el medi ambient, aplicada a les diferents fases el projecte.

El que succeeix, tal com es pot observar en les respectives taules de control, és que en aquest projecte no es genera cap impacte sobre el medi ambient i aleshores, no es poden evitar impactes no permesos.

D'una altra banda, l'objectiu principal d'aquest estudi és assegurar que les emissions generades per les principals fonts de contaminació EM que es troben en el recinte del TCM, compleixen amb els límits establerts per el RD 1066/2001 [8]. I per tant, aquest estudi el que si que fa és generar un benestar col·lectiu, és a dir, si els nivells mesurats estan per sota dels límits establerts s'assegura que les radiacions EM en el TCM no suposen cap problema de salut per els usuaris, i, si els nivells mesurats sobrepassen els límits establerts per el RD 1066/2001, aleshores es farà la proposta d'implementació de les mesures de control corresponents.

6.4. Selecció de l'alternativa més adequada.

Com s'ha argumentat en el capítol anterior, aquest projecte no disposa d'alternatives. A més, com també s'explica en el capítol 5, només es realitzarà una de les dues fases de mesura per a dur a terme els mesuraments de les radiacions EM HF. Això és degut a la limitació del preu de partida pel projecte, i per tant, no es permet realitzar un estudi complet contemplant ambdues fases.

Tot i així, s'escull realitzar el procediment de mesura de la segona fase perquè és el procediment més precís i amb el qual es genera una gran quantitat d'informació i de molta qualitat, que posteriorment serà tractada adequadament. En aquesta segona fase, es poden anar mesurant les radiacions EM en cada banda de freqüència i per tant, tenir en tot moment la informació de cada component espectral.

7. Planificació del projecte.

Per fer la planificació del projecte de detall, mitjançant el Microsoft Project, s'han hagut de definir totes les tasques que es realitzaran i establir les precedències entre elles, a més d'assignar a les activitats els recursos corresponents.

La planificació s'ha dividit en tres grans blocs, que sumen un total de 395 hores:

- Treball previ al disseny i desenvolupament de la solució (110)
 - Localització de les principals fonts de contaminació EM al TCM.
 - Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura.
 - Calibratge del dispositiu.
 - Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral.
- Disseny i desenvolupament de la solució (150)
 - Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM (WiFi, mòbils, forns microones...).
 - Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats (anàlisis detallat mitjançant software).
- Elaboració escrita i edició dels documents del projecte (135)
 - Edició i redacció final de tots els documents del projecte.
 - Revisió final de tots els documents del projecte.

Per poder dur a terme aquest seguit de tasques en la programació indicada, s'ha establert la següent jornada laboral.

| | Del 23/02/2015 al 10/04/2015 | Del 18/04/2015 al 30/05/2015 |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | HORARI | |
| Dilluns-Divendres | 15:30-20:00 | 15:30-20:00 |
| Dissabte-Diumenge | - | 14:30-21:00 |

Taula 7.1. Horari de la jornada laboral.

S'ha decidit fer-ho d'aquesta manera perquè es contempla que totes aquelles tasques que fan servir el dispositiu de mesura, no es podran realitzar els caps de setmana a casa, per tant, s'hauran de realitzar entre setmana a la universitat. D'altra banda, tal com es veu a la Fig. 7.1, la tasca "Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM" finalitza el 15/04/2015, i com és l'última tasca que utilitza el dispositiu, es contempla des d'aquest moment començar a treballar des de casa els caps de setmana.

A continuació, es mostra la taula amb les activitats o tasques a fer en el projecte de detall, indicant la relació de precedència entre elles i la durada total de cadascuna de les activitats, sense tenir en compte els recursos ja que l'únic recurs utilitzat és el propi projectista.

| | Codi | Activitat | Activitat predecessora | Durada (h) |
|---|-------------|--|-------------------------------|-------------------|
| Treball previ al disseny i desenvolupament de la solució | A | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | - | 35 |
| | B | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | A | 25 |
| | C | Calibratge del dispositiu | B | 15 |
| | D | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | C | 35 |
| Disseny i desenvolupament de la solució | E | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM | D | 60 |
| | F | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | E | 90 |
| Elaboració escrita del document | G | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | F | 130 |
| | H | Revisió final de tots els documents del projecte | G | 5 |

Taula 7.2. Taula d'activitats.

Seguidament, en el diagrama de GANTT es pot observar que totes les tasques formen part del camí crític, ja que totes elles són seqüencials, i on s'indica que el projecte finalitza el dia 30/05/2015. A més, tal com es veu a la Fig.7.2, es pot observar la taula de costos, on es contempla el cost total del projecte en funció de les hores¹ treballades. El cost total és de 11.850,00€.

¹ El preu per hora treballada s'estima en 30€.

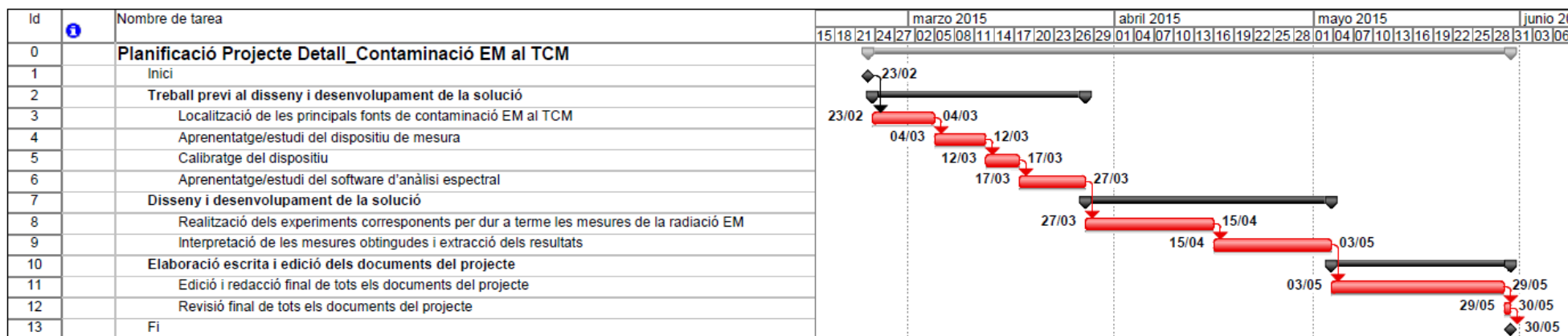


Fig. 7.1. Diagrama de Gantt.

| Id | Nombre de tarea | Costo fijo | Acumulación de costos fijos | Costo total | Previsto | Variación | Real |
|----|--|------------|-----------------------------|-------------|----------|-------------|--------|
| 0 | Planificació Projecte Detall_Contaminació EM al TCM | 0,00 € | Prorrateo | 11.850,00 € | 0,00 € | 11.850,00 € | 0,00 € |
| 1 | Inici | 0,00 € | Prorrateo | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| 2 | Treball previ al disseny i desenvolupament de la solució | 0,00 € | Prorrateo | 3.300,00 € | 0,00 € | 3.300,00 € | 0,00 € |
| 3 | Localització de les principals fonts de contaminació EM al TCM | 0,00 € | Prorrateo | 1.050,00 € | 0,00 € | 1.050,00 € | 0,00 € |
| 4 | Aprentatge/estudi del dispositiu de mesura | 0,00 € | Prorrateo | 750,00 € | 0,00 € | 750,00 € | 0,00 € |
| 5 | Calibratge del dispositiu | 0,00 € | Prorrateo | 450,00 € | 0,00 € | 450,00 € | 0,00 € |
| 6 | Aprentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 0,00 € | Prorrateo | 1.050,00 € | 0,00 € | 1.050,00 € | 0,00 € |
| 7 | Disseny i desenvolupament de la solució | 0,00 € | Prorrateo | 4.500,00 € | 0,00 € | 4.500,00 € | 0,00 € |
| 8 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM | 0,00 € | Prorrateo | 1.800,00 € | 0,00 € | 1.800,00 € | 0,00 € |
| 9 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 0,00 € | Prorrateo | 2.700,00 € | 0,00 € | 2.700,00 € | 0,00 € |
| 10 | Elaboració escrita i edició dels documents del projecte | 0,00 € | Prorrateo | 4.050,00 € | 0,00 € | 4.050,00 € | 0,00 € |
| 11 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 0,00 € | Prorrateo | 3.900,00 € | 0,00 € | 3.900,00 € | 0,00 € |
| 12 | Revisió final de tots els documents del projecte | 0,00 € | Prorrateo | 150,00 € | 0,00 € | 150,00 € | 0,00 € |
| 13 | Fi | 0,00 € | Prorrateo | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |

Fig. 7.2. Taula de costos

8. Pressupost.

El present capítol recull el costos directes d'enginyeria (hores de l'Avantprojecte i del projecte de detall), els costos indirectes de l'elaboració del projecte i els costos d'amortitzacions dels equips de desenvolupament.

S'ha de destacar, que aquest projecte no disposa de materials, ja que l'únic material que fa servir és el dispositiu de mesura i es contempla com una amortització, degut que un cop finalitzat el projecte s'obrirà una línia de recerca i es farà servir en futurs projectes.

8.1 Amidaments.

| Capítol I: Elaboració del projecte | | |
|------------------------------------|---|--------------|
| Codi | Descripció | Parts iguals |
| 1.1 | Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa | 75 |
| 1.2 | Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució | 100 |
| 1.3 | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | 35 |
| 1.4 | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | 25 |
| 1.5 | Calibratge del dispositiu | 15 |
| 1.6 | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 35 |
| 1.7 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM | 60 |
| 1.8 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 90 |
| 1.9 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 130 |
| 1.10 | Revisió final de tots els documents del projecte | 5 |

Taula 8.1. Elaboració del projecte.

8.2. Quadre de preus.

| Capítol I: Elaboració del projecte | | |
|------------------------------------|--|------------------|
| Codi | Descripció | Preu unitari (€) |
| 1.1 | Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa | 30,00 |
| 1.2 | Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució | 30,00 |
| 1.3 | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | 30,00 |
| 1.4 | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | 30,00 |

| | | |
|------|---|-------|
| 1.5 | Calibratge del dispositiu | 30,00 |
| 1.6 | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 30,00 |
| 1.7 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM | 30,00 |
| 1.8 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 30,00 |
| 1.9 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 30,00 |
| 1.10 | Revisió final de tots els documents del projecte | 30,00 |

Taula 8.2. Cost unitari de l'elaboració del projecte.

8.3. Pressupost parcial.

| Capítol I: Elaboració del projecte | | | | |
|------------------------------------|---|----------------|------------------|------------|
| COST D'ENGINYERIA | | | | |
| Codi | Descripció | Unitats totals | Preu unitari (€) | Import (€) |
| 1.1 | Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa | 75 | 30,00 | 2.250,00 |
| 1.2 | Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució | 100 | 30,00 | 3.000,00 |
| 1.3 | Localització les principals fonts de contaminació EM al TCM | 35 | 30,00 | 1.050,00 |
| 1.4 | Aprenentatge/estudi del dispositiu de mesura | 25 | 30,00 | 750,00 |
| 1.5 | Calibratge del dispositiu | 15 | 30,00 | 450,00 |
| 1.6 | Aprenentatge/estudi del software d'anàlisi espectral | 35 | 30,00 | 1.050,00 |
| 1.7 | Realització dels experiments corresponents per dur a terme les mesures de la radiació EM al TCM | 60 | 30,00 | 1.800,00 |
| 1.8 | Interpretació de les mesures obtingudes i extracció dels resultats | 90 | 30,00 | 2.700,00 |
| 1.9 | Edició i redacció final de tots els documents del projecte | 130 | 30,00 | 3.900,00 |
| 1.10 | Revisió final de tots els documents del projecte | 5 | 30,00 | 150,00 |
| COSTOS INDIRECTES ¹ | | | | |
| 1.18 | Costos indirectes de ma d'obra | | | 3.420,00 |

Taula 8.3. Cost de l'elaboració del projecte.

TOTAL CAPÍTOL I

20.520,00 €

¹ Aplicant un percentatge del 20%

| Capítol II: Amortitzacions² | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EQUIPS INFORMÀTICS I SOFTWARE | | | | |
| Codi | Descripció | Cos Inv. | N (anys) | €/any |
| 1.1 | Disp. Mesura: SPECTRAN HF-6060 V4 | 1.034,95 | 3 | 172,49 |
| 1.2 | Ordinador | 1.000,00 | 3 | 166,67 |
| 1.3 | Software MICROSOFT OFFICE | 119,00 | 3 | 19,83 |
| 1.4 | Software MICROSOFT PROJECT | 653,65 | 3 | 108,94 |
| 1.5 | Software MICROSOFT VISIO | 339,15 | 3 | 56,53 |

Taula 8.4. Amortitzacions.

TOTAL CAPÍTOL II**524,46 €**³ Les amortitzacions es calculen en el supòsit de la realització de 2 projectes per any.**8.4. Pressupost global.**

TOTAL CAPÍTOL I

20.520,00 €

TOTAL CAPÍTOL II

524,46 €

TOTAL

21.044,46 €

IVA (21%)

4.419,34 €**TOTAL PRESSUPOST****25.463,80 €**

9. Referències.

- [1] RICARD HORTA. *Contaminación por radiacions* [online]. Disponible a http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=2&id=33&numopcn=1
- [2] ORGANITZACIÓ MUNDIAL DE LA SALUT (OMS) [online]. Disponible a <http://www.who.int/es/>
- [3] RESUM PROJECTE REFLEX [online]. Disponible a <http://www.itis.ethz.ch/assets/Downloads/PapersReports/Reports/REFLEXProgressSummary.pdf>
- [4] INFORME FINAL PROJECTE REFLEX (2004). *Risk Evaluation of Potential Environmental* [online]. Disponible a <http://www.itis.ethz.ch/assets/Downloads/PapersReports/Reports/REFLEXFinal-Report171104.pdf>
- [5] EL MUNDO (2004). *Científicos de 12 países denuncian que la UE deja de financiar un estudio sobre las radiaciones de los móviles.* [online]. Disponible a <http://www.elmundo.es/elmundo/2004/12/22/ciencia/1103721576.html>
- [6] GRUP DE TREBALL BIOINITIATIVE (2012). *BioInitiative Report. Resumen para el público* [online]. Disponible a http://www.avaate.org/IMG/pdf/RESUMEN_Bioinitiative.2012.Resumen.Publico.pdf
- [7] ICNIRP [online]. Disponible a <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html>
- [8] GOVERNANÇA RADIOELÈCTRICA [online]. Disponible a <http://governancaradioelectrica.gencat.cat/>
- [9] BOE. REIAL DECRET 1066/2001 [online]. Disponible a <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-18256>
- [10] BOE. ORDRE CTE/23/2002. *Procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión.* Annex IV. [online]. Disponible a http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-694

- [11] DETECTORS DE RADIACIÓ EMR-200, EMR-300 [online]. Disponible a http://www.etsist.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web_salud_medioamb/equipos_medida/equipos_nuevos/manuales/manual_emr200-300.pdf
- [12] MESURADOR DE CAMP ELÈCTRIC PCE-EM29 [online]. Disponible a <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor-campo-electrico-pce-em29.htm>
- [13] RADIANSIA [online]. Disponible a <http://www.radiansa.com/contaminacion-electromagnetica/antenas/medidores-radiacion.htm>
- [14] SPECTRAN. ANALIZADORES DE ESPECTRO [online]. Disponible a <http://www.aaronia.es/productos/analizadores-de-espectro/>
- [15] GIGAHERTZ SOLUTIONS. MEDIDORES HF [online]. Disponible a <http://www.gigahertz-solutions.es/es/Tienda-Online/Instrumentos-de-medición/Alta-frecuencia/Medidores.html>
- [16] NARDA [online]. Disponible a <https://www.narda-sts.com/en/>
- [17] SOMUIBNOTICIAS (2008). *Els nivells de radiació electromagnètica al campus de la UIB són més de 255 vegades inferiors als límits de referència de la normativa espanyola* [online]. Disponible a http://www.uib.es/digitalAssets/123/123579_3_reportatge.pdf
- [18] AGUSTÍN BOCOS; LA VANGUARDIA (2011). *No se olvide de apagar el Wi-Fi por la noche* [online]. Disponible a <http://www.lavanguardia.com/lacontra/20111010/54228364832/no-se-olvide-de-apagar-el-wi-fi-por-la-noche.html>
- [19] Roald K. Wangsness (2001). *Campos electromagnéticos*. Limusa. México D.F.

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**IDENTIFICACIÓ, MESURA I ANÀLISI DE LA CONTAMINACIÓ
ELECTROMAGNÈTICA AL TECNOCAMPUS**

Annexos

Enric Marín Valdivielso
PONENT: Virginia Espinosa Duró

PRIMAVERA 2015



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

| | |
|---|----|
| Annex I. Evolució dels alumnes matriculats per any..... | 1 |
| Annex II. Configuració dels paràmetres principals de l'equip de mesurament..... | 3 |
| Annex III. Software MCS: Configuració del Wi-Fi..... | 5 |
| Annex IV. Taula dels resultats obtinguts dels mesuraments..... | 9 |
| Annex V. Gràfiques dels mesuraments: Planta B..... | 13 |
| Annex VI. Gràfiques dels mesuraments: Planta 1..... | 19 |
| Annex VII. Gràfiques dels mesuraments: Planta 2..... | 31 |
| Annex VIII. Viabilitat mediambiental..... | 37 |
| Annex IX. Contingut del CD-ROM..... | 51 |

Annex I. Evolució dels alumnes matriculats per any.

Resum curs 2014-2015

- Total Estudiants T14: 1024+5
- Estudiants nous preinscripció: 282
- Matriculats TFC T14: 25

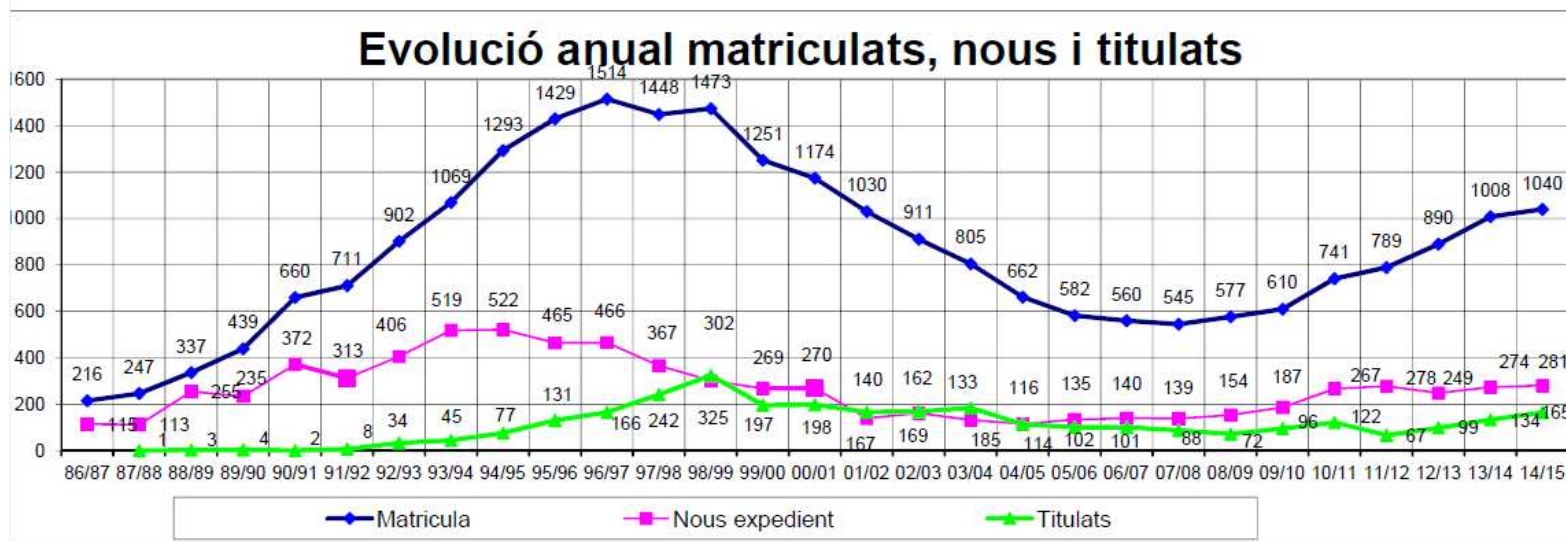


Fig. I.1. Evolució anual dels alumnes matriculats.

