



ComonX

Sistema de control i monitoratge

Parc natural de la serra Mariola.

Ivan Pérez Muñoz

Grau de tecnologies de la Telecomunicació; especialitat Telemàtica.
Integració de xarxes telemàtiques.

Nom Consultor/a: Jose Lopez Vicario

Nom Professor/a responsable de l'assignatura: Pere Tuset Peiró

Juny de 2018



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/)

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>ComonX, Sistema de control i monitoratge</i>
Nom de l'autor:	<i>Ivan Pérez Muñoz</i>
Nom del consultor/a:	<i>Jose Lopez Vicario</i>
Nom del PRA:	<i>Pere Tuset Peiró</i>
Data de lliurament:	<i>06/2018</i>
Titulació o programa:	<i>Grau Tecnologies de la Telecomunicació</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Integració de xarxes telemàtiques</i>
Idioma del treball:	<i>Català.</i>
Paraules clau	<i>WI-FI, ZigBee, Transmissió sense fils.</i>
Resum del Treball:	
<p>Els parcs naturals es troben regulats per una sèrie de normatives i legislacions, les quals permeten la seva conservació. En aquest sentit, aquest treball pretén oferir una eina efectiva en el control i monitoratge de zones amb un alt interès ecològic. Les noves tecnologies i, en concret la transmissió de dades per mitjà de solucions sense fils, permeten eliminar les dificultats originades en una instal·lació cablejada de comunicacions dins d'una orografia de muntanya. La instal·lació d'antenes en punts estratègics ofereix una reducció en el temps i el cost d'instal·lació de sistemes de transmissió, així com un manteniment més eficient del sistema.</p> <p>Aquest projecte es troba, per tant, orientat a proporcionar un sistema de transmissió de dades fiable basat en el protocols 802.11 i 802.15.4, segur i orientat a un consum d'energia baix. Per reduir l'impacte a l'entorn, el sistema compta, per una banda, amb un equip autònom d'energia basat en plaques fotovoltaïques i, per altra, el sistema de transmissió estarà mimetitzat a l'entorn amb l'objectiu de minimitzar l'impacte visual.</p> <p>El sistema és troba ubicat al terme municipal d'Agres, a la comarca del Comtat, en el país Valencià. El punt concret on es localitzarà la infraestructura es troba a la cava Gran, la qual es troba a 1100 metres d'altitud.</p> <p>El sistema de sensors recopilarà dades sobre temperatura, humitat i luminància. Amb aquesta informació, es vol oferir una eina que ajudi a prendre aquelles accions de millora que permetin adaptar els protocols existents amb que assegurar la conservació de l'entorn. A més es volen aportar dades que serveixin als investigadors i les institucions interessades en el seguiment del canvi climàtic.</p>	

Abstract:

Natural parks are controlled under legislation that allow their conservation. In this sense, this paper pretends to offer an effective tool in controlling and monitoring zones with a high grade of ecological interest.

New technologies and in particular, wireless data transmission solutions, allow eliminating the difficulties arising from a wired communication installation attending mountain's orography. The installation of antennas on strategic points offer a reduction in the time and the cost of installation of transmission systems, as well as greater efficiency on maintaining the system overall.

Therefore, this project is focused on providing a reliable, safe and low-energy data transmission system based on the protocol 802.11 and 802.15.4. In order to reduce the impact on the environment that the system has, it is two main characteristics will be an autonomous power source based on photo-voltaic energy and a camouflaged transmission system with the aim of minimizing the visual impact in its environment.

The system will be located in the municipality of *Agres*, in the region of the *Comtat*, at the *País Valencià*. The specific point where the system will be located is the *Cava Gran* which rises 1100 meters over sea level.

The sensor system will collect data regarding temperature, humidity, and luminance. With this information we pursue to offer a tool that allows undertaking actions to improve existing protocols in the environment preservation. Furthermore our intention is to provide reliable data that will help researchers and institutions whom might be interested in monitoring climate change.

Índex

Fitxa Del Treball Final	i
Índex de figures.....	v
Índex de taules.....	vi
1. Introducció.....	1
1.2 Objectius del Treball	2
1.3 Enfocament i mètode seguit	3
1.4 Planificació i seguiment del Treball.....	3
1.5 Breu sumari de productes obtinguts	8
1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria.....	8
2. Estat de l'art	9
2.1 Introducció	9
2.2 Situació actual	12
2.3 Treballs anàlegs	12
2.4 Tecnologies de transmissió emprades	14
2.4.1 ZigBee	14
2.4.1.1 Informació general	14
2.4.1.2 Arquitectura	16
2.4.1.3 Topologies de xarxa.....	17
2.4.1.4 Seguretat	18
2.4.1.5 Consum energètic.....	19
2.4.2 WiFi.....	20
2.4.2.1 Informació general	20
2.4.2.2 Arquitectura	21
2.4.2.3 Accés al medi.....	22
2.4.2.4 Seguretat	23
2.5 Xarxa de transmissió	25
3. Proposta del Projecte	26
3.1 Característiques tècniques.	26
3.2 Arquitectura del sistema	28
3.2.1 Elements del sistema.....	28
3.2.2 Entorn de treball	29
3.2.3 Dispositius del sistema	31
3.3 Dispositius de transmissió 802.11n	32
3.4 Xarxa de sensors (WSN)	33
3.4.1 Tipus de sensors emprat	33
3.4.2 Característiques principals.....	34
3.4.3 Sistema de comunicació.....	34
3.5 Motivació selecció dispositius	35
3.6 Equip autònom de subministrament elèctric	36
3.6.1 Característiques principals.....	36
3.6.2 Càlcul de potència	36

3.6.3 Elements del sistema.....	38
3.7 Coexistència entre WiFi i ZigBee.....	38
3.8 Estudi de cobertura i viabilitat.....	39
3.8.1 Mètriques i desenvolupament.....	39
3.8.2 Estudi xarxa WiFi.....	40
3.8.3 Estudi xarxa ZigBee.....	44
3.8.4 Conclusions.....	47
3.9 Integració a l'entorn.....	47
4. Pressupost.....	49
5. Normativa Vigent.....	50
6. Conclusions.....	51
6.1 Objectius assolits.....	51
6.2 Usos futurs.....	52
6.3 Normativa.....	52
7. Glossari.....	53
8. Bibliografia.....	56
9. Annexos.....	59