Annex II. Configuració dels paràmetres principals de l'equip de mesurament.

A continuació s'expliquen els principals paràmetres a configurar de l'equip de mesurament utilitzat, tenint en compte les pròpies instruccions del propi fabricant.

- a) **Rangs de freqüència a cobrir:** Depenent en quina freqüència operi la radiació EM a mesurar, s'estableix un rang o un altre. Per tant, s'ha de configurar aquest rang depenent de cada cas, introduint la freqüència inicial i la freqüència final. En l'estudi realitzat es contemplen els següents rangs:

| | Rang de treball |
|-----------------|---------------------|
| Connexió Wi-Fi | 2,4 GHz - 2,5 GHz |
| | 5,15 GHz - 5,25 GHz |
| Telèfons mòbils | 900 MHz - 2,1 GHz |
| Forns microones | 2,44 GHz - 2,47 GHz |

Taula II.1. Rangs de freqüències.

- b) **Sample time (Temps de mostreig):** Fixa la duració de l'escombrat. Quan més llarg sigui el temps de mostreig, més exacte resulta el mesurament però per altra banda cada escombrat complert necessita més temps. En tots els casos es fixa un sample time de 500 ms excepte en els telèfons mòbils ja que el rang d'escombrat pels mòbils és molt ampli.

| | Sample Time (ms) |
|-----------------|------------------|
| Connexió Wi-Fi | 500 |
| Telèfons mòbils | 200 |
| Forns microones | 500 |

Taula II.2. Sampling Times.

- c) **Bandwidth (Ample de banda):** Quant més baix sigui aquest paràmetre, més exacte és la visualització i més alta és la sensibilitat, però a la vegada més temps es necessita per fer el mesurament. En tots els casos es fixa un ample de banda de 3 MHz.
- d) **Filtre de vídeo:** Quant menor sigui el filtre de vídeo seleccionat, més ampli i neta es visualitza el senyal en el gràfic. D'aquesta forma es pot suprimir soroll de fons, interferències esporàdiques, etc. Però a la vegada, amb un filtre de vídeo molt baix el gràfic perd molta informació. En tots els casos es fixa un ample de banda de 3 MHz.

- e) **Detector:** Existeixen dos tipus de detectors, RMS i MinMax. Selecciónant MinMax es pot determinar el valor de pic màxim del senyal mesurat. Selecciónant RMS es detecta la verdadera potència dins dels temps de mostreig en una freqüència. A l'hora de fer la comparació amb els nivells màxims permesos s'ha de seleccionar l'opció RMS. Aquests valors són considerablement més baixos que els obtinguts amb MinMax.

Annex III. Software MCS: Configuració del Wi-Fi.

En aquest annex es disposa a explicar com realitzar la configuració del dispositiu per realitzar els mesuraments de la connexió Wi-Fi, mitjançant el software d'anàlisi espectral MCS que s'adjunta amb tot l'equip de mesurament. Comentar que aquesta mateixa configuració que s'explica a continuació es pot fer directament des del dispositiu, però s'aconsella fer-la des de el propi programa MCS perquè es veu d'una forma més gràfica i clara.

Tot seguit es mostren els passos a seguir.

1. Connexió del dispositiu:

- Connectar el dispositiu a l'ordinador mitjançant el cable USB.
- Obrir el software d'anàlisi espectral MCS en el mateix ordinador. Lògicament abans s'ha hagut d'instal·lar.
- Un cop dins del programa, es realitza la connexió del dispositiu de mesurament amb l'ordinador polsant la tecla "Iniciar el barrido".



Fig. III.1. Connexió del dispositiu amb el PC.

2. Configuració principal del dispositiu:

- Configurar el rang de freqüències a cobrir. En el cas del Wi-Fi, el rang de freqüències que es mesuren va de 2,4 GHz a 2,5 GHz. Per tant, s'ha d'introduir la freqüència inicial i la freqüència final. Per fer això, s'ha de polsar en "Configuración" en la barra lateral esquerra del programa i introduir les freqüències corresponents.

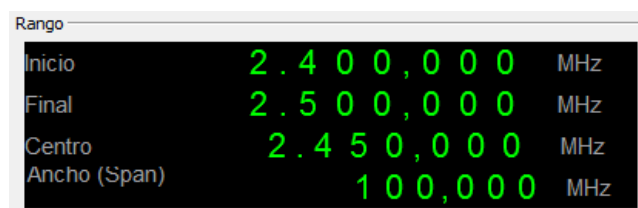
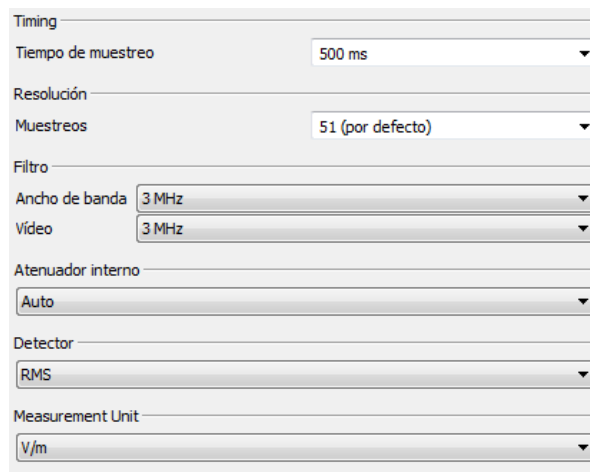


Fig. III.2. Introducció de les freqüències de treball.

- Un cop configurada la freqüència de treball, s'han de configurar els següents paràmetres:
 - a) Temps de mostreig = 500 ms
 - b) Mostrejos = 51
 - c) Ample de banda = 3 MHz
 - d) Vídeo = 3 MHz
 - e) Detector = RMS
 - f) Unitats de mesura = V/m (depenent de les unitats en els que es vulguin mostrar els mesuraments)

Finalment, la configuració queda tal com es mostra a continuació:



The screenshot shows a configuration window with the following settings:

- Timing:** Tiempo de muestreo: 500 ms
- Resolución:** Muestras: 51 (por defecto)
- Filtro:** Ancho de banda: 3 MHz, Vídeo: 3 MHz
- Atenuador interno:** Auto
- Detector:** RMS
- Measurement Unit:** V/m

Fig. III.3. Configuració dels paràmetres principals.

3. Configuració de l'antena utilitzada:

- En la barra lateral del programa, anar a “Calibración” i en el primer camp buscar l'antena utilitzada per fer els mesuraments. En aquest cas es tracta de l'antena “HyperLOG 7060”.

En els segon camp s'ha d'inserir el cable utilitzat pels mesuraments, en el cas que s'hagi utilitzat cable. En el cas del projecte es tracta del “Cable SMA de 1m”



The screenshot shows the 'Calibración' window with the following settings:

- Antenna / Probe:** HyperLOG 7060 (0.7-6GHz)
- Cable:** 1m RG316U SMA auf SMA (Aaronia AG)
- Atenuador externo:** (empty)

Fig. III.4. Configuració de l'antena utilitzada.

4. Configuració de la visualització dels gràfics:

- Pulsar en “Espectro” en la barra lateral a l’esquerra del programa. Un cop a dins, marcar o seleccionar l’opció “Auto”. D’aquesta manera l’escala s’actualitza automàticament i els senyals que s’estan mesurant també.
- Es selecciona l’opció “Max Hold” per tal de visualitzar sempre totes les components espectrals maximitzades i, també, l’opció “Borrar” que visualitza el senyal actual.

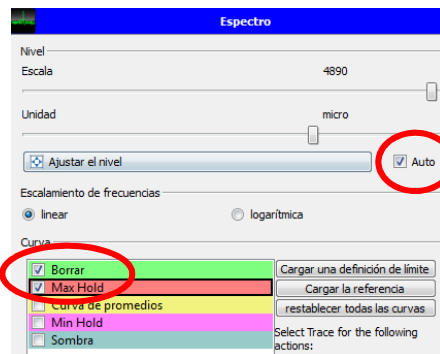


Fig. III.5. Configuració visualització gràfics 1.

- Es recomana també marcar la casella “Llenar el fondo del barrido” perquè ajuda a visualitzar millor els gràfics.
- Finalment, és aconsellable afegir uns marcadors de visualització. En el cas del projecte es fan servir uns marcadors que indiquen els pics màxims dels senyals mesurats i es poden afegir tants com es vulguin.

Per crear-los i afegir-los, s’ha de pulsar en la part inferior de la finestra “Espectro” en “Añadir/Modificar/Borrar”.

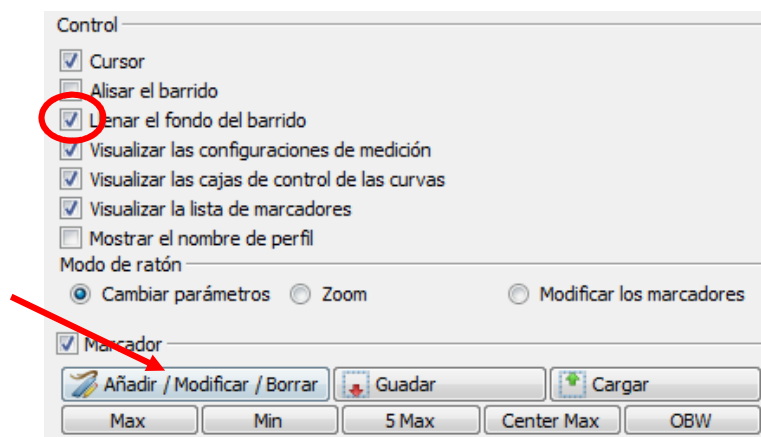


Fig. III.6. Configuració visualització gràfics 2.

- Tot seguit, es selecciona la corba “Máximo” perquè es volen saber els valors màxims de la corba “Max Hold” i clicar en el botó “añadir”. Afegir tants com es desitgin i pulsar en “Cerrar”.

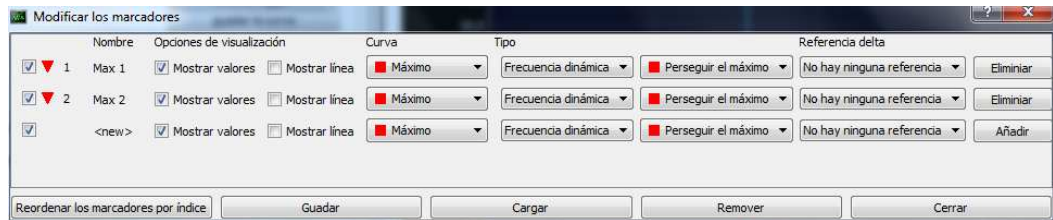


Fig. III.7. Configuració visualització gràfics 3.

- Si es desitja, es poden guardar els marcadors creats polsant en el botó “Guardar” i posant el nom que més agradi. Un cop fet això, es podran carregar sempre els marcadors sense haver-los de crear cada cop.
- Un cop s’ha configurat tot correctament es pot guardar la configuració per a pròxims mesuraments. D’aquesta manera no s’haurà de fer la configuració cada cop que s’obri el programa.

Per fer això, és tan senzill com anar al menú “Sesión” en la part superior del programa i pulsar en “Guardar la sesión” i posar el nom que es desitgi, per exemple: Wi-Fi 2,4 GHz.

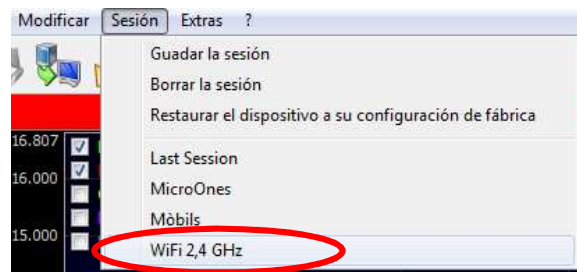


Fig. III.8. Guardar la sessió.

Ara ja està a punt el dispositiu per mesurar els senyals emesos pels equips Wi-Fi. Per fer les configuracions tant pels telèfons mòbils com pels forns microones s’han de seguir els mateixos passos, amb l’ excepció d’inserir el rang de freqüència corresponent per cada cas.

Annex IV. Taula dels resultats obtinguts dels mesuraments.

| Equip de mesura utilitzat | | | Dades dels mesuraments | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------------|---|--------------------------------|
| Marca: Aaronia Model: Spectran HF-6065 V4 Nº Sèrie: 37264 Data últim calibratge: 11/02/2015 | | | Data de realització: 16/03/2015 - 27/04/2015 Tècnic responsable: Enric Marín | | | | |
| Antena utilitzada | | | Nº total de mesuraments: 78 | | | | |
| Marca: Aaronia Model: HyperLOG 7060 Longitud del cable (m): 1 | | | | | | | |
| Localització del punt de mesura respecte de l'antena | Hora d'inici de cada mesurament | Frequència mesurada (MHz) | Nivell de referència (V/m) | Nivell de referència (A/m) | Valor mesurat (V/m) | Supera el nivell decisió (40 dB inferior al nivell de referència) SI o NO | |
| Distància (m) | | | | | | | |
| 1,5 | 20:25 | 2455 | 61 | 0,160 | 0,054 | NO | Z. Descans Planta 1 |
| 1,5 | 20:59 | 5246 | 61 | 0,160 | 0,033 | NO | |
| 1,5 | 21:19 | 2410 | 61 | 0,160 | 0,155 | NO | Aula 101 |
| 1,5 | 21:31 | 5181 | 61 | 0,160 | 0,090 | NO | |
| 1,5 | 14:27 | 2473 | 61 | 0,160 | 0,031 | NO | Aula 102 |
| 1,5 | 14:42 | 5246 | 61 | 0,160 | 0,018 | NO | |
| 1,5 | 13:39 | 2415 | 61 | 0,160 | 0,033 | NO | Aula 104 |
| 1,5 | 13:56 | 5198 | 61 | 0,160 | 0,020 | NO | |
| 1,5 | 14:00 | 2415 | 61 | 0,160 | 0,149 | NO | Aula 105 |

| | | | | | | | |
|-----|-------|------|----|-------|-------|----|--|
| 1,5 | 14:12 | 5216 | 61 | 0,160 | 0,033 | NO | |
| 1,5 | 14:17 | 2412 | 61 | 0,160 | 0,063 | NO | Aula 1C1 |
| 1,5 | 14:32 | 5226 | 61 | 0,160 | 0,027 | NO | |
| 1,5 | 13:38 | 2415 | 61 | 0,160 | 0,075 | NO | |
| 1,5 | 13:56 | 5174 | 61 | 0,160 | 0,027 | NO | Aula 1C2 |
| 1,5 | 13:24 | 2477 | 61 | 0,160 | 0,049 | NO | Passadís Aules 101- 105 |
| 1,5 | 13:39 | 5246 | 61 | 0,160 | 0,036 | NO | |
| 1,5 | 14:02 | 2453 | 61 | 0,160 | 0,057 | NO | |
| 1,5 | 14:11 | 5197 | 61 | 0,160 | 0,068 | NO | |
| 1,5 | 20:42 | 2475 | 61 | 0,160 | 0,065 | NO | |
| 1,5 | 20:56 | 5192 | 61 | 0,160 | 0,015 | NO | |
| 1,5 | 21:47 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,116 | NO | Lab. Info 1 |
| 1,5 | 21:39 | 5228 | 61 | 0,160 | 0,039 | NO | |
| 1,5 | 21:59 | 2433 | 61 | 0,160 | 0,019 | NO | Passadís Lab. Info |
| 1,5 | 21:54 | 5177 | 61 | 0,160 | 0,018 | NO | |
| 1,5 | 21:11 | 2452 | 61 | 0,160 | 0,046 | NO | |
| 1,5 | 21:23 | 5222 | 61 | 0,160 | 0,013 | NO | |
| 1,5 | 20:45 | 2414 | 61 | 0,160 | 0,201 | NO | |
| 1,5 | 20:20 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,057 | NO | Infermeria |
| 1,5 | 14:37 | 2476 | 61 | 0,160 | 0,062 | NO | Aula 201 |
| 1,5 | 14:57 | 5176 | 61 | 0,160 | 0,038 | NO | |
| 1,5 | 13:13 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,055 | NO | Aula 202 |
| 1,5 | 13:27 | 5246 | 61 | 0,160 | 0,042 | NO | |
| 1,5 | 14:36 | 2410 | 61 | 0,160 | 0,096 | NO | Aula 204 |
| 1,5 | 14:50 | 5183 | 61 | 0,160 | 0,073 | NO | |
| 1,5 | 14:02 | 2454 | 61 | 0,160 | 0,153 | NO | Aula 206 |
| 1,5 | 14:15 | 5215 | 61 | 0,160 | 0,027 | NO | |

| | | | | | | | |
|-----|-------|------|----|-------|-------|----|--|
| 1,5 | 13:56 | 2433 | 61 | 0,160 | 0,208 | NO | Passadís Aules 202- 207 |
| 1,5 | 14:14 | 5202 | 61 | 0,160 | 0,045 | NO | |
| 1,5 | 13:56 | 2433 | 61 | 0,160 | 0,025 | NO | |
| 1,5 | 14:11 | 5207 | 61 | 0,160 | 0,017 | NO | |
| 1,5 | 13:27 | 2412 | 61 | 0,160 | 0,018 | NO | |
| 1,5 | 13:38 | 5234 | 61 | 0,160 | 0,027 | NO | |
| 1,5 | 15:58 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,122 | NO | Professors |
| 1,5 | 15:59 | 2434 | 61 | 0,160 | 0,038 | NO | Professors |
| 1,5 | 21:29 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,346 | NO | Vestíbul |
| 1,5 | 21:40 | 5198 | 61 | 0,160 | 0,01 | NO | |
| 1,5 | 20:26 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,034 | NO | Biblioteca |
| 1,5 | 13:16 | 5237 | 61 | 0,160 | 0,033 | NO | |
| 1,5 | 20:49 | 2452 | 61 | 0,160 | 0,015 | NO | |
| 1,5 | 13:29 | 5207 | 61 | 0,160 | 0,04 | NO | |
| 6,0 | 20:19 | 2475 | 61 | 0,160 | 0,047 | NO | Patí exterior |
| 6,0 | 21:53 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,04 | NO | |
| 6,0 | 20:47 | 2413 | 61 | 0,160 | 0,048 | NO | |
| 1,0 | 21:42 | 2445 | 61 | 0,160 | 0,772 | SI | 1er Microones Planta B |
| 1,0 | 21:42 | 2443 | 61 | 0,160 | 0,714 | SI | |
| 1,0 | 21:42 | 2447 | 61 | 0,160 | 0,630 | SI | |
| 1,0 | 21:42 | 2442 | 61 | 0,160 | 0,607 | SI | |
| 1,0 | 21:28 | 2450 | 61 | 0,160 | 1,879 | SI | 2n Microones Planta B |
| 1,0 | 21:28 | 2451 | 61 | 0,160 | 1,714 | SI | |
| 1,0 | 21:28 | 2447 | 61 | 0,160 | 1,181 | SI | |
| 1,0 | 21:28 | 2452 | 61 | 0,160 | 1,069 | SI | |
| 1,0 | 21:28 | 2445 | 61 | 0,160 | 0,689 | SI | |

| | | | | | | | |
|-----|-------|-------|----|-------|-------|----|---------------------------------|
| 1,0 | 22:04 | 2455 | 61 | 0,160 | 1,560 | SI | Microones Planta 1 |
| 1,0 | 22:04 | 2457 | 61 | 0,160 | 1,559 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2464 | 61 | 0,160 | 1,515 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2465 | 61 | 0,160 | 1,480 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2462 | 61 | 0,160 | 1,368 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2443 | 61 | 0,160 | 1,259 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2452 | 61 | 0,160 | 1,176 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2451 | 61 | 0,160 | 1,028 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2453 | 61 | 0,160 | 0,939 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2459 | 61 | 0,160 | 0,952 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2442 | 61 | 0,160 | 0,930 | SI | |
| 1,0 | 22:04 | 2444 | 61 | 0,160 | 0,781 | SI | |
| 1,2 | 19:51 | 1927 | 60 | 0,160 | 0,207 | NO | |
| 1,2 | 19:28 | 925,0 | 41 | 0,112 | 0,041 | NO | Mòbils Z. Descans P1 |
| 1,2 | 12:40 | 1973 | 61 | 0,160 | 0,104 | NO | Mòbils Lab. Info 1 |
| 1,2 | 19:54 | 925,0 | 41 | 0,112 | 0,062 | NO | Mòbils Lab. Info 2 |

Taula IV.1. Taula de resultats.