Índex de figures

- Figura 1. Vista general País Valencia i extensió Parc Natural de la Serra Mariola.
- Figura 2. Localització Cava Gran i Cim Montcabrer.
- Figura 3. Imatge de satèl·lit Cava Gran.
- Figura 4. Variació de la temperatura global del planeta.
- Figura 5. Variació de la temperatura del planeta per regions.
- Figura 6. Evolució de la temperatura global per a la terra i el mar.
- Figura 7. Treballs de monitorització entorn, *DacEnviro*.
- Figura 8. Sistema de monitoratge al parc natural de Doñana.
- Figura 9. Arquitectura de LR-WPAN en protocol 802.15.4
- Figura 10. Capes addicionals en ZigBee.
- Figura 11. Topologies de xarxa en ZigBee.
- Figura 12. Arquitectura BSS 802.11.
- Figura 13. Arquitectura IBSS 802.11.
- Figura 14. Relacions espai *inter-frame* en 802.11.
- Figura 15. Arquitectura sistema.
- Figura 16. Perfil orogràfic de la zona de treball.
- Figura 17. Distància línia recta entre Agres-Cava Gran (esq.) i Cava Gran-Montcabrer (dta.)
- Figura 18. Ajuntament d'agres i entorn instal·lació estació recepció.
- Figura 19. Coordenades Ajuntament Agres.
- Figura 20. Arquitectura xarxa transmissió.
- Figura 21. Arquitectura xarxa recepció.
- Figura 22. Programari UNMS d'Ubiquiti.
- Figura 23. Sensors integrats en dispositiu XBee.
- Figura 24. Distància entre dispositius ZigBee.
- Figura 25. Programari XCTU Digi International.
- Figura 26. Estimació radiació anual per a instal·lació d'1kW.
- Figura 27. Arquitectura sistema alimentació.
- Figura 28. Dimensions caseta instal·lació fotovoltaica.
- Figura 29. Solapament de canals entre WiFi i ZigBee.
- Figura 30. Xarxes 2.4 i 5 GHz a localització estació base.
- Figura 31. Radar i historial potència transmesa
- Figura 32. Canals i potència operació xarxes 2.4 GHz.
- Figura 33. Característiques xarxes 2.4 GHz.
- Figura 34. Nivell ús xarxes 2.4 GHz.
- Figura 35. Localització antenes emissora i receptora.
- Figura 36. Simulació enllaç amb AirLink, canals 20 MHz.
- Figura 37. Simulació enllaç amb AirLink, canals 40 MHz.
- Figura 38. Senyal de cobertura a la zona de transmissió.
- Figura 39. Distància entre transmissor i receptor ZigBee.
- Figura 40. Imatge dels punts de l'enllaç amb Radiomobile.
- Figura 41. Resultats simulació enllaç ZigBee amb Radiomobile.
- Figura 42. Instal·lació de telecomunicacions no integrada a l'entorn.
- Figura 43. Torre camuflada telecomunicacions. Font: <http://www.calzavara.it/>

Índex de taules

- Taula 1. Danys econòmics causats per fenòmens meteorològics i climàtics (AEMA).
- Taula 2. Bandes de freqüència i modulació en ZigBee.
- Taula 3. Configuracions algoritme AES en ZigBee.
- Taula 4. Nivells de seguretat e sub-capac MAC en ZigBee.
- Taula 5. Característiques dels estàndards més usats protocol 802.11
- Taula 6. Característiques mètodes de xifratge en 802.11
- Taula 7. Comparativa bandes 2.4-5 GHz
- Taula 8. Velocitats modes MCS, protocol 802.11
- Taula 9. Dispositius xarxa transmissió + gestió
- Taula 10. Estimació radiació mensual en $\frac{Wh}{m^2}/dia$
- Taula 11. Índex MCS en 802.11n. Font: Revolutionwifi.

1. Introducció

1.1 Context i justificació del Treball

Tant el patrimoni cultural, com els espais naturals, requereixen un control per tal de preservar-los en bon estat. Aquesta tasca de control esdevé feixuga i costosa i requereix de la utilització d'una gran quantitat de recursos: vehicles, personal de seguretat i vigilància, sistemes de control... No obstant, aquests elements no aconsegueixen proporcionar una eficiència de control òptima, derivada, entre d'altres aspectes, del gran espai geogràfic a cobrir. D'aquesta manera, la implementació de les noves tecnologies dins d'aquests àmbits facilita tant l'adquisició de dades, la transmissió, així com, la gestió i anàlisi posteriors de la informació obtinguda. Aquesta informació pot ser emmagatzemada en diferents bases de dades, les quals permeten l'accés a les metadades en qualsevol moment i des de qualsevol lloc, simplement fent servir un dispositiu amb connexió a Internet. A partir de l'anàlisi de les dades recopilades es permet l'automatització de diferents serveis, amb que es pot aconseguir una reducció en les despeses de manteniment, així com la possibilitat de millorar els protocols establerts en termes de seguretat, control i conservació del patrimoni.

Per tant, aquest projecte es troba enfocat a la instal·lació d'una estació de control i monitoratge completament autònoma, al parc natural de la Serra Mariola, per recopilar-hi dades de l'entorn. L'anàlisi de les dades obtingudes pot ser utilitzada tant en la gestió del parc, com en la creació d'una font d'informació útil en termes mediambientals.

Aquest parc s'estén al llarg de tres comarques del País Valencià; el Comtat, l'Alcoià i la Vall d'Albaida, tal i com es pot observar a la següent imatge obtinguda de l'Institut Cartogràfic Valencià:

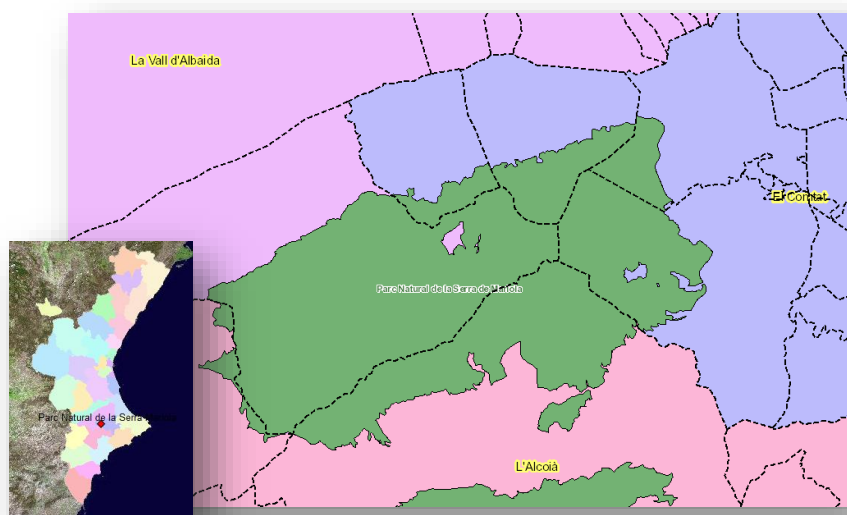


Figura 1. Vista general País Valencià i extensió Parc Natural de la Serra Mariola

Concretament, la zona d'instal·lació del sistema es troba localitzada al terme municipal d'Agres, a la comarca del Comtat. En aquesta part del parc natural trobem una zona d'alt interès: la Cava Gran; una de les construccions més grans i ben conservades de

la zona. Es tracta d'una construcció dedicada a la producció de gel a partir de l'acumulació de neu. Data del segle XVII i va estar en funcionament fins l'any 1906. Les seves coordenades geogràfiques segons el sistema de coordenades universal transversal de Mercator (UTM, ETRS89, Fus 30) són: 716902.814 ; 4293975.756. L'elecció d'aquesta localització no és aleatòria. En aquest punt en concret es troba una de les zones amb més valor dins del parc. A banda de la construcció mencionada abans, trobem espècies endèmiques com la *Sàlvia Blancoana Mariolensis*, entre una gran varietat tant d'espècies vegetals com animals. També és una localització estratègica donada la seva proximitat al cim del Montcabrer. Aquest cim es troba al terme municipal de Cocentaina, a la comarca de l'Alcoià i té una altura de 1390 metres sobre el nivell del mar. És tracta del cim més alt de la zona i les seves coordenades geogràfiques són: 718088.208 ; 4292987.010. A les següents imatges es pot observar una ortografia amb els dos punt d'interès, així com una imatge que mostra el relleu de la zona:



Figura 2. Localització Cava Gran i Cim Montcabrer

Detall de la zona de treball:



Figura 3. Imatge de satèl·lit Cava Gran

1.2 Objectius del Treball

Els objectius fixats en aquest treball són els següents:

- Conèixer la situació actual respecte els sistemes de control existents.
- Proporcionar la infraestructura necessària al Parc Natural que faciliti el control i la gestió de l'entorn.