Annex V. Gràfiques dels mesuraments: Planta B

Connexió Wi-Fi

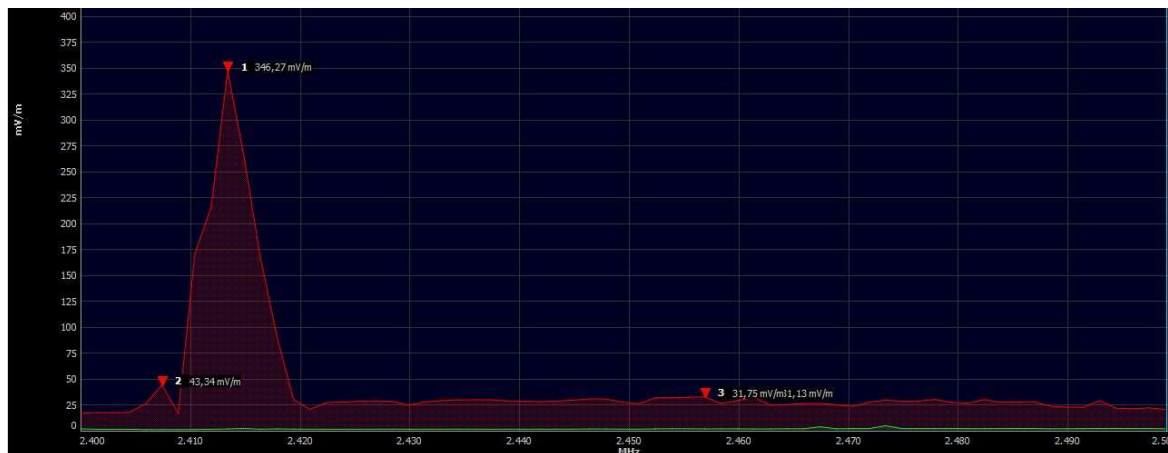


Fig. VI.1. Vestíbul_2,4GHz_RMS.



Fig. VI.2. Vestíbul_5GHz_RMS.

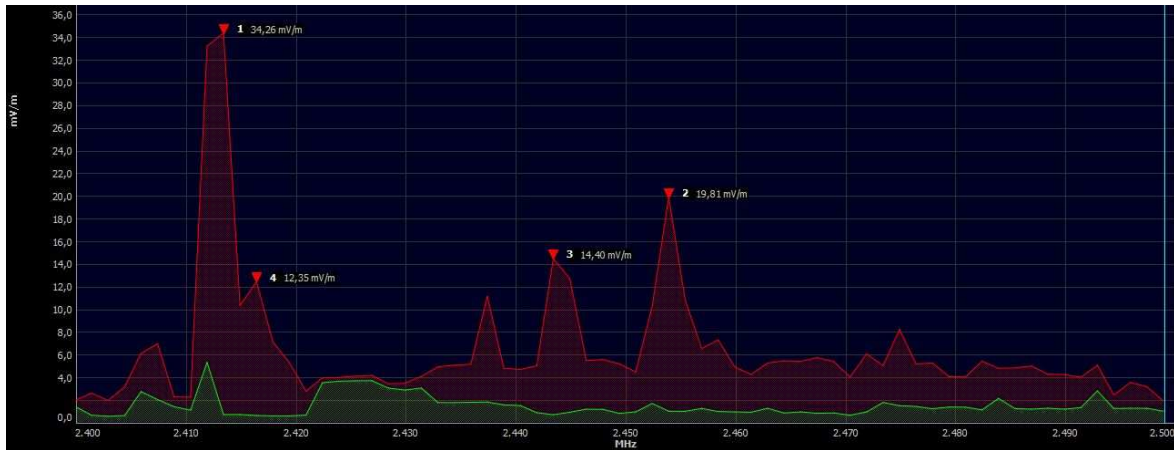


Fig. VI.3. Biblioteca sala gran_2,4GHz_RMS.

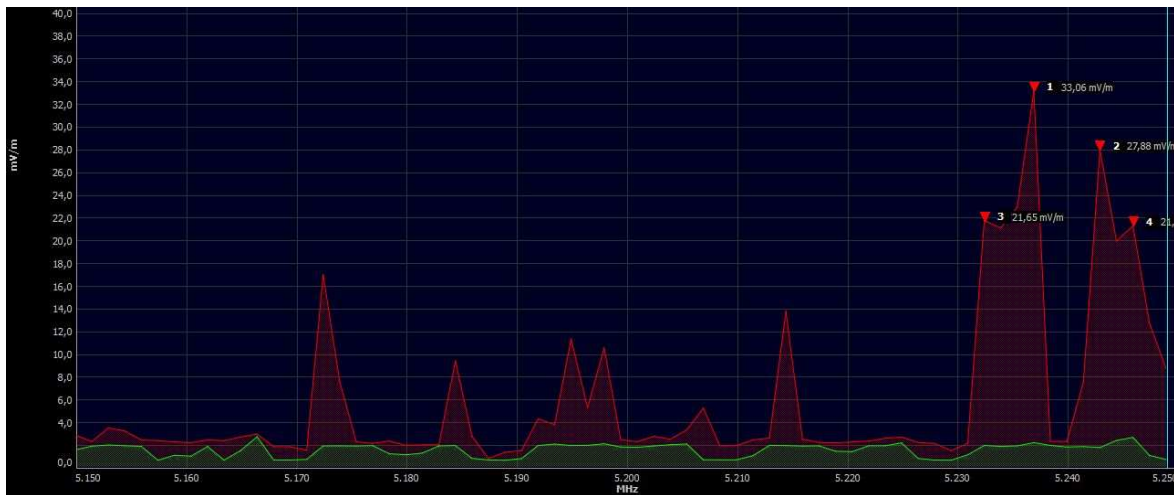


Fig. VI.4. Biblioteca sala gran_5GHz_RMS.

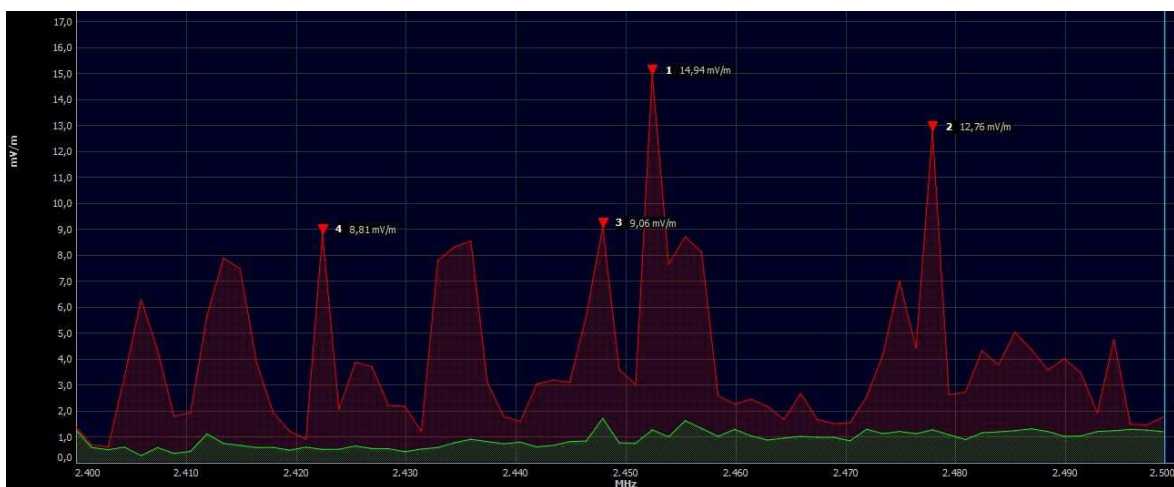


Fig. VI.5. Biblioteca sala petita_2,4GHz_RMS.

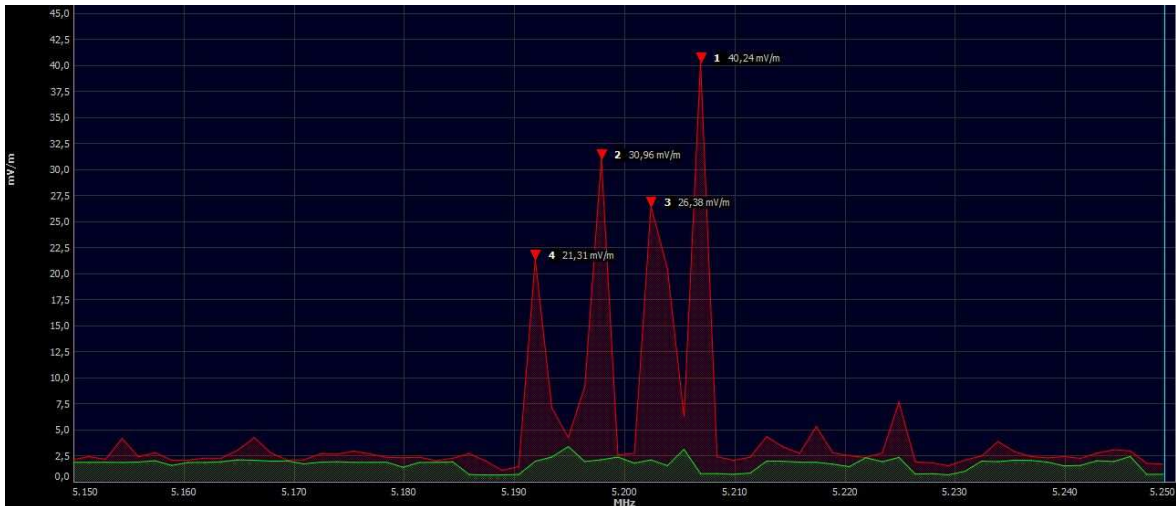


Fig. VI.6. Biblioteca sala petita_5GHz_RMS.

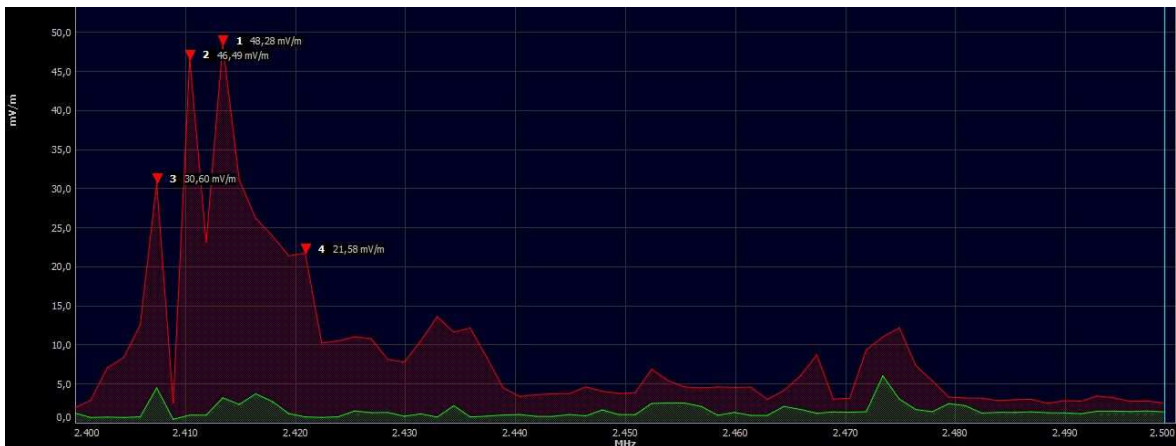


Fig. VI.7. Pati exterior1_2,4GHz_RMS.

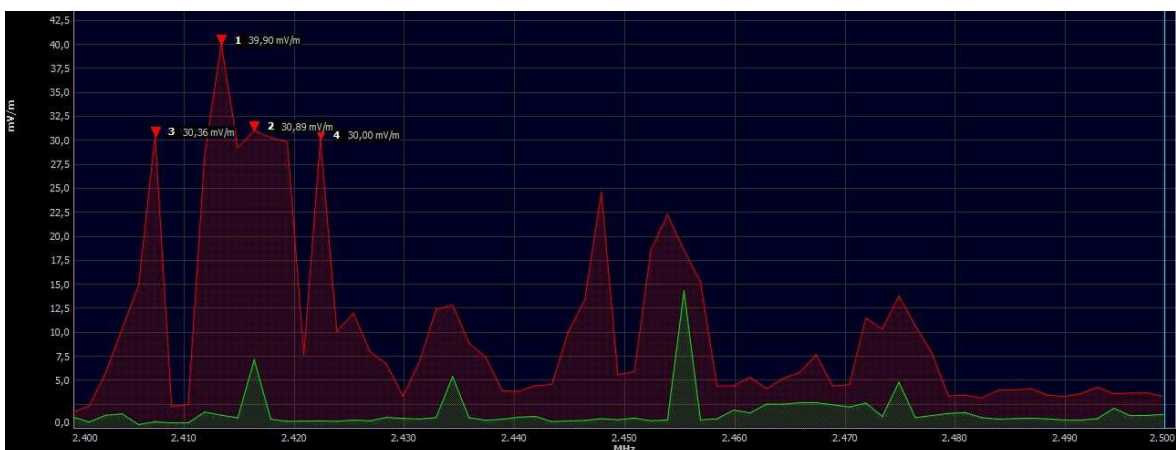


Fig. VI.8. Pati exterior2_2,4GHz_RMS.

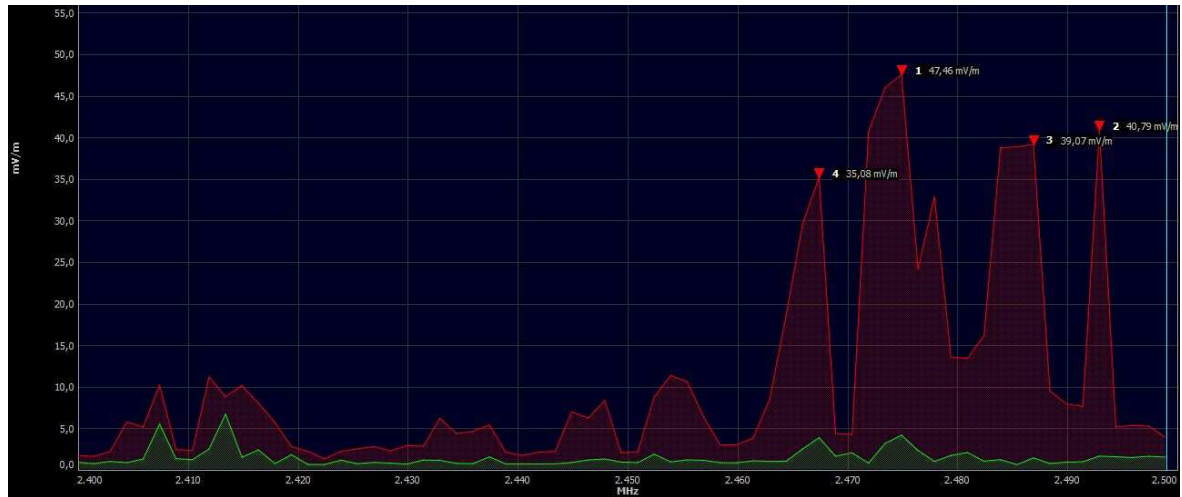


Fig. VI.9. Pati exterior3_2,4GHz_RMS.

Telèfons mòbils



Fig. VI.10. Zona de descans/menjador_RMS.

Forns microones

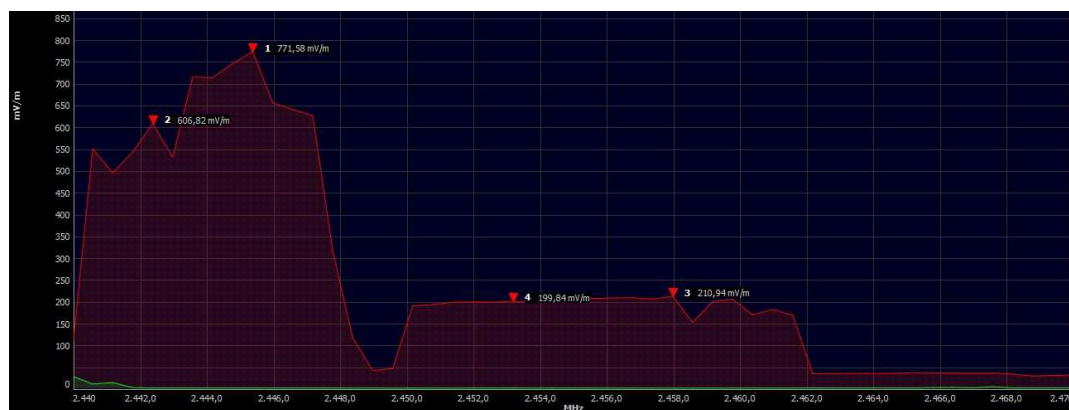


Fig. VI.11. Primer microones zona descans/menjador_RMS.



Fig. VI.12. Segon microones zona descans/menjador_RMS.

Annex VI. Gràfiques dels mesuraments: Planta 1

Connexió Wi-Fi

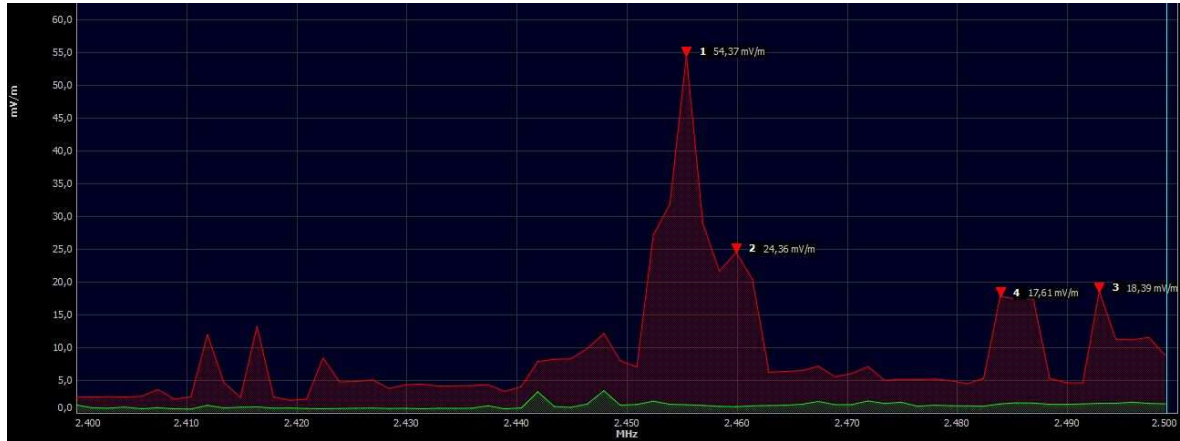


Fig. VI.1. Zona de descans/menjador_2,4GHz_RMS.

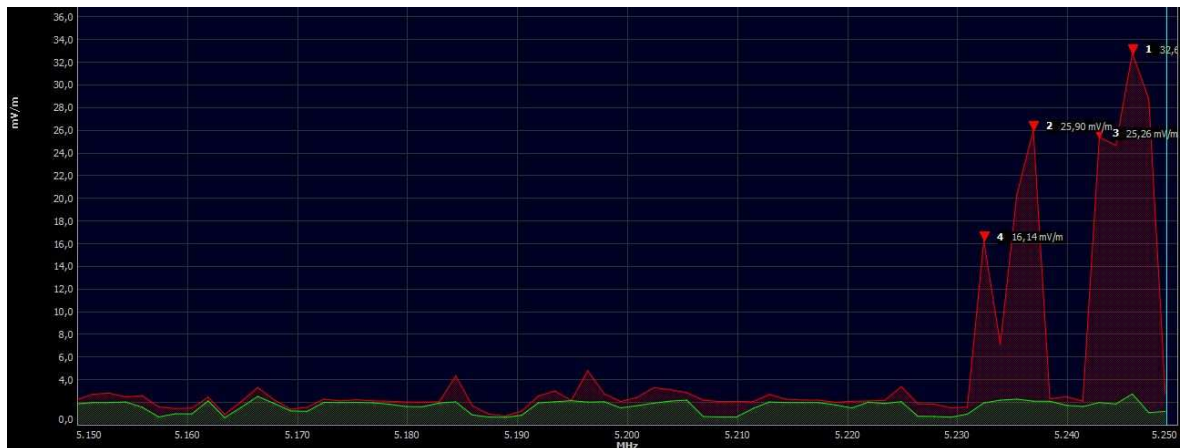


Fig. VI.2. Zona de descans/menjador_5GHz_RMS.



Fig. VI.3. Aula 101_2,4GHZ_RMS.

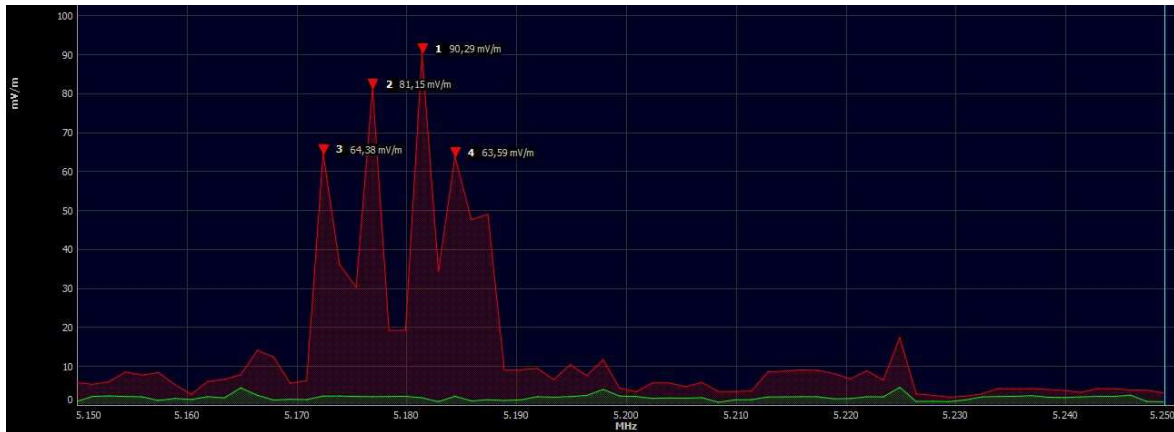


Fig. VI.4. Aula 101_5GHZ_RMS.

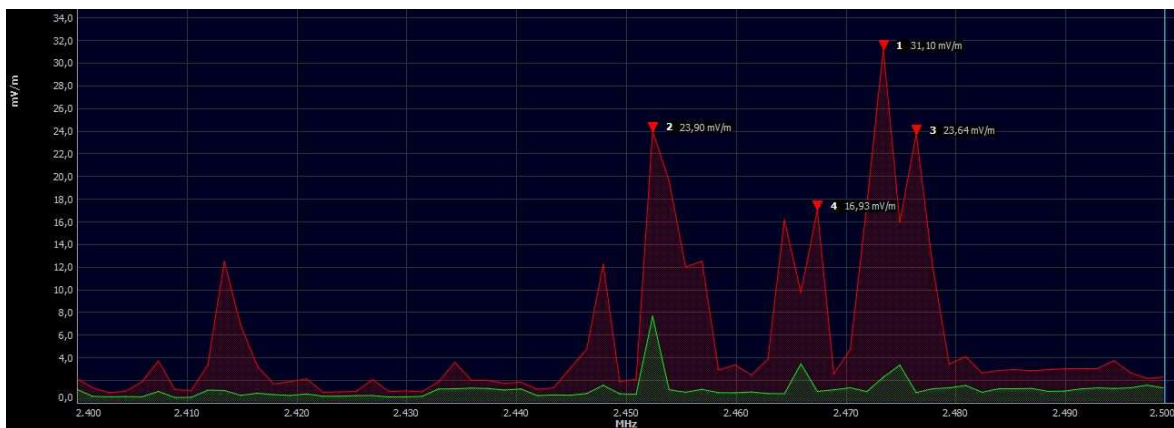


Fig. VI.5. Aula 102_2,4GHZ_RMS.

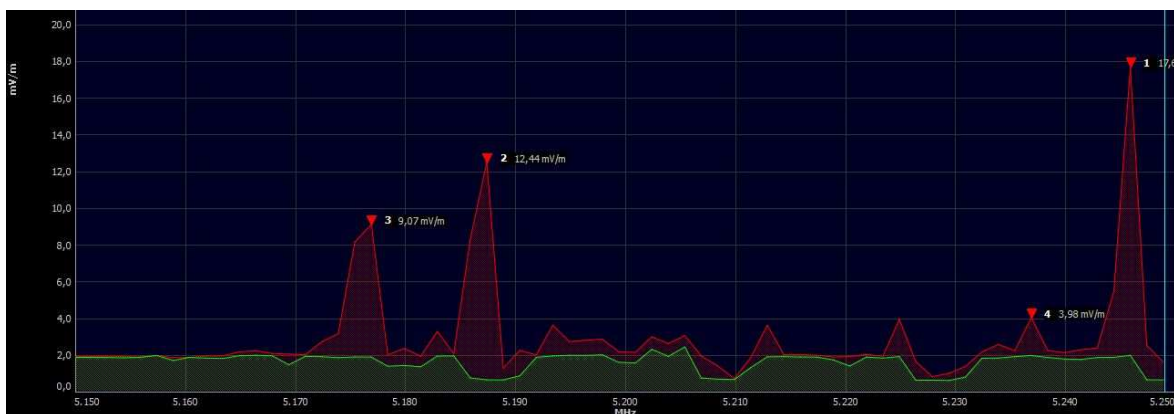


Fig. VI.6. Aula 102_5GHZ_RMS.



Fig. VI.7. Aula 104_2,4GHZ_RMS.

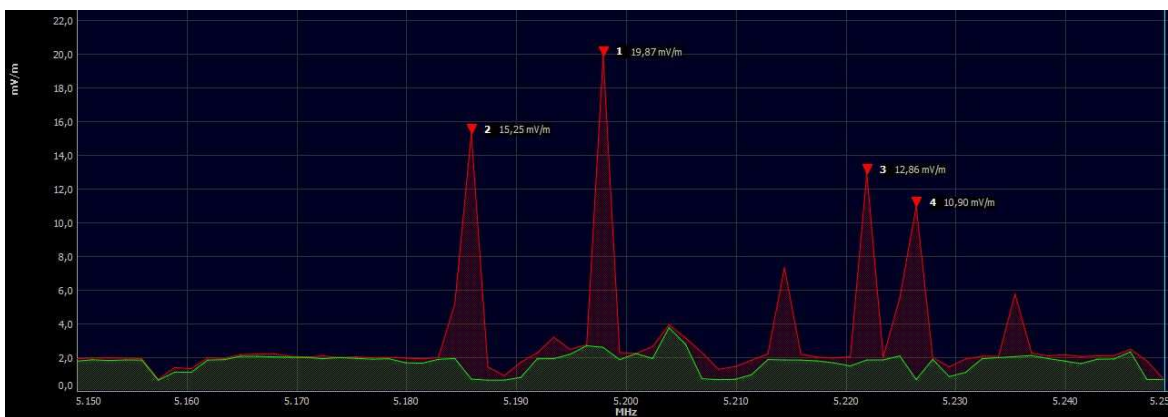


Fig. VI.8. Aula 104_5GHZ_RMS.

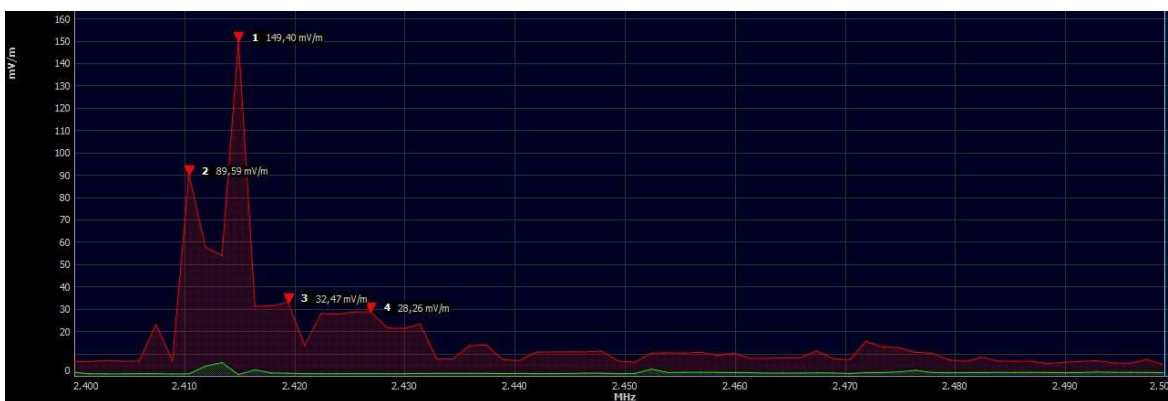


Fig. VI.9. Aula 105_2,4GHZ_RMS.

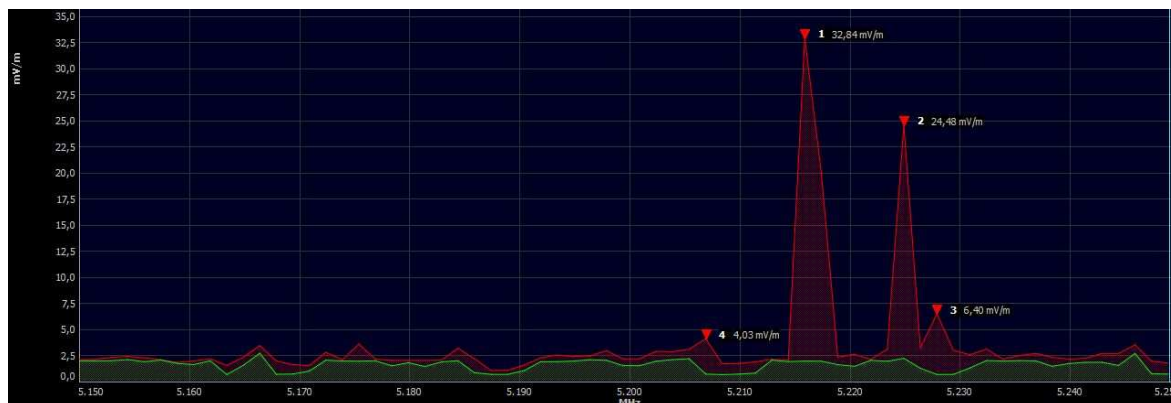


Fig. VI.10. Aula 105_5GHZ_RMS.



Fig. VI.11. Aula 1C1_2,4GHZ_RMS.

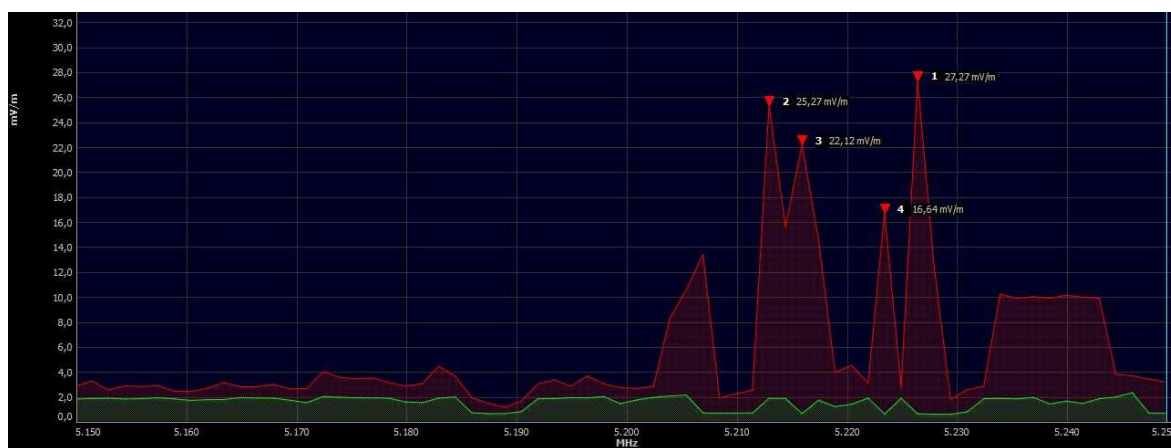


Fig. VI.12. Aula 1C1_5GHZ_RMS.



Fig. VI.13. Aula 1C2_2,4GHZ_RMS.

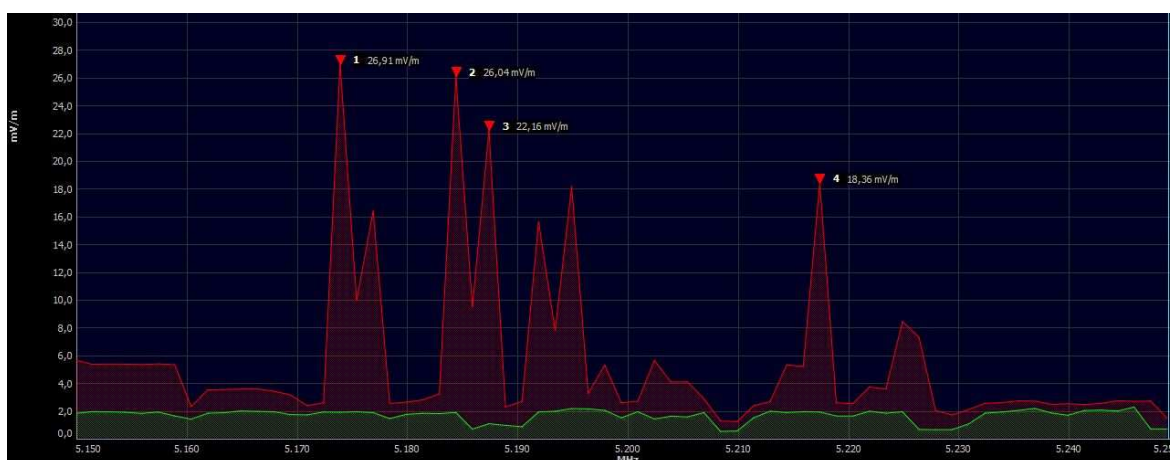


Fig. VI.14. Aula 1C2_5GHZ_RMS.

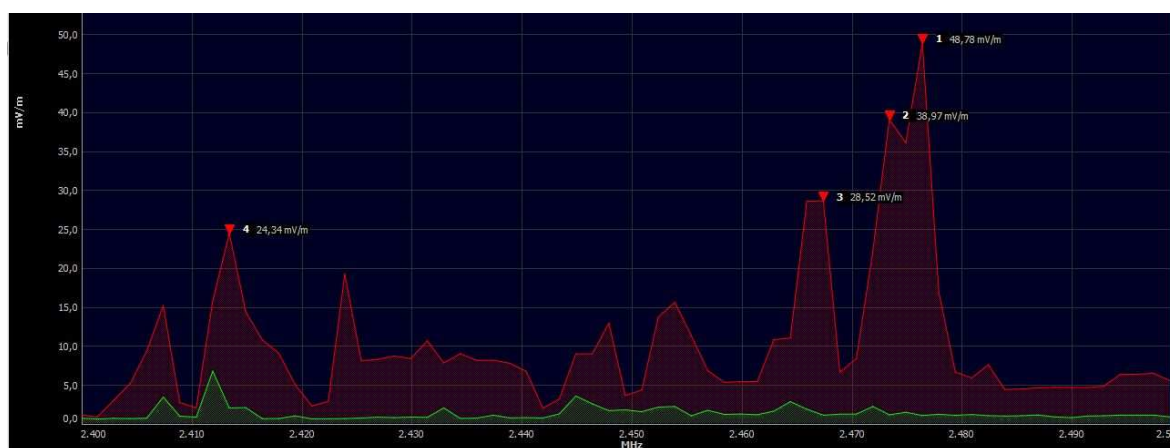


Fig. VI.15. Passadís aules 101-105(1)_2,4GHZ_RMS.