- Proporcionar un sistema de transmissió de dades en temps real.
- Proporcionar una instal·lació respectuosa amb el medi ambient a partir de la integració d'energies renovables en el subministrament elèctric.
- Oferir un sistema escalable per a futures ampliacions del servei.
- Oferir una instal·lació de baix impacte visual integrada a l'entorn.
- Oferir una instal·lació amb baix cost de manteniment per mitjà de la implementació de tecnologies de transmissió sense fils i baix consum energètic.
- Aquest projecte pretén ser un referent en la protecció del medi ambient fent ús de les noves tecnologies.
- Contribuir de manera eficaç a millorar el coneixement científic dels espais naturals.

1.3 Enfocament i mètode seguit

En aquest treball es presenten les característiques necessàries per a realitzar una instal·lació d'una xarxa de transmissió de dades sense fils basada en un consum energètic i en un impacte sobre l'entorn baixos. D'aquesta manera, es faran servir per realitzar la instal·lació equips presents al mercat que s'adeqüen a les característiques presentades al projecte. A més de proporcionar les característiques abans esmentades, el projecte es troba fonamentat en un disseny escalable per tal de permetre ampliacions en el futur amb un cost d'implantació reduït. Es per aquest motiu que la instal·lació es dissenyarà tenint en compte aquest punt, per tal d'oferir un producte que sigui aprofitable durant molt de temps.

La utilització de productes presents al mercat permet disposar d'un gran ventall d'equips amb característiques adequades a la instal·lació, a més, aquests dispositius han de disposar de totes les certificacions necessàries per a treballar en un entorn natural, com en el que es troba basat aquest projecte. La utilització d'aquests elements evita la necessitat de realitzar certificacions en els equips utilitzats que puguin endarrerir la finalització de la instal·lació. Per tant, s'assegura el funcionament òptim del sistema a partir de les especificacions donades per cada fabricant i elegides basant-se en els requeriments de funcionament.

1.4 Planificació i seguiment del Treball

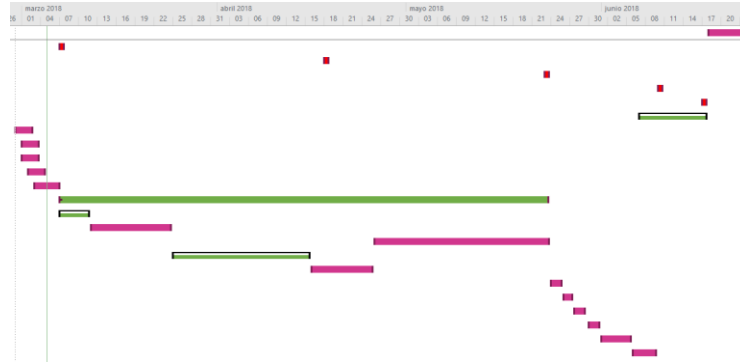
En l'elaboració d'aquest projecte s'han tingut en compte les diferents etapes que conformen el procés natural de creació de documents, entre les quals cal destacar:

1. Recerca d'informació tècnica.
2. Selecció d'informació rellevant.
3. Redacció del text, elaboració imatges.
4. Revisió del document.

Per a la temporització de les tasques que s'han de realitzar s'ha fet servir el programari: Microsoft Project 2016. D'aquesta manera, s'ha realitzat un cronograma temporal per mitjà d'un diagrama de Gantt, el qual permet, entre d'altres accions, dur

a terme un seguiment de les tasques completades. Aquest cronograma respon a la necessitat d'aportar un control sobre el temps disponible per a la realització del projecte amb que poder assolir tots els objectius establerts.

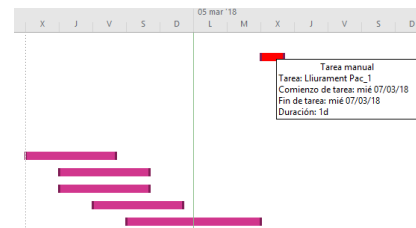
D'aquesta manera, el projecte s'inicia el dia 28/02/2018 amb la definició del títol i la descripció del projecte i finalitza el dia 17/06/2018 amb l'entrega de la presentació virtual. Així, podem veure a la següent imatge el cronograma complet:



A continuació es mostren les diferents etapes del projecte determinades per els lliuraments de les Pacs.

- PAC 1:

Definició títol i descripció projecte	3 dies	mié 28/02/18	vie 02/03/18
Elaboració cronograma	3 dies	jue 01/03/18	sáb 03/03/18
Definició Objectius Projecte	3 dies	jue 01/03/18	sáb 03/03/18
Definició contingut projecte	3 dies	vie 02/03/18	dom 04/03/18
Redacció capítol 1: Introducció	5 dies	sáb 03/03/18	mié 07/03/18

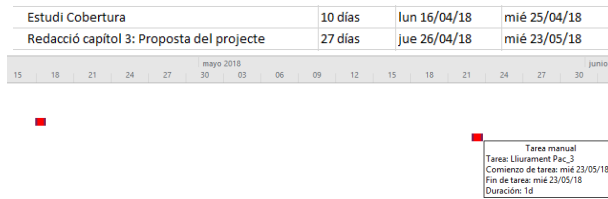


- PAC 2:

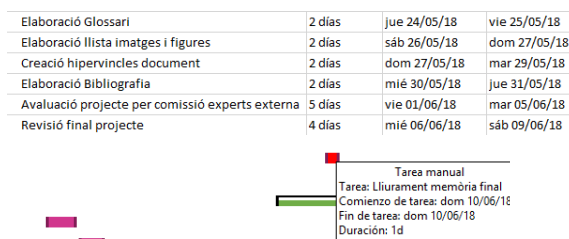
• Recerca informació	5 dies	mié 07/03/18	dom 11/03/18
Estat de l'art	5 dies	mié 07/03/18	dom 11/03/18
Protocol 802.11	5 dies	mié 07/03/18	dom 11/03/18
Xarxa WSN	5 dies	mié 07/03/18	dom 11/03/18
Treballs anàlegs	5 dies	mié 07/03/18	dom 11/03/18
Redacció Capítol 2: Estat de l'art	12 dies	lun 12/03/18	sáb 24/03/18
• Recerca informació	20 dies	dom 25/03/18	dom 15/04/18
Definició arquitectura sistema	5 dies	dom 25/03/18	jue 29/03/18
Xarxa de sensors	6 dies	mar 27/03/18	mar 03/04/18
Xarxa de transmissió	15 dies	sáb 31/03/18	dom 15/04/18
Equip subministrament elèctric	6 dies	mar 10/04/18	dom 15/04/18