Fig. VI.16. Passadís aules 101-105(1)_5GHZ_RMS.

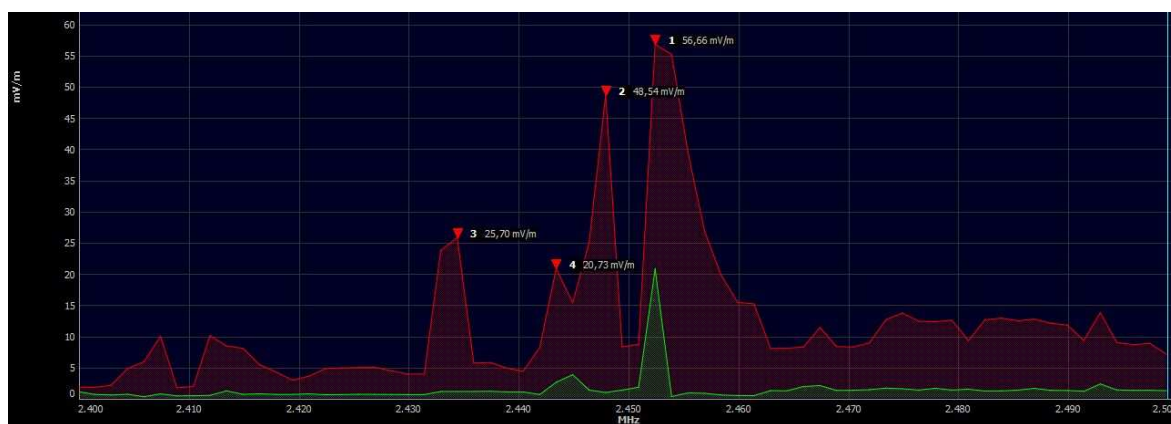


Fig. VI.17. Passadís aules 101-105(2)_2,4GHZ_RMS.

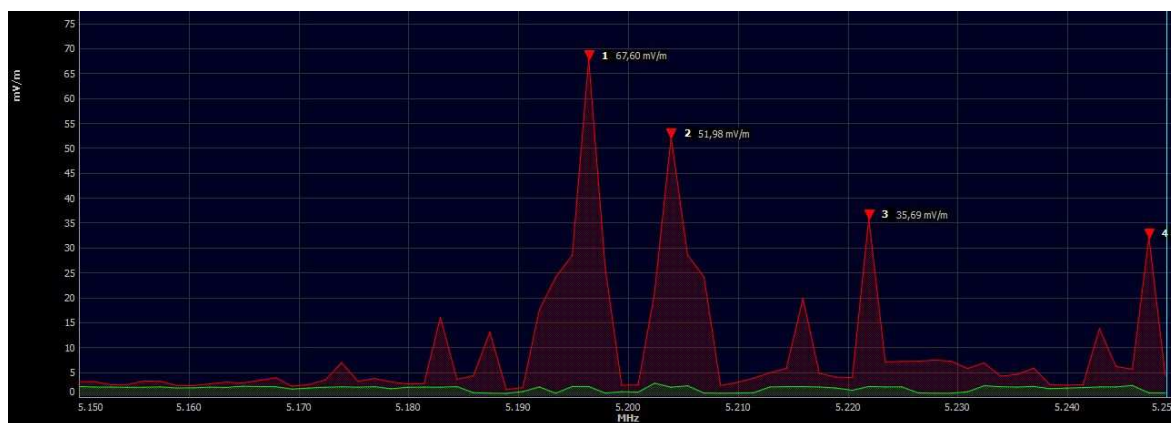


Fig. VI.18. Passadís aules 101-105(2)_5GHZ_RMS.

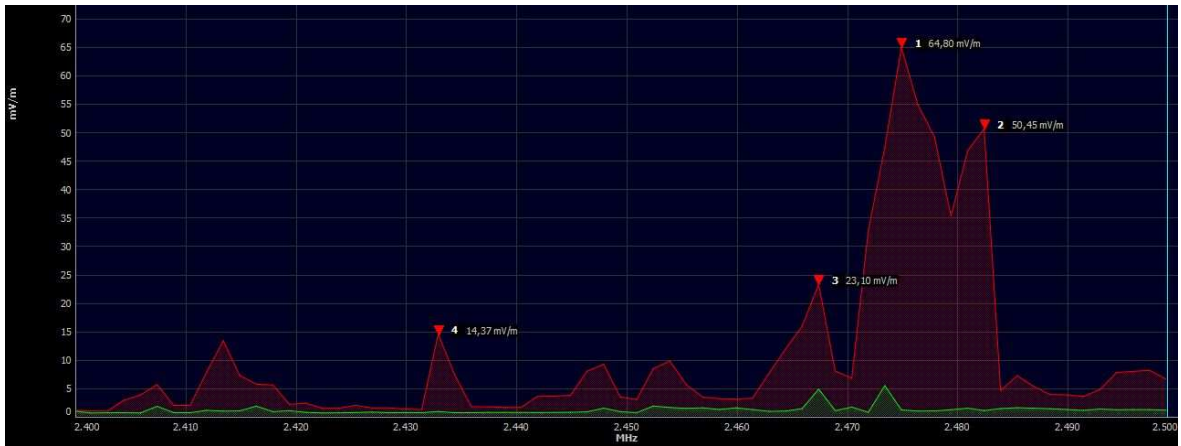


Fig. VI.19. Passadís aules 101-105(3)_2,4GHZ_RMS.

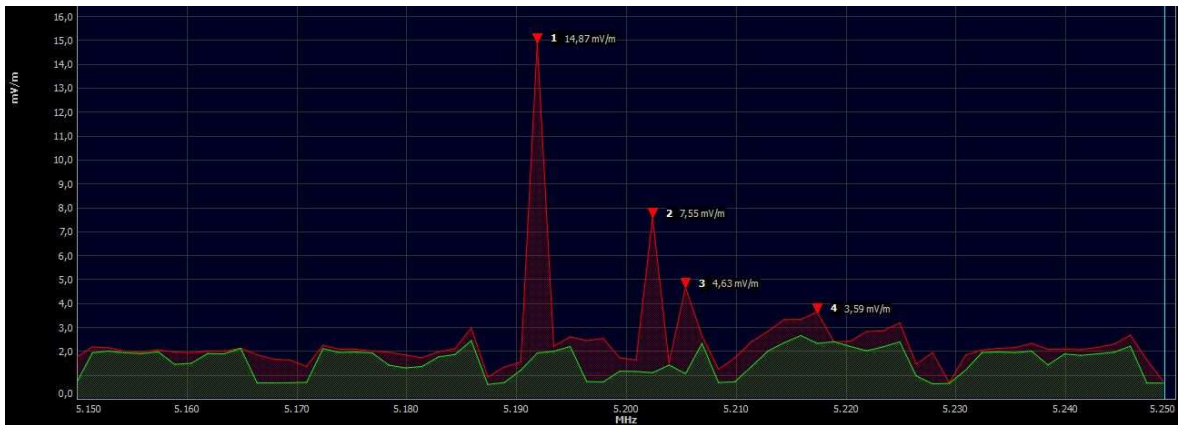


Fig. VI.20. Passadís aules 101-105(3)_5GHZ_RMS.

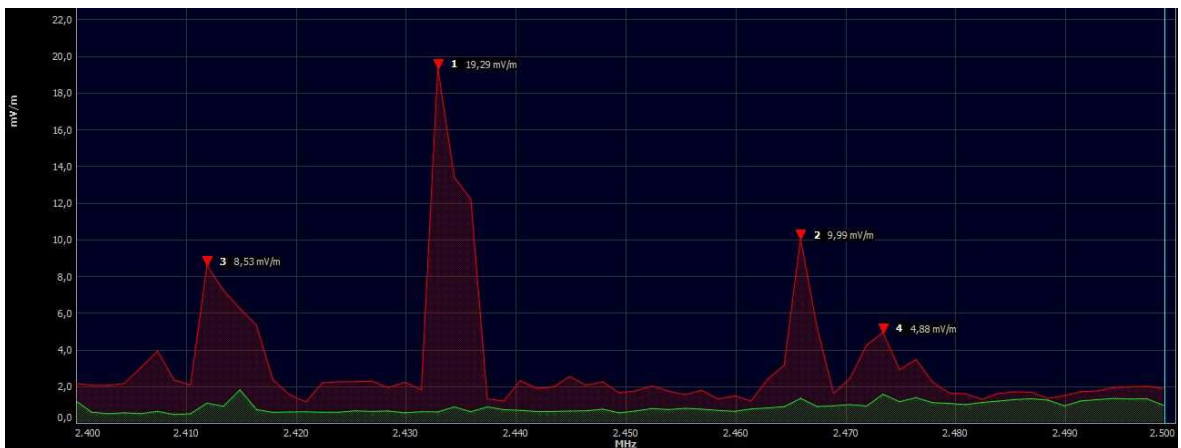


Fig. VI.21. Passadís laboratoris(1)_2,4GHZ_RMS.

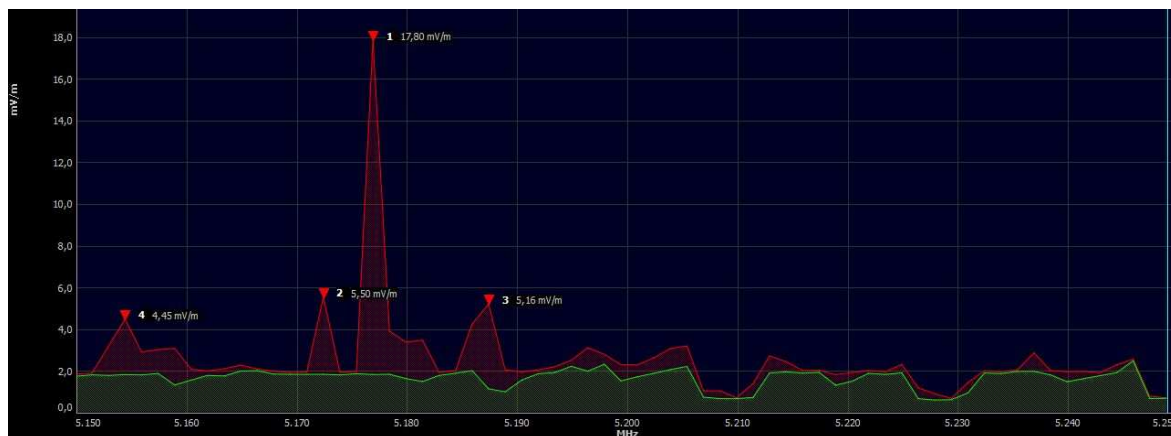


Fig. VI.22. Passadís laboratoris(1)_5GHZ_RMS.

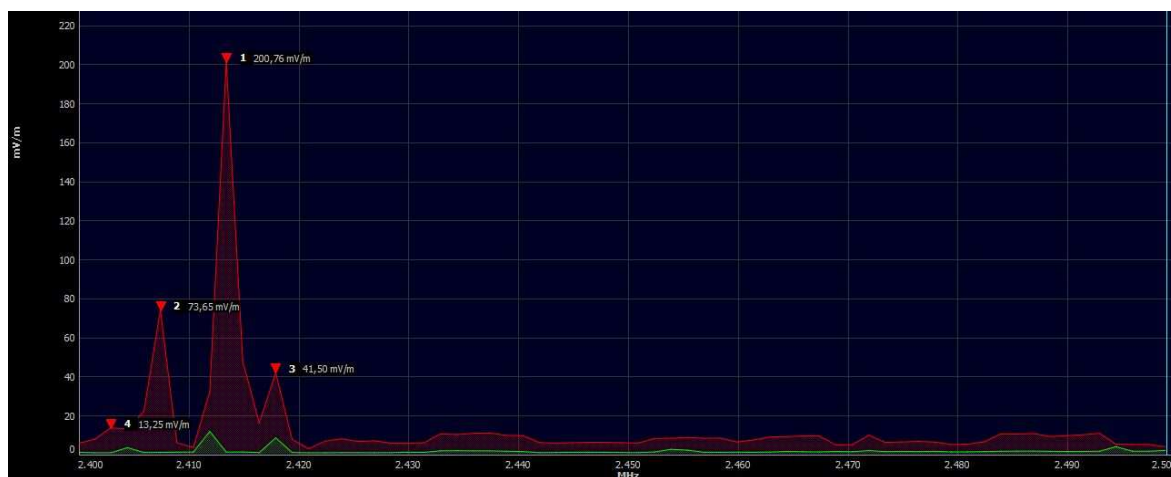


Fig. VI.23. Passadís laboratoris(2)_2,4GHZ_RMS.

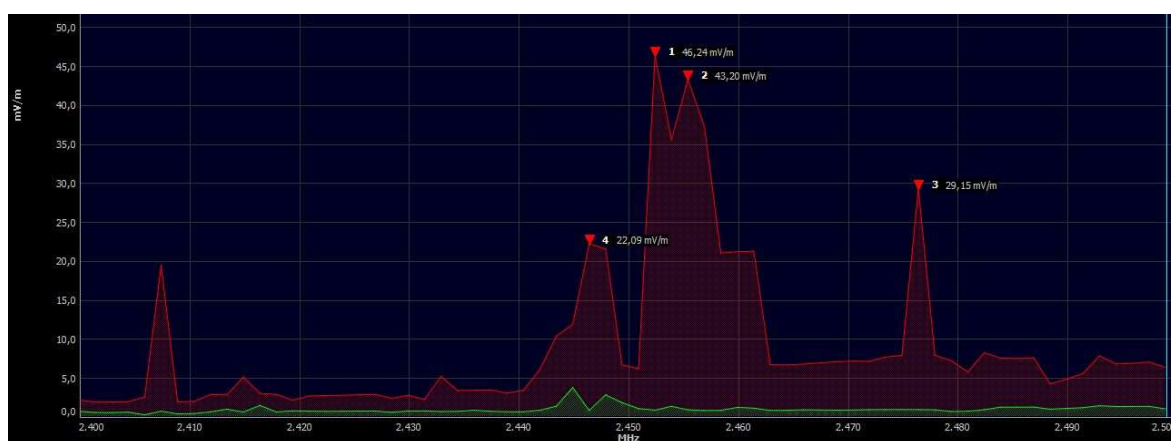


Fig. VI.24. Passadís laboratoris(3)_2,4GHZ_RMS.

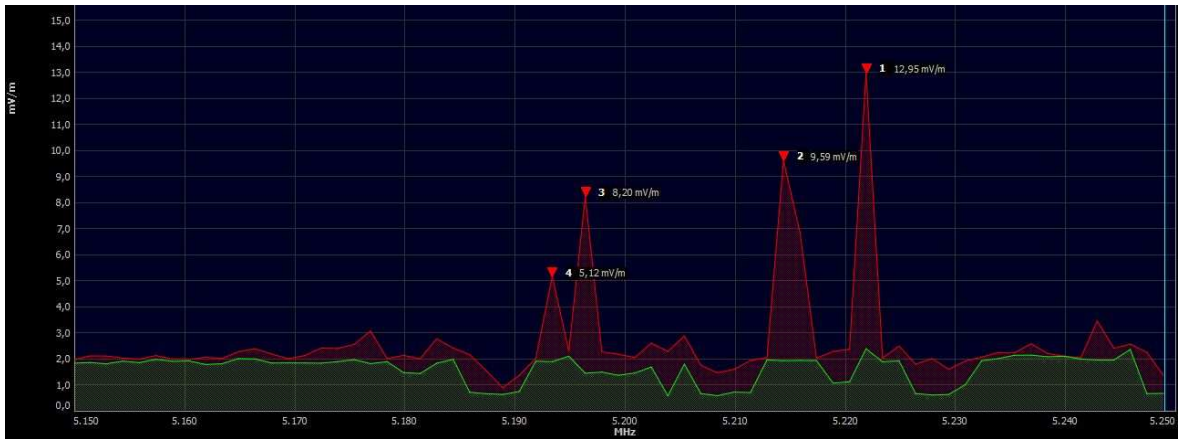


Fig. VI.25. Passadís laboratoris(3)_5GHZ_RMS.



Fig. VI.26. Laboratori informàtica 1_2,4GHZ_RMS.

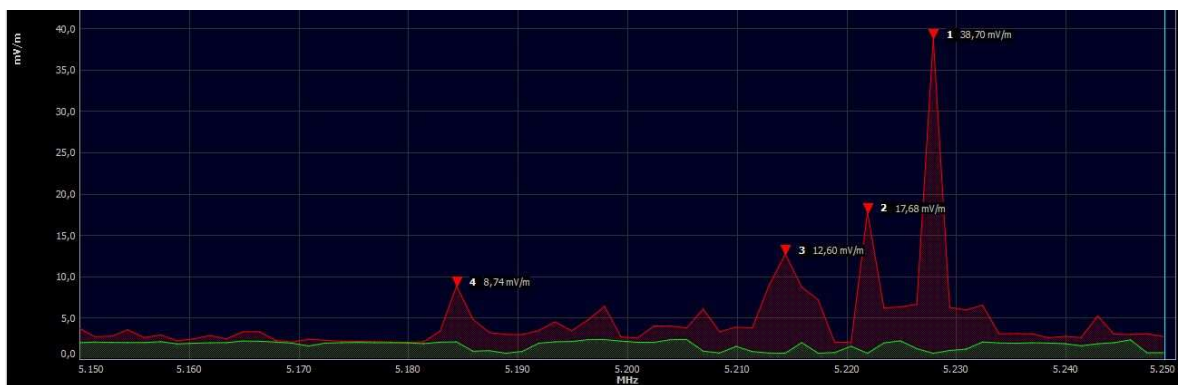


Fig. VI.27. Laboratori informàtica 1_5GHZ_RMS.