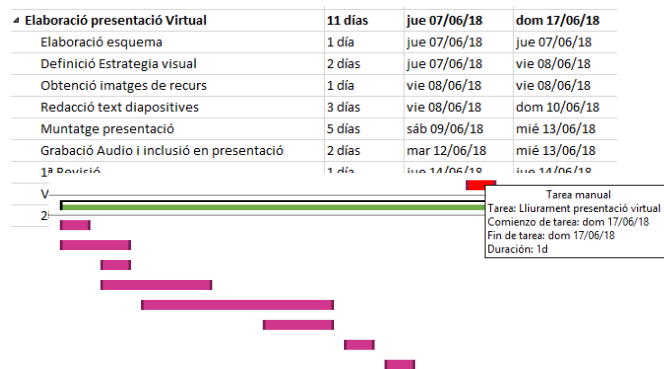
- PAC 3:



- Memòria final:



- Presentació virtual:

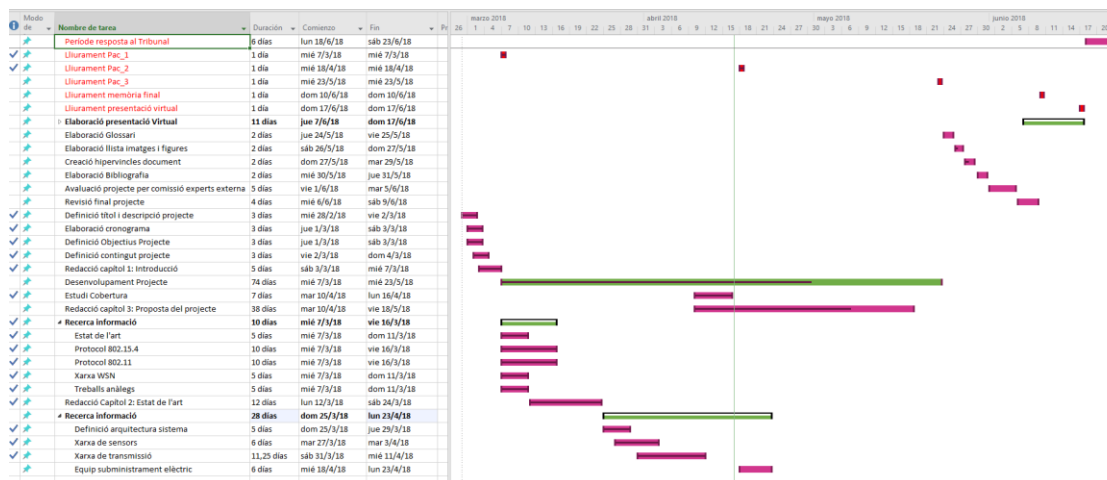


Per a l'entrega de la segona Pac s'han realitzat una sèrie d'ajustos respecte la planificació inicial:

1. S'ha avançat la data d'elaboració de l'estudi de cobertura. Aquest canvi respon a la necessitat que s'ha presentat durant la redacció de l'apartat relatiu al protocol 802.11 per determinar el tipus de tecnologia a utilitzar, així com la banda de freqüència de treball adequada. En la primera elaboració del cronograma no s'havia contemplat aquesta necessitat, sinó únicament l'estudi de la cobertura de la zona.

2. Ampliació de l'apartat: Estudi de cobertura i viabilitat. Tal i com s'ha indicat, a més de l'estudi de cobertura de la zona, s'han realitzat proves amb diferents configuracions per tal de determinar l'ús de l'estàndard més adequat. També s'han realitzat proves per comprovar la congestió respecte de la quantitat de xarxes presents a la zona. A partir d'aquestes s'ha determinat que l'ús de la banda de 2.4 GHz és adequada per al sistema.
3. S'ha inclòs un apartat dins de la recerca d'informació sobre el protocol 802.15.4 que no havia estat contemplat. Amb aquesta informació s'ha elaborat un apartat dins del capítol 3.
4. S'ha canviat el període de temps per buscar informació sobre l'equip autònom d'alimentació, atès que s'ha hagut de realitzar l'estudi de cobertura. Aquest canvi no afecta al desenvolupament global del projecte.
5. S'ha fet una revisió dels apartats del cronograma i s'han marcat amb el percentatge de realització de cada un d'ells.

A la següent imatge es mostren els canvis realitzats sobre el cronograma original:

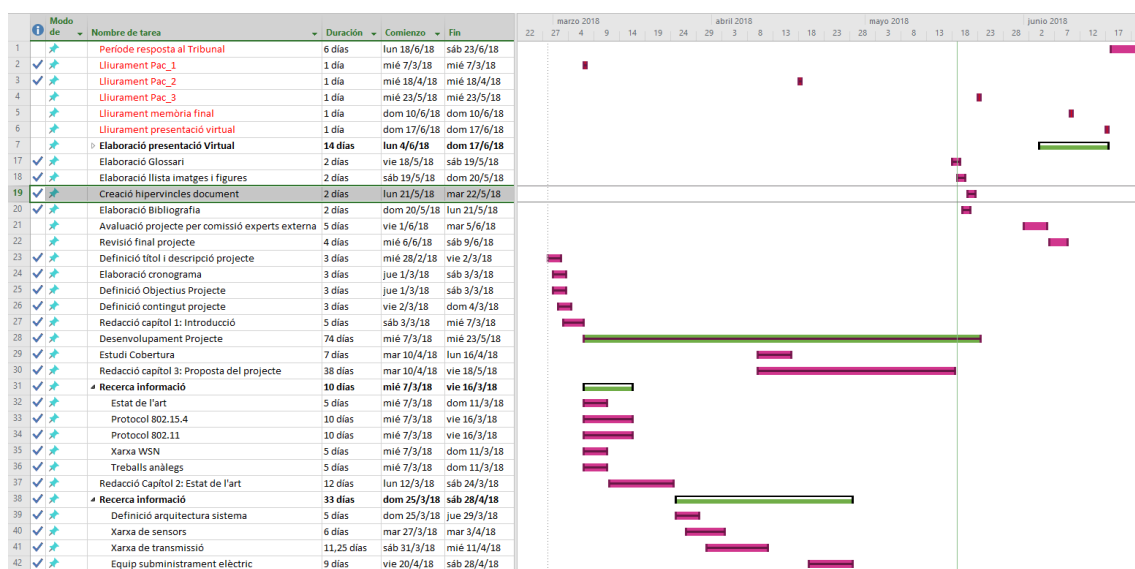


En l'entrega de la tercera Pac s'han realitzat les revisions següents:

1. S'ha realitzat un anàlisi per validar l'enllaç en la xarxa WSN. A falta d'un programari específic de simulació, tal i com s'ha fet servir per a la xarxa WiFi, s'ha realitzat el càlcul de manera analítica. També s'ha realitzat una simulació amb el programa Radiomobile a partir de les dades de freqüència d'operació, potència d'emissió/recepció del dispositiu i distància de l'enllaç.
2. S'ha afegit l'apartat: Coexistència entre WiFi i ZigBee. Degut a que ambdues tecnologies funcionen a la banda de 2.4 GHz la selecció del canal de comunicacions per a cada tecnologia és clau per tal d'evitar interferències en la comunicació.
3. S'ha afegit l'apartat: Integració a l'entorn per mostrar el tipus de camuflatge a emprar.

4. S'ha afegit un apartat on es fa menció a la normativa aplicable tant al parc natural, com sobre les tecnologies de transmissió emprades.
5. S'ha realitzat el pressupost de la instal·lació.
6. S'han avançat l'elaboració del glossari, bibliografia, llistes d'imatges i figures i creació del text d'ancoratge dels diferents punts de l'índex.
7. S'han realitzat els canvis necessaris sobre el document, a partir de les indicacions aportades pel professor encarregat del seguiment d'aquest TFG.
8. S'ha realitzat una revisió sobre la temporització establerta al cronograma del projecte amb que s'han inclòs els apartats que no havien estat contemplats amb anterioritat. S'han marcat els apartats completats per comprovar el compliment de la temporització.

A la següent imatge es pot observar la situació actual del cronograma:



Entrega memòria final:

En aquesta última entrega s'han realitzat els canvis al document d'acord amb les recomanacions del professor encarregat. Durant el desenvolupament del projecte s'han introduït diversos canvis sobre la planificació inicial. Aquests canvis han estat motivats per la introducció de nous apartats o la modificació dels ja existents, per tal d'adaptar-los als requeriments d'un document de caràcter acadèmic.

Cal destacar que les modificacions que s'han realitzat no han alterat el correcte desenvolupament del projecte i s'han pogut assolir tots els continguts dins dels terminis establerts. Amb que, en termes generals, es pot dir que la planificació original es trobava ben distribuïda i els diferents terminis d'entrega han possibilitat l'execució del document de manera satisfactòria.

1.5 Breu sumari de productes obtinguts

A partir d'aquest treball es lliuren dos productes:

- Una memòria tècnica que engloba tant el treball de recerca, la informació sobre l'estructura del sistema així com les motivacions sobre la importància en la seva aplicació.
- Una presentació virtual on es mostren els punts clau d'aquest projecte.

1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria

Els diferents capítols que conformen aquesta memòria es troben organitzats seguint un ordre lògic de desenvolupament de treball. D'aquesta manera, es presenta un breu resum sobre el contingut de cada un d'ells.

Al **capítol 1** es presenta una breu explicació de les motivacions i els objectius que han dut a terme la realització d'aquest treball, així com la temporització establerta per al seu desenvolupament i els productes que d'ell s'han obtingut.

Al **capítol 2** es mostren les distintes fases de recerca necessàries per desenvolupar el treball. A més de trobar en aquest capítol els conceptes amb els que s'ha elaborat el document, el lector podrà comprovar l'estat de l'art a partir d'altres treballs en procés de desenvolupament o implantats actualment.

Al **capítol 3** es desenvolupa la proposta d'aquest projecte. En ell es presentaran tant l'arquitectura del sistema, així com, aquells elements que faran possible la realització del projecte; xarxa de sensors, protocols de transmissió, infraestructura per a l'allotjament de dispositius, estudi de cobertura de la zona, etc...

Al **capítol 4** es presenta el pressupost del projecte amb tots els elements necessaris per al a seva posada en funcionament.

Al **capítol 5** s'inclou la normativa aplicable tant en referència als treballs dins del parc natural com sobre les tecnologies sense fils emprades.

Al **capítol 6** s'indiquen les conclusions extretes a partir del desenvolupament del projecte així com els possibles usos futurs el sistema.

Per últim, els **capítols 7,8** mostren el glossari i la bibliografia utilitzada en la redacció del projecte mentre que al **capítol 9** es mostren les característiques més importants dels dispositius emprats en el sistema.

2. Estat de l'art

2.1 Introducció

Durant els últims anys s'ha experimentat un augment en la temperatura mitjana del planeta, la qual ha estat agreujada per l'acció de l'home. Tal i com s'indica al document realitzat l'any 2009 per l'Observatori de Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme de la Universitat d'Alcalà [1], la temperatura mitjana global en la superfície terrestre ha augmentat en els últims 100 anys en 0.74°C. Com a conclusió d'aquest document s'exposa que: "més de la meitat de les espècies vegetals presents a Europa podrien convertir-se en vulnerables o amenaçades d'aquí a 2080" (Universitat d'Alcalà, 2009, pàg.156). El següent gràfic mostra l'augment de la temperatura global del planeta en els últims 100 anys (Desonie Dana, 2007):

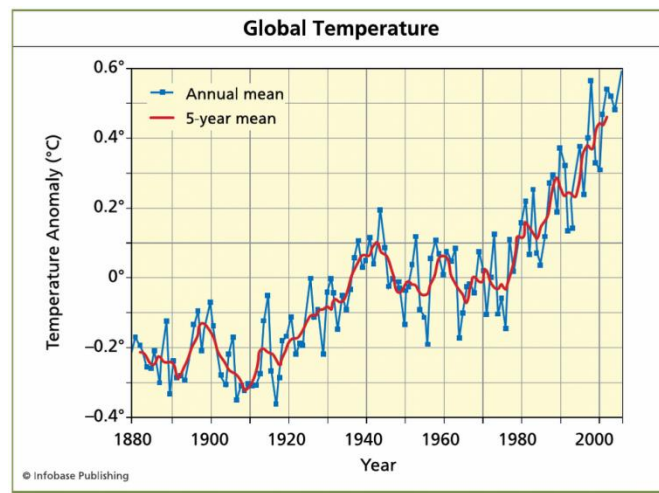
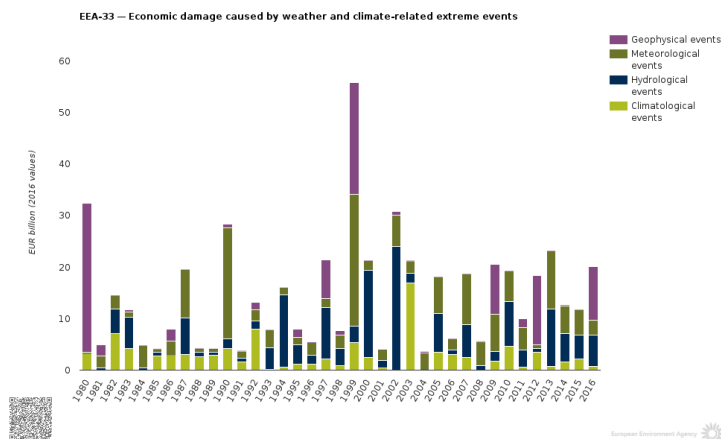