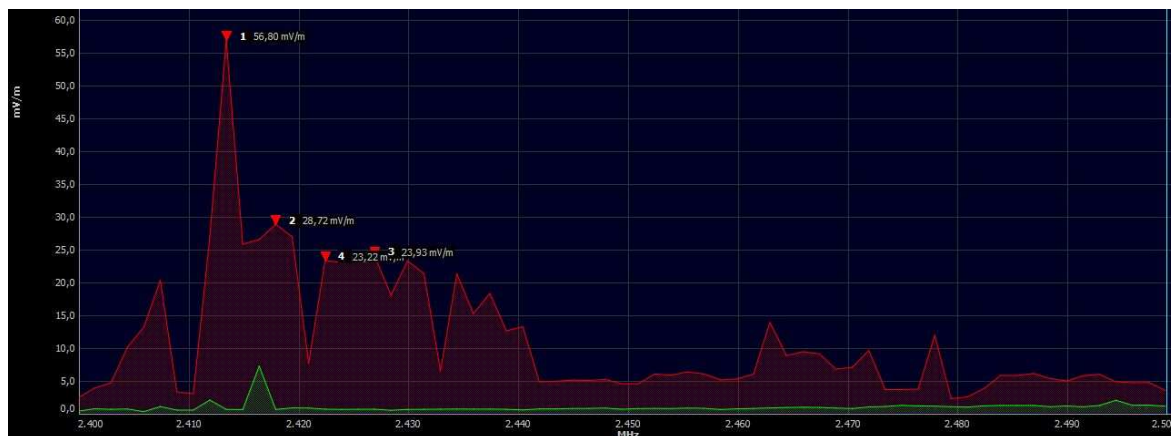


Fig. VI.28. Passadís infermeria_2,4GHZ_RMS.

Telèfons mòbils

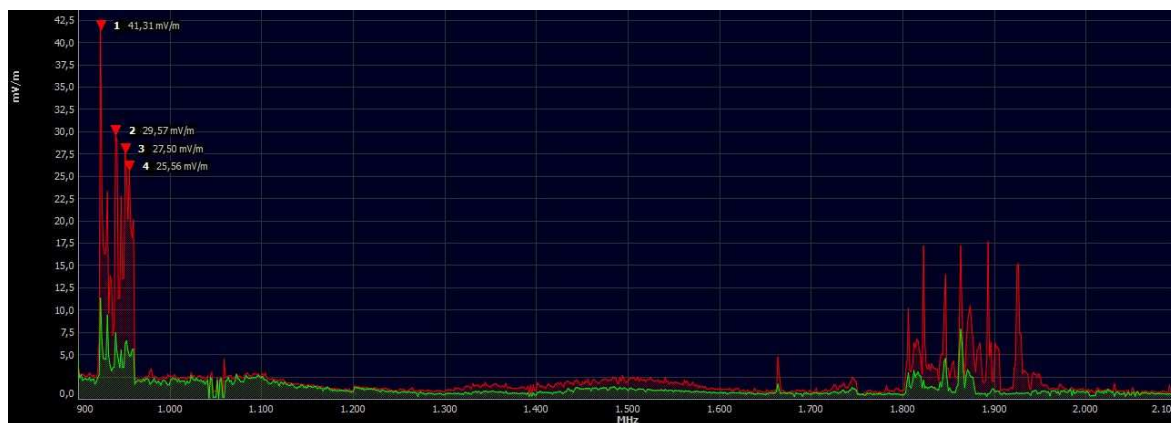


Fig. VI.29. Zona de descans/menjadador_RMS.



Fig. VI.30. Laboratori informàtica 1_RMS.



Fig. VI.31. Laboratori informàtica 2_RMS.

Forns microones



Fig. VI.32. Zona de descans/menjador_RMS.

Annex VII. Gràfiques dels mesuraments: Planta 2

Connexió Wi-Fi

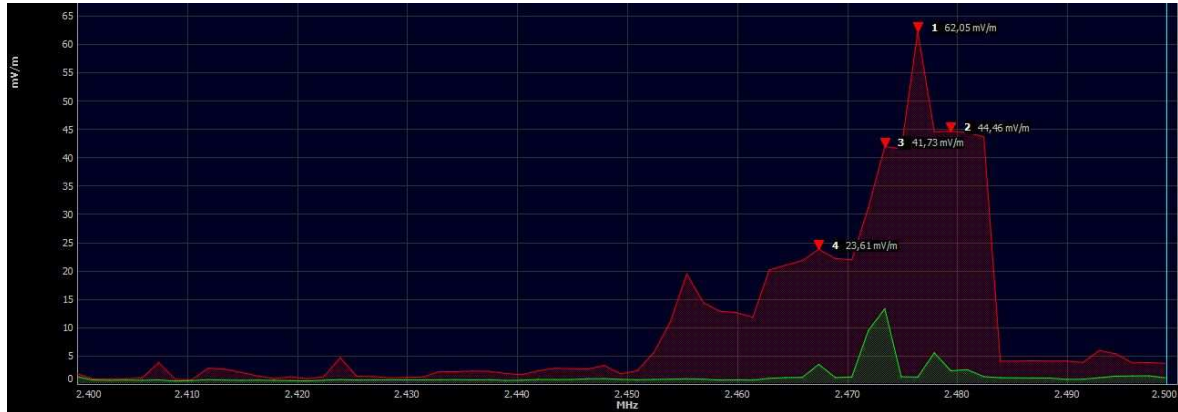


Fig. VII.1. Aula 201_2,4GHz_RMS.

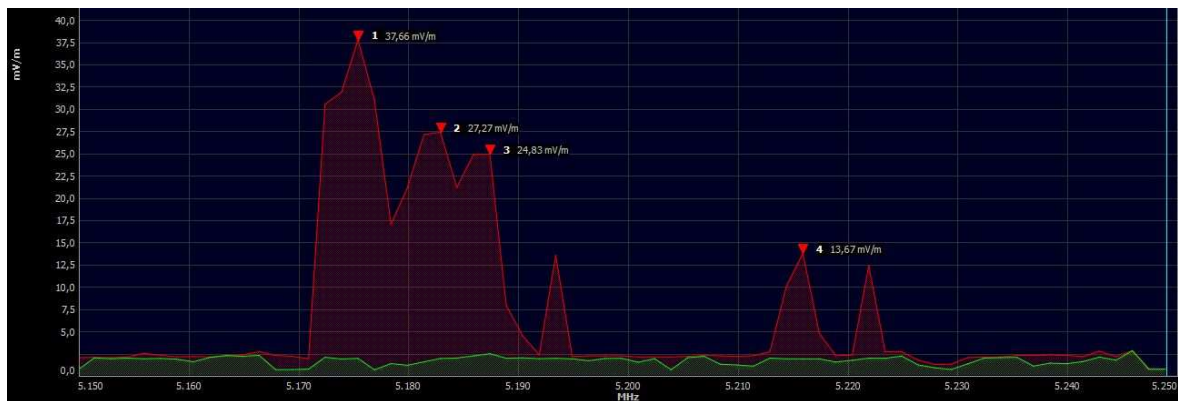


Fig. VII.2. Aula 201_5GHz_RMS.

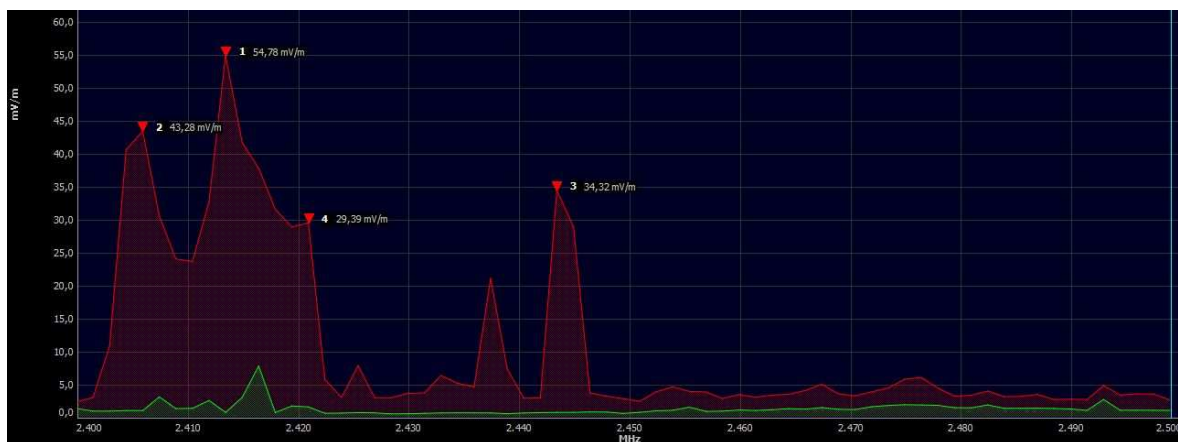


Fig. VII.3. Aula 202_2,4GHz_RMS.



Fig. VII.4. Aula 202_5GHz_RMS.

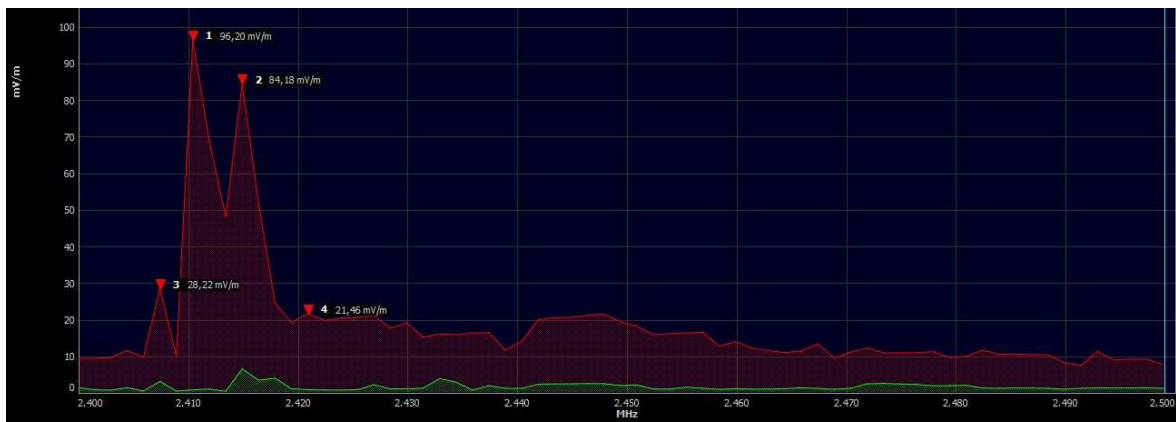


Fig. VII.5. Aula 204_2,4GHz_RMS.

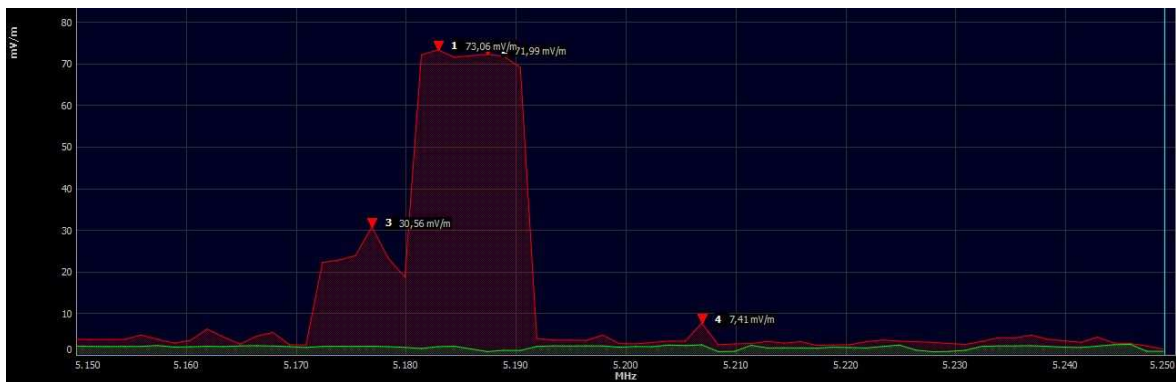


Fig. VII.6. Aula 204_5GHz_RMS.



Fig. VII.7. Aula 206_2,4GHz_RMS.

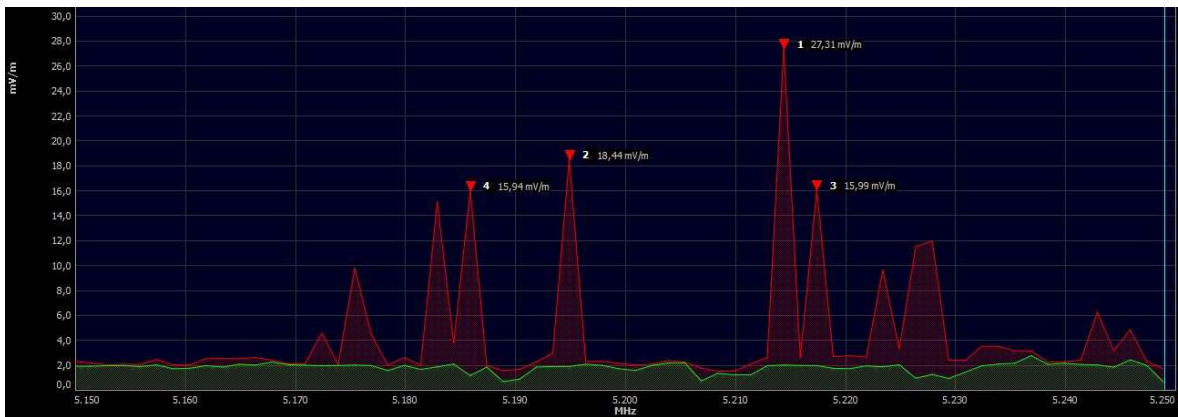


Fig. VII.8. Aula 206_5GHz_RMS.

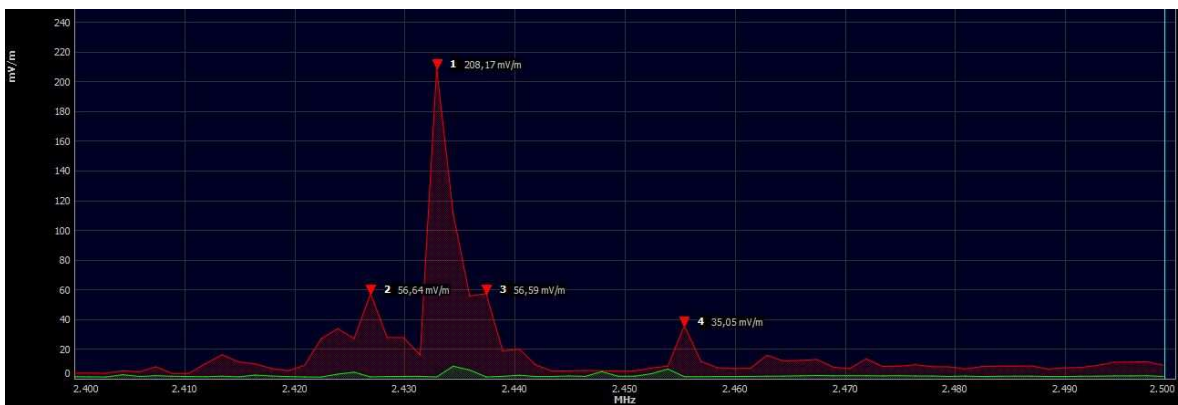


Fig. VII.9. Passadís aules 202-207(1)_2,4GHz_RMS.

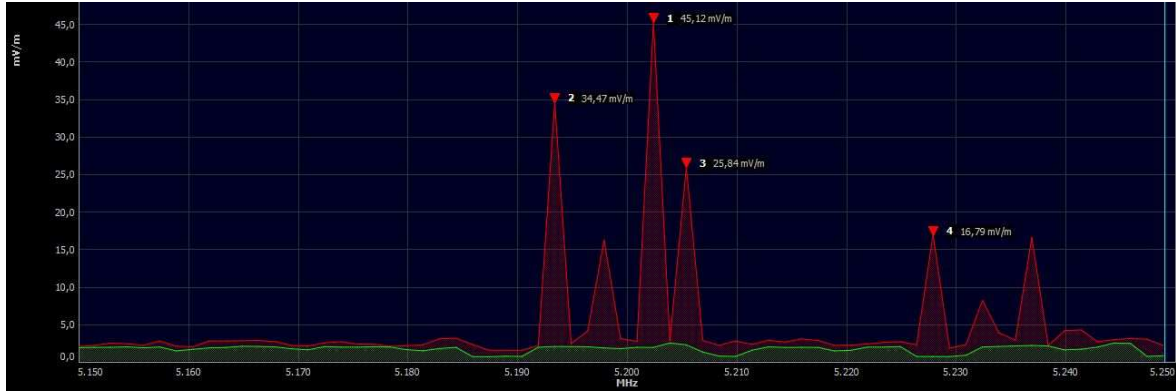


Fig. VII.10. Passadís aules 202-207(1)_5GHz_RMS.

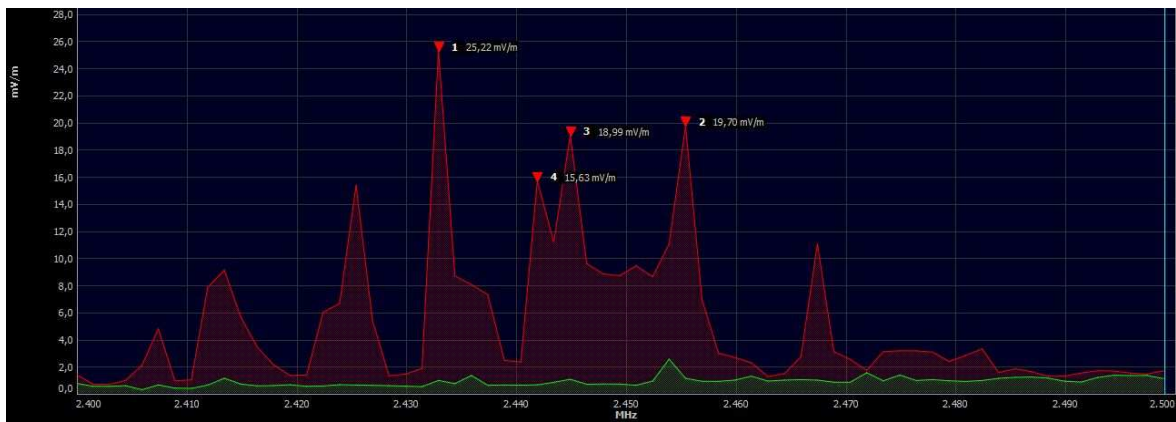


Fig. VII.11. Passadís aules 202-207(2)_2,4GHz_RMS.

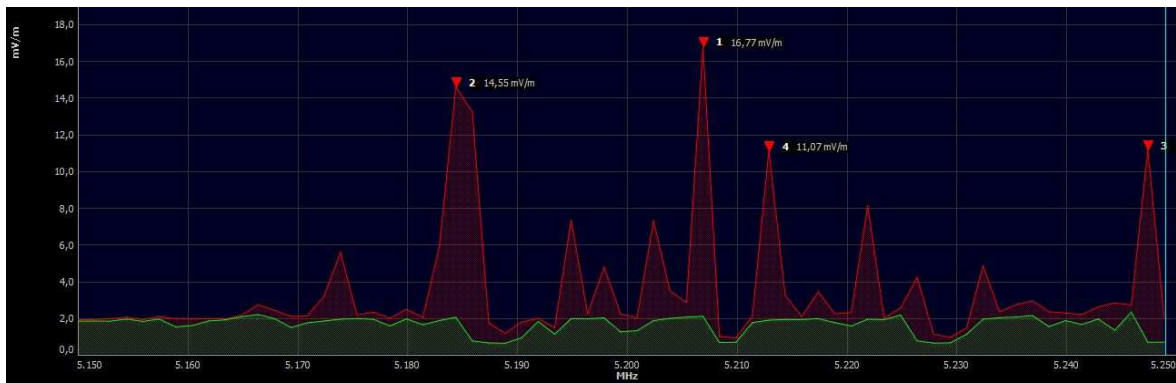


Fig. VII.12. Passadís aules 202-207(2)_5GHz_RMS.