Figura 4. Variació de la temperatura global del planeta

En aquest sentit, la Comunitat Europea (UE) s'encarrega d'establir, per als estats membres, les bases en la lluita contra el canvi climàtic, el qual genera un gran impacte en l'economia mundial a causa dels seus efectes. Com a causants d'aquesta situació intervenen esdeveniments de tipus geofísics, meteorològics, hidrològics i climatològics, tal i com es pot observar en la següent taula elaborada per l'Agència Europea de medi ambient (AEMA, 2018) [2]:



Taula 1. Danys econòmics causats per fenòmens meteorològics i climàtics (AEMA)

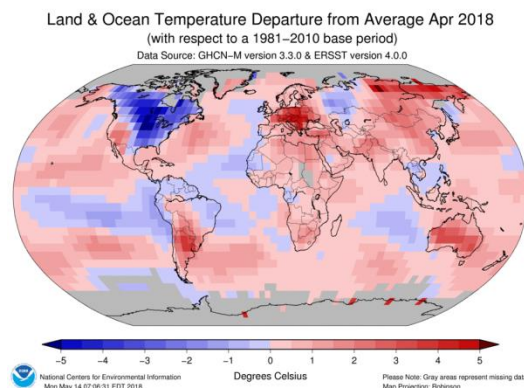
Per tal de reduir l'impacte d'aquest canvi climàtic s'elaboren normatives i recomanacions que els estats membres han de fer servir, amb l'objectiu de minimitzar els efectes derivats de l'ús i explotació dels recursos naturals disponibles. La comunitat internacional va fixar l'any 2007 un límit de 2° centígrads per damunt de la temperatura prèvia a l'era industrial [3], amb què poder mantenir els efectes del canvi climàtic per sota de nivells perillosos. A partir d'aquest acord, i amb data d'acompliment l'any 2020, es van definir una sèrie d'estratègies per aconseguir aquest objectiu:

- Reducció en l'emissió de gasos d'efecte hivernacle en un 20% respecte l'any 1999.
- Augment del 20% en la producció d'energia d'origen renovable.
- Millora de l'eficiència energètica per aconseguir una reducció del 20% en el consum d'energia primària.

Tal i com s'apunta des de la Comunitat Europea, el canvi climàtic és una realitat a la que la societat deu adaptar-se. En aquest sentit, tots els esforços deuen orientar-se cap als objectius establerts, fonamentant sobre aquesta base cada projecte que s'hi realitzi. L'augment de la capacitat de còmput dels equips informàtics, la capacitat d'emmagatzematge de dades, així com el desenvolupament de noves tecnologies de transmissió de dades sense fils permeten l'obtenció, processament i emmagatzematge d'informació de manera automatitzada. Gràcies a aquesta automatització, es poden generar bases de dades amb grans volums d'informació, les quals serien inviables econòmicament i menys eficients en cas realitzar-se a partir de medicions sobre els punts d'interès.

En la reducció del CO_2 lliurat a l'atmosfera, la massa forestal juga un paper molt important. Per aquest motiu, la desforestació de l'entorn provoca un greu perjudici a l'hora d'aconseguir l'objectiu fixat per la UE. És per aquesta raó que la conservació dels espais naturals passa a ser un eix fonamental en la lluita contra el canvi climàtic i els seus efectes nocius.

La temperatura del planeta no augmenta d'igual manera a totes les regions del globus terrestre. A la imatge següent és poden veure aquestes variacions de temperatura, a nivell global, respecte l'any 1981 (NOAA, 2018) [4]:



En concret a Espanya es preveu que l'augment de la temperatura en les pròximes dècades es situï al voltant de 5 a 7 °C a l'estiu i entre 3 i 4 °C a l'hivern (ECCE, 2005. Pàg. 7) [5]. Per tal de calcular les projeccions climàtiques existeixen diverses tècniques; com són el model PROMES o el model GISTEMP de la NASA. Aquest models es troben basats en equacions de càlcul (ICAm, 2009) [6] amb que obtenir les possibles variacions en el clima. A la següent imatge es pot veure la previsió fins l'any 2020, elaborat per la NASA [7]:

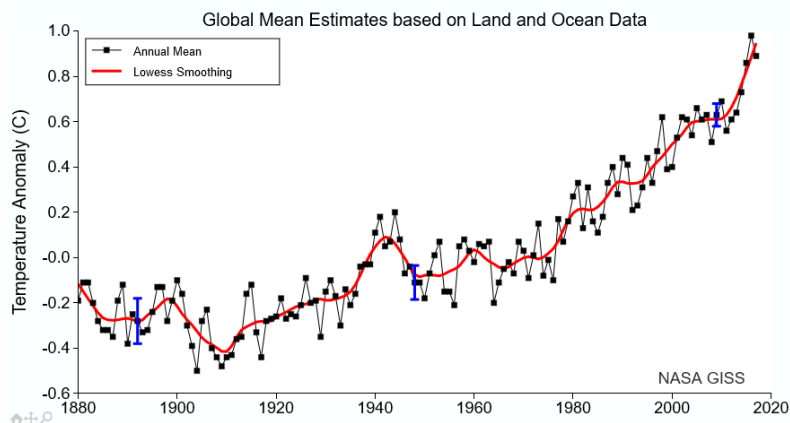


Figura 6. Evolució de la temperatura global per a la terra i el mar.

Així, es constata que l'augment de temperatura del planeta provoca un greu impacte sobre els ecosistemes terrestre i marí (ECEE, 2005. Pàg. 8) [8]:

- Desgel dels casquets polars
- Augment del nivell del mar
- Disminució de la massa forestal
- Augment de la demanda energètica
- Disminució dels recursos hídrics
- Pèrdua de biodiversitat animal i vegetal
- Etc...

D'aquesta manera, queda palesa la necessitat d'efectuar un control sobre l'evolució de la temperatura. Tal i com s'ha comentat, pel fet de no augmentar d'igual manera a tot el territori, el control per mitjà d'un major nombre d'estacions, permetrà un coneixement més profund de la situació real. Els efectes negatius de l'augment de temperatura a l'entorn es veuen agreujats per el nivell d'humitat de l'ambient. Per aquest motiu, s'han implementat aquests dos sensors a l'estació de monitoratge.

Amb aquest projecte es pretén oferir una eina efectiva en la conservació del medi natural, a partir de la monitorització i el control de l'entorn. Per una banda, es pretén obtenir informació sobre la temperatura, humitat i intensitat lumínica per crear bases de dades amb els registres obtinguts. A partir d'aquestes dades es vol facilitar als òrgans competents, així com als investigadors interessats, la possibilitat de realitzar estudis evolutius de la zona o comparatives amb d'altres zones monitoritzades. Per altra banda, es pretén proporcionar una eina de control en temps real de la situació de l'entorn amb la instal·lació d'una càmera. Amb aquest dispositiu es crea un punt de

vigilància, que pot ser visualitzat des d'un centre de control d'emergències amb que poder, per exemple, minimitzar els efectes d'un incendi a la zona mobilitzant els efectius d'extinció necessaris en un temps menor.