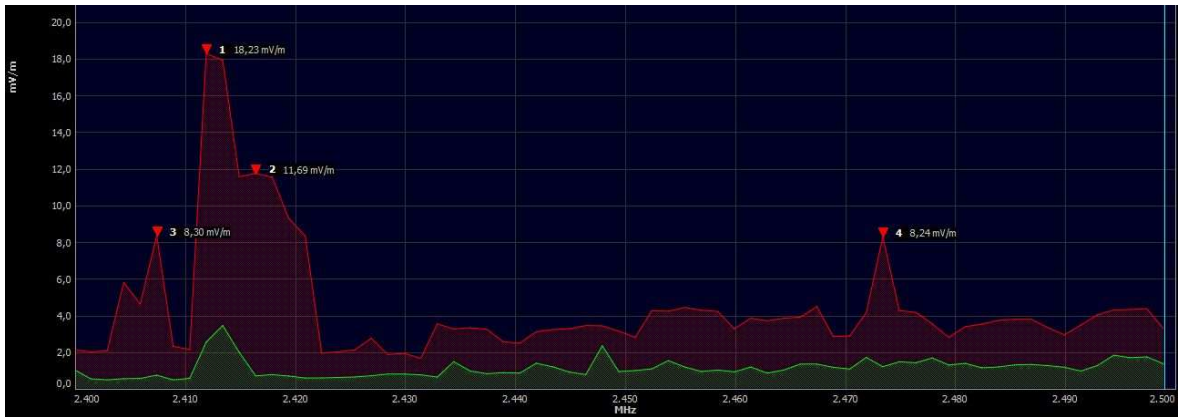


Fig. VII.13. Passadís aules 202-207(3)_2,4GHz_RMS.

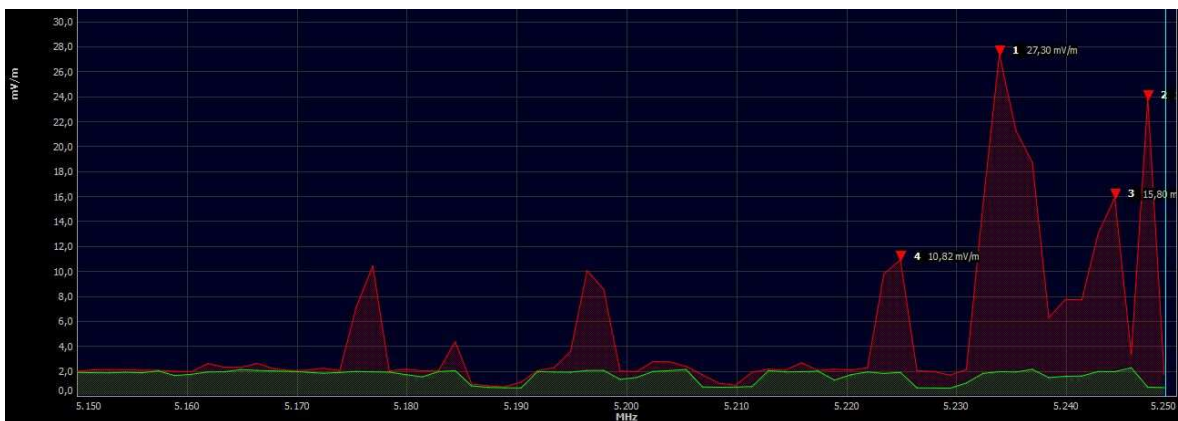


Fig. VII.14. Passadís aules 202-207(3)_5GHz_RMS.



Fig. VII.15. Passadís professors(1)_2,4GHz_RMS.

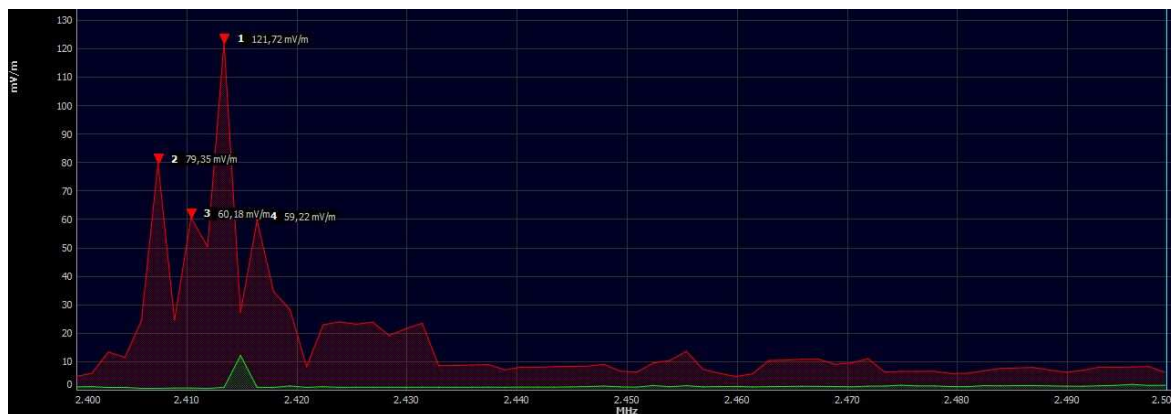


Fig. VII.16. Passadís professors(2)_2,4GHz_RMS.

Annex VIII. Viabilitat mediambiental.

Llistes de control:

| Pregunta | SI | NO | Potser | OBSERVACIONS |
|---|----|----|--------|--------------|
| 1. Quines matèries primeres seran utilitzades? | | X | | |
| 1. Com seran obtingudes aquestes matèries primeres? | | X | | |
| 2. En el sistema d'enviament (transport) de les matèries primeres a la localització prevista, s'han tingut en consideració els possibles impactes de tipus ambiental? | | X | | |
| 3. Existeix un pla que lligui el projecte als aspectes ambientals d'extracció, transport i emmagatzematge de les matèries primers? | | X | | |

1.1 Capacitat assimilativa de la localització

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. S'han considerat llocs o localitzacions alternatius en un esforç d'evitar o mitigar la degradació ambiental? | | X | | |
| 2. Es tenen estudis hidrològics, geològics i meteorològics de la localització per anticipar i minimitzar possibles danys a humans, flora i fauna? | | X | | |
| 3. Les aigües residuals seran abocades directament o indirectament a l'exterior? | | X | | |
| 4. Quin serà el medi receptor? | | X | | |
| 5. S'han fet estudis de les propietats físiques, químiques i biològiques, del medi aquàtic receptor, com ara la temperatura, règim de cabals, oxigen dissolt, demanda química d'oxigen? | | X | | |
| 6. Es generaran residus?, Està prevista la seva caracterització?, On es pensa tractar-los, en el cas que es | | X | | |

1.2 Fase de Disseny del procés

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. Quins elements han de ser incorporats al disseny de la planta des d'un punt de vista ambiental? | | X | | |
| 2. S'ha considerat la possibilitat d'utilitzar una tecnologia neta, per a tot el procés, o per alguna de les operacions involucrades? | | X | | |

1.4. Fase de Construcció

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|--|----|----|--------|--------------|
| 1. El pla constructiu ha pres en consideració els factors ecològics? | | X | | |
| 2. S'han previst accions per minimitzar el dany ambiental, per | | X | | |

1.5. Fase d'Operació

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|---|----|----|--------|--------------|
| 1. S'han previst mecanismes de seguretat en el maneig de matèries perilloses, cas que n'hi hagi? | | X | | |
| 2. Existeixen riscos d'explosió o abocaments per accident? | | X | | |
| 3. Està previst un pla de seguretat interna, amb la incorporació de tots els mecanismes operatius necessaris? | | X | | |
| 4. S'han pres mesures especials en els sistemes d'emmagatzematge de materials perillosos? | | X | | |
| 5. S'han previst les precaucions corresponents per prevenir les pèrdues dels tancs d'emmagatzematge? | | X | | |
| 6. Quins tipus i quantitats de corrents residuals es produiran? | | X | | |
| 7. Quins sistemes de control de la contaminació estan previstos? | | X | | |
| 8. Els abocaments previstos, en el cas que n'hi hagi, en sistemes aquàtics (rius, llacs, aigües litorals) són compatibles amb els seus usos presents i futurs, particularment durant els períodes d'estiatge? | | X | | |
| 9. Poden els corrents residuals tenir efectes sinèrgics amb altres materials? | | X | | |
| 10. Contenen els corrents residuals materials potencialment tòxics? | | X | | |
| 11. S'han d'esperar efectes dels abocaments d'aigües residuals al medi receptor, com ara desenvolupament d'algues, mort de peixos, etc.? | | X | | |
| 12. Està previst el seu monitoratge?, Mitjançant mesures puntuals, periòdiques o en temps real? | | X | | |
| 13. Quins sistemes estan previstos per eliminar els materials tòxics? | | X | | |
| 14. En cas de produir residus, quin sistema de tractament es pensa utilitzar? | | X | | |
| 15. S'ha considerat el reciclatge d'aquests residus? | | X | | |
| 16. Quines previsions hi ha per formar el personal de la planta en els aspectes ambientals de gestió de la mateixa? | | X | | |
| 17. De quina manera seran controlades les olors? | | X | | |

1.6 Aspectes socials i culturals

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. Com i en quin grau la presència i operació del resultat del projecte altera l'entorn de la seva localització, i afecta les activitats econòmiques i socials? | | X | | |
| 2. Es crearan o accentuaran problemes d'urbanització? | | X | | |
| 3. S'haurà produir un augment del trànsit? | | X | | |

1.7 Aspecte de salut

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. S'hauran la produir emissions que afecten directament o indirectament la salut? | | X | | |
| 2. Quins nous problemes de salut es poden plantejar? | | X | | |
| 3. Pot el transport atmosfèric o pels aqüífers, de contaminants afectar la salut, a nivell local o regional? | | X | | |
| 4. Quines mesures s'han pres per assegurar als treballadors un programa de seguretat i higiene? | | X | | |

1.8 Residus finals

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. Quina gestió està prevista fer amb els residus finals? | | X | | |

1.9 Futures expansions

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. De quina manera futurs projectes podran afectar el medi ambient? | | X | | |

2. PREAVALUACIÓ D'IMPACTE AMBIENTAL

2.1 Factors relacionats amb el projecte

Generalitats

| Pregunt | S | NO | Potse | Observacion |
|--|---|----|-------|-------------|
| 1. El projecte provocarà efectes especialment complexos en l'ambient? | | X | | |
| 2. El projecte significarà una pertorbació generalitzada del sòl, neteja del terreny o desbrossament, aplanat o obres subterrànies en gran escala? | | X | | |
| 3. El projecte significarà alteracions significatives de l'utilització actual o prevista del sòl o de planificació urbanística? | | X | | |
| 4. El projecte exigirà la construcció d'estructures auxiliars d'abastiment d'aigua, energia i combustible? | | X | | |
| 5. El projecte pot ocasionar alteracions de les conduccions d'aigua? | | X | | |
| 6. El projecte pot ocasionar la necessitat de modificar la xarxa de clavegueram? | | X | | |
| 7. El projecte pot ocasionar modificacions dels desaigües en casos de pluges intenses? | | X | | |
| 8. El projecte pot ocasionar canvis en les xarxes de conducció elèctrica? | | | | |
| 9. El projecte exigirà la construcció de noves carreteres o vies d'utilització de tot terreny? | | X | | |
| 10. La construcció o explotació del projecte provocarà grans volums de trànsit? | | X | | |
| 11. El projecte significarà desmunt amb explosius, o activitats semblants? | | X | | |
| 12. El projecte pot ocasionar un increment de la demanda de fonts d'energia existents o un requeriment de noves fonts d'energia? | | X | | |
| 13. El projecte serà tancat o clausurat després d'un temps limitat de vida? | | X | | |

Medi atmosfèric

| Pregunt | S | NO | Potse | Observacion |
|---|---|----|-------|-------------|
| 1. El projecte provocarà emissions atmosfèriques procedents de l'ús de combustibles, de processos de producció, de manipulació de materials, de les activitats de construcció o d'altres fonts? | | X | | |
| 2. El projecte exigirà la destrucció de residus a través de la crema a cel obert (per exemple, residus d'explotació forestal o de construcció)? | | X | | |

Medi aquàtic

| Pregunt | S | NO | Potse | Observacion |
|---|---|----|-------|-------------|
| 1. El projecte exigirà grans quantitats d'aigua o la producció de grans volums d'aigües residuals o efluent industrials? | | X | | |
| 2. El projecte significarà una degradació dels models de drenatge existents (incloent la construcció de preses o la desviació de cursos d'aigua o l'augment dels riscos d'inundació)? | | X | | |
| 3. El projecte exigirà el dragatge de canals o la rectificació del traçat de travessies de cursos d'aigua? | | X | | |
| 4. El projecte exigirà la construcció de molls o dics? | | X | | |
| 5. El projecte exigirà la construcció d'estructures mar endins (espigons, plataformes petrolíferes, etc.)? | | X | | |

Producció de residus

| Pregunt | S | NO | Potse | Observacion |
|---|---|----|-------|-------------|
| 1. El projecte pot ocasionar gran quantitat de residus inerts? | | X | | |
| 2. El projecte pot ocasionar gran quantitat de residus tòxics o especials? | | X | | |
| 3. El projecte exigirà l'evacuació d'escòries o residus del procés d'explotació minera? | | X | | |
| 4. El projecte exigirà l'evacuació de residus urbans o industrials? | | X | | |
| 5. El projecte facilitarà la possibilitat d'increment de contaminants? | | X | | |
| 6. El projecte podrà contaminar els sòls i les aigües subterrànies? | | X | | |

Sorolls, etc.

| Pregunt | S | NO | Potse | Observacion |
|---|---|----|-------|-------------|
| 1. El projecte provocarà emissions sonores, vibracions, llum, calor o altres formes de radiació en l'ambient? | | X | | |

Riscos

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|--|----|----|--------|--------------|
| 1. El projecte violarà els estàndards d'efluent tòxics? | | X | | |
| 2. La realització del projecte exigirà l'emmagatzematge, manipulació, utilització, producció o transport de substàncies perilloses (inflamables, explosives, tòxiques, radioactives, cancerígenes o mutagèniques)? | | X | | |
| 3. L'explotació del projecte exigirà la producció de radiacions electromagnètiques o altres que puguin afectar la salut humana o equipaments electrònics? | | X | | |
| 4. El projecte exigirà la utilització regular de productes químics de control de paràsits i d'herbes nocives? | | X | | |
| 5. El projecte podrà registrar una fallada operacional que torni insuficient les mesures normals de protecció de l'ambient? | | X | | |
| 6. El projecte pot ocasionar riscos d'explotació o emissió de substàncies perilloses (pesticides, substàncies químiques, radiacions) com a conseqüència d'un accident o anomalia? | | X | | |
| 7. El projecte pot ocasionar possibles interferències amb un pla d'emergència o evacuació? | | X | | |
| 8. El projecte pot ocasionar possibles descensos de la seguretat laboral? | | X | | |

Aspectes socials

| Pregunt | SI | NO | Potse | Observacion |
|--|----|----|-------|-------------|
| 1. El projecte pot ocasionar una reducció substancial de la qualitat de l'entorn? | | X | | |
| 2. El projecte pot ocasionar l'eliminació d'un element singular per la religió? | | X | | |
| 3. El projecte pot ocasionar algun efecte substancial advers sobre els béns humans? | | X | | |
| 4. El projecte implicarà llocs de treball per a un gran nombre de treballadors? | | X | | |
| 5. La mà d'obra tindrà accés apropiat a allotjament i a altres estructures? | | X | | |
| 6. El projecte implicarà despeses significatives en l'economia local? | | X | | |
| 7. El projecte provocarà alteracions de les condicions sanitàries? | | X | | |
| 8. El projecte pot ocasionar alteracions de la localització, distribució, densitat o índex de creixement de la població de l'àrea? | | X | | |
| 9. El projecte implicarà requisits significatius en termes d'instal·lació de serveis? | | X | | |
| 10. El projecte pot ocasionar necessitats d'habitatge generant nova demanda? | | X | | |
| 11. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de protecció contra el foc (bombers, ...)? | | X | | |
| 12. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de la policia? | | X | | |
| 13. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de les escoles? | | X | | |
| 14. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de parcs o altres instal·lacions d'esbarjo? | | X | | |
| 15. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de manteniment d'instal·lacions públiques incloent carreteres i carrers? | | X | | |
| 16. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea d'altres serveis governamentals? | | X | | |

2.2 Factors relacionats amb la localització

Protecció Jurídica

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte es situa en zones designades o protegides per la legislació de l'Estat membre o pròximes a elles? | | X | | |
| 2. El projecte se situa en una zona en què les normes de qualitat de l'ambient que estableix la legislació de l'Estat membre són violades? | | X | | |

Característiques generals

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte se situa en una zona amb característiques naturals úniques? | | X | | |
| 2. La capacitat de regeneració de les zones naturals, com zones costanera, muntanyoses i forestals, es veurà afectada, de manera negativa, pel projecte? | | X | | |
| 3. La zona del projecte registra nivells elevats de contaminació o altres danys ambientals? | | X | | |
| 4. El projecte se situa en una zona els sòls i / o aigües subterrànies de la qual poden haver estat contaminats ja per usos anteriors? | | X | | |

Dades hidrològiques

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte es situa en terrenys pantanosos, cursos d'aigua o masses d'aigua o en la seva proximitat? | | X | | |
| 2. El projecte es situa en la proximitat de fonts importants d'aigües subterrànies? | | X | | |

Característiques paisatgístiques i estètiques

| Pregunta | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte se situa en una zona d'elevada qualitat i / o sensibilitat paisatgística? | | X | | |
| 2. El projecte se situa en una zona visible per a un nombre significatiu de persones? | | X | | |

Condicions atmosfèriques

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte se situa en una zona subjecta a condicions atmosfèriques adverses (inversions de la temperatura, boires denses, vent violent)? | | X | | |

Característiques històriques i culturals

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte es situa a les proximitats de patrimonis històric o cultural especialment importants o valuosos? | | X | | |

Estabilitat

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte se situa en una zona propensa a desastres naturals o accidents provocats per causes naturals o artificials? | | X | | |
| 2. El projecte se situa en una zona de topografia escarpada que pugui ser propensa a esllavissades del terreny, erosió, etc. ? | | X | | |
| 3. El projecte se situa en una zona litoral, o pròxima a ella, propensa a erosió? | | X | | |
| 4. El projecte se situa en una zona propensa a terratrèmols o falles sísmiques? | | X | | |