Per al desenvolupament del projecte es faran servir les tecnologies de transmissió sense fils ZigBee: per evitar la instal·lació de cablejats d'interconnexió entre els diferents dispositius que puguin modificar l'entorn, i WiFi: per salvar la dificultat d'una instal·lació cablejada a llarga distància en un entorn abrupte com és el de la zona en qüestió.

2.2 Situació actual

En l'actualitat podem trobar multitud de treballs amb seguiment d'espècies tant animals com vegetals, però, pràcticament no es troba cap projecte amb característiques similars al presentat en aquest document. Per norma general, els projectes es troben basats en seguiments o monitoritzacions temporals d'una espècie en concret, però, no es tracta la necessitat de monitoritzar de manera permanent els espais naturals amb què proporcionar una protecció activa de l'entorn i amb una major eficàcia, tant en la prevenció com en la conservació, respecte els protocols d'actuació tradicionals.

Els acords entre estats, com el de París (COP21, 2015) [9], fan palesa la necessitat de combatre el canvi climàtic des de tots els fronts i de manera col·laborativa per part de tots els països. Entre d'altres aspectes, la conservació del medi natural és una prioritat per a fer front al problema del canvi climàtic global. D'aquesta manera, tenim per una banda, la voluntat política necessària per promoure legislacions orientades a fomentar societats més ecològiques. Per altra, la tecnologia adequada que faciliti l'aplicació de les mesures oportunes per garantir el control, la protecció i la conservació dels recursos naturals, amb que aconseguir un desenvolupament de la societat sostenible.

El projecte que es desenvolupa en aquest document pretén pal·liar aquesta manca d'infraestructures, les quals es troben orientades a preservar els valuosos espais naturals. D'aquesta manera es volen aprofitar les tecnologies sense fils actuals, com són la tecnologia WiFi (*Wireless Fidelity*); amb el seu protocol 802.11n i la tecnologia ZigBee, per desenvolupar una xarxa de sensors de control i monitoratge de l'entorn, així com un sistema de transmissió de dades fiable, segur i de baix impacte, tant visual com en termes de consum energètic.

2.3 Treballs anàlegs

Tot seguit es pot veure una mostra de projectes realitzats o en execució que utilitzen sistemes de monitorització orientats al control ambiental :

- Treballs de vigilància ambiental i monitorització de l'empresa Dac Enviro [10]. A la seva pàgina web es poden trobar diferents treballs; monitorització de la temperatura i la conductivitat dels aqüífers, com el de l'entorn de la cantera a Sant Cugat del Vallés amb obtenció de dades a intervals de 10 minuts a partir d'equips de mesura en continu; monitorització de pas de fauna per mitjà de sensors de moviment tèrmic i càmera per a filmació en

alta resolució amb visió nocturna, al torrent de Sant Genís a Olost; o diversos plans de vigilància ambiental en obres públiques amb control de qualitat d'aire i medicions dels nivells acústics, com en la L9 del metro de Barcelona o el seguiment i control ambientals de les obres del port de Barcelona amb medicions de la qualitat d'aire, de l'aigua, dels materials vegetals...



Figura 7. Treballs de monitorització entorn ambiental , *DacEnviro*

- Projecte Videoguard de l'empresa Gradiant [11]: Es tracta d'una plataforma d'anàlisi de vídeo intel·ligent adaptat per entorns marins i orientat a la prevenció i persecució de la pesca i el marisqueig il·legals. Es tracta d'un sistema d'anàlisi d'algoritmes, adaptats a entorns naturals, obtinguts a partir d'imatges tèrmiques d'infrarojos. Els algoritmes s'utilitzen per a la detecció de persones i embarcacions en condicions de baixa visibilitat degudes a baixa il·luminació o fenòmens meteorològics adversos.
- Recupera 2020 [12]: És un projecte per al desenvolupament de noves tecnologies en el medi rural impulsat pel Ministeri d'Economia i Competitivitat d'Espanya. Dins d'aquest pla es poden trobar distintes branques d'investigació, esdevenint la monitorització dels espais rurals un pilar fonamental d'aquest treball. El projecte es troba format per tres etapes:
 1. Monitorització integral del medi rural i el seu hàbitat natural. En aquesta fase es realitza una avaluació dels efectes i l'impacte de les infraestructures agrícoles en l'entorn. Responsables: Miguel Ferrer i Juan José Negro, investigadors de l'estació biològica de Doñana (EBD).
 2. Monitorització de cultius mitjançant tecnologies aèries amb sensors d'infrarojos per a la millora de la gestió agrícola. Responsable: Francisca Lopez, Institut d'agricultura sostenible de Còrdova (IAS).
 3. Monitorització de la qualitat de l'aigua en explotacions agrícoles i ramaderes. Control de la presència de pesticides i herbicides en l'aigua. Responsable: Javier Ruiz, Institut de ciències marines d'Andalusia (ICMAN).



Figura 8. Projecte de monitoratge al parc natural de Doñana

Per altra banda, en relació a les tecnologies de transmissió utilitzades en aquest projecte: *WiFi* i *ZigBee* trobem diversos projectes al repositori institucional de la UOC a partir dels quals podem definir el procediment de treball a seguir. A continuació, es fa referència a dos d'aquest projectes:

- “Projecte instal·lació xarxa *WiFi* municipal a Cadaqués” (Garabito J. 2012) [13]. Aquest projecte es troba orientat a proporcionar una xarxa de comunicacions privada de l'Ajuntament per substituir la xarxa basada en ADSL, a més de proporcionar un servei d'accés a Internet gratuït als ciutadans. Universitat Oberta de Catalunya, (<http://hdl.handle.net/10609/15065>).
- “Red meteorològica basada en Arduino y comunicada mediante protocolo Zigbee 802.15.4” (Jiménez D. 2012) [14]. Estudi de la tecnologia Arduino en l'àmbit dels sistemes encastats utilitzant el protocol de comunicació ZigBee. Aquest projecte fa servir una sèrie de sensors amb tecnologia ZigBee per desenvolupar una estació meteorològica.

Els projectes esmentats en aquest apartat es troben orientats al control de diverses situacions, però durant un període de temps curt i establert. A diferència d'ells, aquest projecte es basa en una instal·lació de monitoratge permanent per tal de proporcionar informació de temperatura, humitat i intensitat lumínica de l'entorn, amb que obtenir, per una banda, informació dels sensors en temps real i, per altra, oferir la possibilitat d'elaborar registres anuals d'informació, a partir de les dades obtingudes, per al seu estudi. A més, la instal·lació d'una càmera proporciona imatges de l'entorn que poden ser incloses en una pàgina web, com la de parcs naturals de la Generalitat Valenciana (<http://www.parquesnaturales.gva.es/web/pn-serra-de-mariola>), per a la seua visualització per part de qualsevol usuari del parc, així com per part dels agents mediambientals.