Ecologia

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte es situa a les proximitats d'hàbitats especialment importants o valuosos? | | X | | |
| 2. Hi ha a la zona espècies rares o en vies d'extinció? | | X | | |
| 3. El lloc es podria revelar resistent a la reconstrucció natural o programada de la vegetació? | | X | | |

Utilització del sòl

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte entrarà en conflicte amb la política de planificació urbanística o utilització del sòl en vigor? | | X | | |
| 2. La utilització del sòl proposada podrà entrar en conflicte amb la utilització de sòls veïns (existent o proposta)? | | X | | |
| 3. El projecte se situa en una zona d'elevada densitat de població o en les proximitats de zones residencials o altres d'utilització del sòl sensibles (ex.: hospitals, escoles, locals de culte, serveis públics)? | | X | | |
| 4. El projecte se situa en un terreny d'elevat valor agrícola? | | X | | |
| 5. El projecte se situa en una zona d'importància recreativa / turística? | | X | | |

2.3. factors relacionats amb l'impacte ambiental

Sòl i Propietats

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|---|----|----|--------|--------------|
| 1. El projecte causarà una degradació o pèrdua d'utilització | | X | | |
| 2. El projecte pot ocasionar canvis de les condicions de sòls inestables o en les | | X | | |
| 3. El projecte pot ocasionar trencaments, desplaçaments, compactació o descobriment del sòl? | | X | | |
| 4. El projecte pot ocasionar canvis en la topografia o característiques del relleu de la superfície del sòl? | | X | | |
| 5. El projecte pot ocasionar destrucció, modificació o cobriment d'alguna singularitat geològica o característica física? | | X | | |
| 6. El projecte ocasionarà una degradació general del terreny? | | X | | |
| 7. El projecte pot ocasionar contaminació del sòl? | | X | | |
| 8. Hi ha risc d'impacte sobre la infraestructura de suport requerida pel projecte (facilitat de disposició de les aigües residuals, camins, subministrament de sistemes d'electricitat i aigua, escoles)? | | X | | |
| 9. Hi ha risc d'impacte del projecte en l'ús dels sòls | | X | | |
| 10. Hi ha risc d'impacte de les instal·lacions superficials de | | X | | |
| 11. Hi ha risc que les obres subterrànies puguin provocar desastres o accidents? | | X | | |
| 12. El projecte provocarà la demolició d'estructures o l'ocupació de propietats (cases, jardins, establiments comercials)? | | X | | |

Erosió

| Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|---|---|---|-------|-------------|
| 1. És probable que el projecte provoqui erosió? | | X | | |
| 2. L'adopció de mesures de control de l'erosió podrà comportar altres efectes adversos? | | X | | |
| 3. El projecte pot causar algun increment de l'erosió del sòl per vent o aigües tant dins de la instal·lació com fora? | | X | | |
| 4. El projecte provocarà erosió de dunes, o arrossegament del litoral o alteracions adverses en els sistemes costaners? | | X | | |
| 5. El projecte pot ocasionar canvis en la disposició de les sorres de les platges, modificació de les lleres de rius i llacs per deposició, sedimentació o erosió i canvis del fons del mar i la costa? | | X | | |

Medi aquàtic

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|--|----|----|--------|--------------|
| 1. El projecte provocarà impactes en la quantitat i / o qualitat en els subministraments privats o municipals d'aigua? | | X | | |
| 2. La utilització d'aigua afectarà la disponibilitat dels proveïments locals existents? | | X | | |
| 3. El projecte afectarà de forma negativa la qualitat, direcció, flux o volum de les aigües superficials o subterrànies a causa de sedimentació, alteracions hidrològiques o abocaments? | | X | | |
| 4. El projecte pot ocasionar abocament sobre aigües subterrànies o superficials, o alguna alteració de la qualitat de l'aigua superficial o subterrània incloent temperatura, oxigen dissolt, terbolesa i tots els paràmetres habituals? | | X | | |
| 5. El projecte pot ocasionar canvis en els corrents, en el curs i direcció de moviments d'aigües, tant dolces com marines? | | X | | |
| 6. El projecte provocarà un augment de partícules en suspensió? | | X | | |
| 7. El projecte pot ocasionar canvis en els índexs d'absorció, models de drenatge o en els índexs d'evacuació i buidatge superficial? | | X | | |
| 8. El projecte pot ocasionar alteracions en el curs o flux d'inundacions i avingudes? | | X | | |
| 9. El projecte provocarà canvis de fluctuació del nivell d'aigua? | | X | | |
| 10. El projecte provocarà canvis en els gradients de salinitat? | | X | | |
| 11. El projecte pot ocasionar canvis en la quantitat d'aigües subterrànies, tant a través d'addicions directes o extraccions, o mitjançant la interrupció d'algun aquíffer per talls o excavacions? | | X | | |
| 12. L'alteració natural del curs de l'aigua exercirà un efecte negatiu en els hàbitats naturals (per exemple, velocitat del cabal d'aigua i piscicultura) o altres utilitzacions de l'aigua (pesca, navegació, banys)? | | X | | |
| 13. El projecte provocarà impacte en la sostenibilitat de les piscifactories tant comercials com recreatives? | | X | | |
| 14. El projecte provocarà impacte en tot el referent a activitats recreatives relacionades amb l'aigua? | | X | | |
| 15. El projecte ocasionarà alteracions significatives dels models de l'acció de les ones, moviment de sediments o augment de la circulació de l'aigua? | | X | | |
| 16. El projecte limitarà la utilització de l'aigua per a fins recreatius, de pesca esportiva, pesca, navegació, recerca, conservació o de caràcter científic? | | X | | |
| 17. El projecte provocarà la possibilitat d'impacte en l'aigua segons els resultats de tests físics, químics i biològics? | | X | | |

| | | | | | |
|-----|---|--|---|--|--|
| 18. | El projecte provocarà la possibilitat d'impactes en els sediments segons els resultats de tests físics, químics i biològics? | | X | | |
| 19. | El projecte provocarà la possibilitat d'impactes en els corrents aigües avall? | | X | | |
| 20. | El projecte provocarà impacte en els valors de producció d'aiguamolls? | | X | | |
| 21. | El projecte provocarà impacte en els valors per a la protecció de les zones humides dels desastres naturals (inundacions, grans tempestes ...)? | | X | | |
| 22. | El projecte provocarà impacte com a resultat de la sedimentació obstructiva? | | X | | |
| 23. | El projecte provocarà impacte en la separació i reciclatge dels nutrients inorgànics per les marees? | | X | | |
| 24. | El projecte provocarà impacte en les aigües dels estuaris? | | X | | |
| 25. | El projecte provocarà impacte en la presència aiguamolls únics o amb característiques geològiques úniques? | | X | | |
| 26. | El projecte pot ocasionar exposició de persones o propietats a riscos d'aigües com inundacions, temporals o sismes submarins? | | X | | |

Qualitat de l'aire

| | Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|----|--|---|---|-------|-------------|
| 1. | El projecte pot ocasionar considerables emissions atmosfèriques o deteriorament de la qualitat de l'aire? | | X | | |
| 2. | Les emissions provocades pel projecte poden afectar de forma negativa la salut o el benestar humà, la fauna o la flora, els recursos materials o altres? | | X | | |
| 3. | Les emissions provocades pel projecte poden afectar de forma negativa la salut o el benestar humà, la fauna o la flora, els recursos materials o altres? | | X | | |
| 4. | El projecte pot ocasionar olors molestos? | | X | | |
| 5. | El projecte pot ocasionar generació de pols? | | X | | |

Condicions atmosfèriques

| | Pregunt | S | N | Potse | Observacion |
|----|---|---|---|-------|-------------|
| 1. | El projecte pot ocasionar alteració dels moviments de l'aire, humitat o temperatura o canvis en el clima tant local com regional? | | X | | |
| 2. | El projecte provocarà alteracions del medi físic que puguin afectar les condicions microclimàtiques (turbulència, zones de gel, augment de la humitat, etc.)? | | X | | |
| 3. | El projecte pot ocasionar exposició de persones o béns a riscos geològics, com sismes, esllavissades de terra, allaus de fang, etc.? | | X | | |

Soroll, etc.

| Pregunta | S | N | Potse | Observacion |
|--|---|---|-------|-------------|
| 1. El projecte pot ocasionar increment dels nivells de soroll existents? | | X | | |
| 2. El projecte pot ocasionar exposició de les persones a sorolls excessius? | | X | | |
| 3. El projecte pot ocasionar un augment considerable de les radiacions lumíniques o enlluernaments? | | X | | |
| 4. El projecte tindrà repercussions en les persones, estructures o altres receptors / elements sensibles o sorolls, vibracions, llum, calor o altres formes de radiació? | | X | | |

Ecologia

| Pregunta | SI | NO | Quizás | Observaciones |
|--|----|----|--------|---------------|
| 1. El projecte provocarà una reducció de la diversitat genètica? | | X | | |
| 2. El projecte provocarà la pèrdua física del substrat i del | | X | | |
| 3. El projecte provocarà la pèrdua o degradació d'hàbitats especialment valuosos, d'ecosistemes o d'hàbitats d'espècie rares o en vies d'extinció (tant flora com | | X | | |
| 4. El projecte provocarà impactes en la presència de plantes o animals rars o únics al lloc? | | X | | |
| 5. El projecte provocarà impactes en la presència de | | X | | |
| 6. El projecte pot ocasionar un descens de la població piscícola o fauna per sota dels límits | | X | | |
| 7. El projecte pot ocasionar la introducció de noves espècies de plantes en l'àrea o de barreres per al desenvolupament normal de les espècies existents? | | X | | |
| 8. El projecte pot ocasionar la reducció del rendiment d'alguna plantació agrícola? | | X | | |
| 9. El projecte pot ocasionar canvis en la diversitat d'espècies vegetals, o el nombre d'algunes espècies de plantes (incloent arbres, arbusts, herbes, plantacions o plantes subaquàtiques)? | | X | | |
| 10. El projecte provocarà impactes en els components de la | | X | | |
| 11. El projecte provocarà el deteriorament de la reproducció | | X | | |
| 12. El projecte provocarà impactes en els mamífers | | X | | |
| 13. El projecte provocarà impactes en els peixos associats amb els ecosistemes aquàtics? | | X | | |
| 14. El projecte provocarà impactes en les aus associats amb els ecosistemes aquàtics? | | X | | |
| 15. El projecte provocarà impactes en els rèptils associats amb els ecosistemes aquàtics? | | X | | |
| 16. El projecte provocarà impactes en localitzacions aquàtiques especials (marines, en refugis o en santuaris marins)? | | X | | |
| 17. El projecte provocarà impacte en / o eliminació dels aiguamolls? | | X | | |
| 18. El projecte provocarà impacte en / o eliminació de fangars? | | X | | |
| 19. El projecte provocarà impacte en / o eliminació de la vegetació en aigües poc profundes? | | X | | |
| 20. El projecte provocarà impacte en / o eliminació de | | X | | |
| 21. El projecte provocarà la possibilitat d'impactes en els bentos (flora i fauna que es troba al fons del llac o del mar)? | | X | | |
| 22. El projecte provocarà algun grau d'estrès en les estructures de comunitats biològiques? | | X | | |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| 23. El projecte pot provocar canvis en la diversitat d'espècies animals, o el nombre d'algunes espècies d'animals (aus, mamífers, rèptils, amfibis, peixos, insectes, crustacis, mol·luscs o qualsevol altre organisme superior)? | | X | | |
| 24. El projecte pot ocasionar la introducció de noves espècies d'animals en l'àrea o de barreres al moviment | | X | | |
| 25. El projecte pertorbarà o perjudicarà la capacitat de reproducció de les espècies o afectarà de forma negativa la migració o les zones d'alimentació, cria, reproducció o descans o comportarà obstacles significatius de les migracions? | | X | | |
| 26. Els impactes en termes de soroll, vibracions, llum o calor provocades pel projecte pertorbaran a les aus o altres | | X | | |
| 27. El projecte pertorbarà processos ecològics essencials als sistemes biòtics? | | X | | |
| 28. El projecte provocarà la introducció d'herbes nocives, paràsits o malalties, o ajudarà a la propagació d'organismes patogènics coneguts, d'organismes nocius | | X | | |
| 29. El projecte implicarà a gran escala la utilització de plaguicides, fertilitzants o d'altres productes químics que puguin generar residus en el medi terrestre o | | X | | |
| 30. El projecte augmentarà de forma significativa els riscos | | X | | |
| 31. La sedimentació resultant del projecte provocarà efectes adversos en la vida aquàtica a causa d'una | | X | | |

Característiques paisatgístiques i estètiques

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|--|----|----|--------|--------------|
| 1. El projecte afectarà de manera significativa una zona paisatgísticament atractiva o històrica o culturalment important? | | X | | |
| 2. El projecte afectarà el panorama del lloc, estant a la vista d'un nombre significatiu de persones? | | X | | |
| 3. El projecte provocarà impacte en l'estètica-presència de | | X | | |
| 4. El projecte provocarà impacte en l'estètica-presència d'una massa d'aigua associada? | | X | | |
| 5. El projecte provocarà impacte en l'estètica-tipus d'aiguamolls o diversitat topogràfica? | | X | | |
| 6. El projecte pot ocasionar una obstrucció per la visibilitat del paisatge o suposarà una visió antiestètica del | | X | | |

Impactes relacionats amb el trànsit

| Pregunta | SI | NO | Potser | Observacions |
|---|----|----|--------|--------------|
| 1. El projecte conduirà a alteracions significatives del trànsit (rodar o un altre), amb els conseqüents efectes per a la resta d'usuaris en termes de soroll, qualitat de l'aire, confort, etc., i impactes per altres | | X | | |
| 2. Les alteracions de l'accessibilitat resultants del projecte conduiran a un augment del | | X | | |
| 3. El projecte pot ocasionar la generació d'un substancial | | X | | |
| 4. El projecte pot ocasionar un augment del nombre d'aparcaments? | | X | | |
| 5. El projecte pot ocasionar un impacte substancial sobre | | X | | |

| | | | | | |
|----|--|--|---|--|--|
| 6. | El projecte pot ocasionar una alteració dels models de circulació existents o moviments de persones i / o | | X | | |
| 7. | El projecte pot ocasionar alteracions en el trànsit marí, aeri o ferroviari? | | X | | |
| 8. | El projecte pot ocasionar un increment dels riscos de trànsit per a vehicles de motor, ciclistes o transeünts? | | X | | |

Impactes socials i de la salut

| | Pregunta | S | N | Potse | Observacion |
|-----|--|---|---|-------|-------------|
| 1. | El projecte afectarà de manera significativa el mercat laboral o immobiliari de la zona? | | X | | |
| 2. | El projecte provocarà la divisió física d'una població existent? | | X | | |
| 3. | El projecte conduirà a una escassetat d'infraestructures socials en haver de fer front a un augment temporal o permanent de població o de l'activitat econòmica? | | X | | |
| 4. | El projecte afectarà de manera significativa les característiques demogràfiques de la zona? | | X | | |
| 5. | El projecte provocarà impacte en qualitats educacionals o científiques? | | X | | |
| 6. | El projecte pot ocasionar l'exposició de la població a riscos potencials de salut? | | X | | |
| 7. | El projecte pot ocasionar una disminució de la qualitat i / o quantitat de possibles activitats recreatives? | | X | | |
| 8. | El projecte pot ocasionar una alteració o destrucció de béns arqueològics? | | X | | |
| 9. | El projecte pot ocasionar molèsties físiques o estètiques per a monuments arquitectònics existents? | | X | | |
| 10. | El projecte pot ocasionar un canvi potencial sobre el medi físic que podria afectar valors culturals ètnics? | | X | | |
| 11. | El projecte pot ocasionar restriccions dels usos religiosos i folklòrics a la seva zona d'influència? | | X | | |

Altres

| | Pregunta | S | N | Potse | Observacion |
|----|--|---|---|-------|-------------|
| 1. | Els efectes seran irreversibles? | | X | | |
| 2. | Els efectes són acumulatius amb els d'altres projectes? | | X | | |
| 3. | Els efectes seran sinèrgics? | | X | | |
| 4. | Existeix la possibilitat d'impactes secundaris adversos? | | X | | |

2.4 Consideracions de caràcter general

| | Pregunt | S | NO | Potse | Observacion |
|----|---|---|----|-------|-------------|
| 1. | El projecte provocarà controvèrsia pública? El projecte pot suscitar grans preocupacions? | | X | | |
| 2. | Hi ha efectes transfronterers que hagin de ser tinguts en compte? | | X | | |
| 3. | El projecte portarà a les generacions futures a efectes irreversibles o inevitables? | | X | | |
| 4. | El projecte entrarà en conflicte amb la política o legislació internacional, nacional o local en vigor? | | X | | |
| 5. | El projecte exigirà una alteració de la política ambiental en vigor? | | X | | |
| 6. | Existeix legislació sobre el control de la contaminació, que garanteixin l'atenció deguda als impactes ambientals del projecte? | | X | | |
| 7. | El projecte tindrà una importància que excedeixi de l'àmbit local? | | X | | |
| 8. | El projecte implicarà eventuais efectes incerts o que impliquin riscos únics o desconeguts? | | X | | |

| | | | | | |
|-----|---|--|---|--|--|
| 9. | El projecte pot ocasionar algun rebuig per part d'associacions o organitzacions populars sobre els efectes mediambientals del projecte? | | X | | |
| 10. | El projecte proporcionarà estructures que aconseguixin incentivar un desenvolupament posterior (induït), per exemple a través de l'oferta d'una infraestructura de serveis (urbanització, desenvolupament industrial, | | X | | |
| 11. | El projecte necessitarà d'una manera significativa algun recurs l'oferta pugui tornar escassa? | | X | | |
| 12. | El projecte tindrà impacte en l'increment de despeses o ingressos de l'estat, país o govern local (increment de les despeses de les instal·lacions de suport o increment dels ingressos per impostos)? | | X | | |
| 13. | El projecte tindrà impacte econòmic - valor dels aiguamolls com a font de nutrients i / o hàbitat per a la vida aquàtica? | | X | | |
| 14. | El projecte tindrà impactes econòmics - valor com a àrea recreativa? | | X | | |
| 15. | El projecte tindrà impactes econòmics - valor per control d'inundacions / prevenció d'inundacions? | | X | | |
| 16. | El projecte tindrà impactes econòmics - costos de manteniment de ports? | | X | | |
| 17. | El projecte tindrà impacte econòmic en el públic (tant públic com privat) de les instal·lacions de suport al projecte? | | X | | |
| 18. | El projecte tindrà impacte econòmic (tant públic com privat) en la utilització de sòls veïns? | | X | | |
| 19. | Hi ha una o més alternatives del projecte raonablement practicables que compleixin amb els objectius del projecte amb un menor impacte ambiental advers? | | X | | |

Annex IX. Contingut del CD-ROM

- Documentació del projecte (memòria, plànols, estudi econòmic i avantprojecte).
- Manuals (analitzador d'espectre i software MCS).
- Datasheets (SPECTRAN HF-6065, models Wireless Access Point, antena HyperLOG 7060).
- Característiques radioelèctriques de l'antena.
- Arxius dels mesuraments obtinguts en format MCS Software (.mdr).