2.4 Tecnologies de transmissió emprades

Tot seguit es detallen les dues tecnologies de transmissió sense fils emprades en aquest projecte: ZigBee i WiFi

2.4.1 ZigBee

2.4.1.1 Informació general

Actualment *Zigbee* es troba en la seva versió 3.0, la qual es troba basada en el protocol 802.15.4 [15]. És tracta d'una tecnologia que proporciona un sistema de transmissió interoperable i de baixa potència.

Entre les seves característiques principals cal destacar:

- Permet la comunicació de banda creuada (*cross-band*) entre les bandes de 2,4 GHz i sub-GHz (915 MHz per a Estats Units i 868 MHz per Europa) amb suport multi PHY.
- Permet l'operació global en la banda de freqüència de 2.4GHz segons IEEE 802.15.4.
- Incorpora mecanismes d'estalvi d'energia per a totes les classes de dispositius, a més de suport per a dispositius sense bateria.
- Funciona amb el mecanisme de generació de tecles de seguretat, així com el mecanisme de descobriment i vinculació amb la confirmació completa de l'aplicació.
- Inclou la topologia de malla i la comunicació de la xarxa d'àrea interpersonal (PAN).
- Ofereix diverses opcions de transmissió, inclosa la transmissió, adreça de destinació a grups i adreça d'unidestinació.
- Utilitza l'esquema de seguretat AES-128 estàndard de la indústria
- Admet estàndards de l'Aliança o innovacions específiques del fabricant
- Inclou mesures de potència per reduir la potència de sortida dels dispositius, permetent als dispositius comunicar-se al nivell exacte de potència requerida.
- La distància de transmissió es troba entre 10 i 100 metres, no obstant, els canals Sub-GHz de transmissió oscil·len fins a 1 km.

Tal i com s'ha comentat, l'estàndard ZigBee pot treballar en tres bandes de freqüència distintes:

- Banda de 868 MHz: 868-868.8 MHz
- Banda de 915 MHz: 902-928 MHz
- Banda de 2.4 GHz : 2400-2438.5 MHz

La necessitat dels dissenyadors o desenvolupadors, la legislació vigent de cada país, l'ample de banda necessari o la mida de les antenes, entre d'altres aspectes, en determinaran la utilització d'una o altra banda de freqüència. ZigBee també permet fer servir diferents modulacions a partir de les quals es podran obtenir diferents configuracions, les quals permeten obtenir diferent taxa de bits o nombre de canals. A la següent taula, elaborada a partir d'informació dels document de l'IEEE sobre l'estàndard 802.15.4, es poden veure les configuracions possibles així com algunes dades rellevants:

Freq. (MHz)	Nombre de canals	Modulació	Taxa de bits (Kb/s)
868-868.6	1	BPSK	20
902-928	10	BPSK	40
868-868.6	1	ASK	250
902-928	10	ASK	250
868-868.6	1	O-QPSK	100
902-928	10	O-QPSK	250
2400-2483.5	16	O-QPSK	250

Taula 2. Bandes de freqüència i modulació en ZigBee. Font IEEE802.15.4-2015

En aquest estàndard es defineixen tres tipus de dispositius:

- Coordinador.
- Dispositiu de funció completa (FFD): dispositius que actuen d'interfície amb els usuaris i que disposen de memòria i capacitat de càlcul. Poden actuar com a coordinadors.
- Dispositius de funció reduïda (RFD)

2.4.1.2 Arquitectura

L'IEEE 802.15.4 és un estàndard per a xarxes sense fils amb baixa taxa de bits, el qual es troba basat en una sèrie de blocs, anomenats *capes*, per tal de simplificar l'estàndard. Cada capa és responsable d'una part del protocol i ofereix serveis a les capes de nivell superior. El document de l'IEEE (pàg. 49) mostra la disposició de les capes per a l'estàndard 802.15.4:

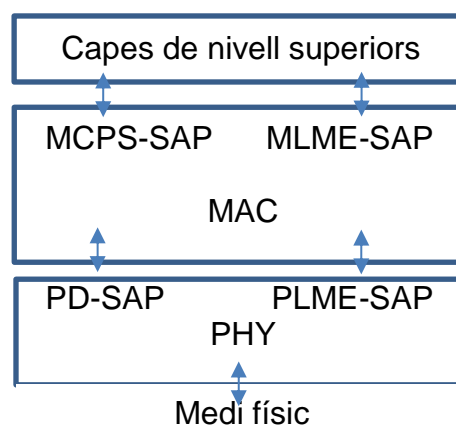


Figura 9. Arquitectura de LR-WPAN en protocol 802.15.4.

La capa PHY (*Physical layer*) gestiona l'activació/desactivació del transceptor de ràdio, la ED (*detecció d'energia*), la LQI (*qualitat de l'enllaç*), la selecció de canals, així com la transmissió i recepció de paquets que arriben per mitjà del medi físic.

La capa MAC (*Medium accés control*) proporciona dos serveis: el servei de dades, i el servei de gestió. El servei de dades permet la transmissió i recepció amb el PHY de

les MPDUs (*unitats de dades*). Aquesta capa gestiona les balises, l'accés al canal de transmissió i la validació i entrega de frames (*quadres*). També proporciona els mètodes necessaris per implementar els mecanismes de seguretat adequats a l'aplicació.

Per la seva banda, ZigBee implementa dues capes més per proporcionar serveis de xarxa i seguretat (Shahin F. 2008) [16]:

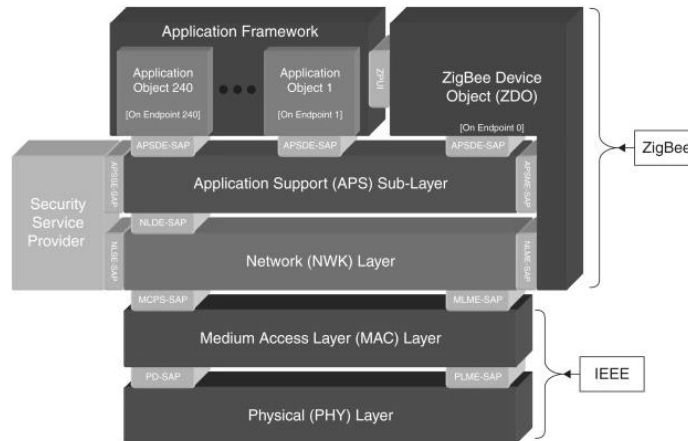


Figura 10. Capes addicionals en ZigBee.

La capa de xarxa gestiona la comunicació entre la capa MAC del protocol 802.15.4 i la capa d'aplicació. És la capa encarregada de la formació de les xarxes i l'encaminament dels paquets de dades. Per la seva banda, la capa d'aplicació conté els objectes que permeten que un dispositiu pugui funcionar en diferents aplicacions. Aquesta capa permet el funcionament de dispositius de diferents fabricants de manera que puguin interactuar entre ells de manera correcta.

2.4.1.3 Topologies de xarxa

ZigBee permet fer servir tres topologies de xarxa: parell, estrella i malla.

- Parell: Es tracta d'una xarxa senzilla formada per dos nodes. Un d'aquests nodes ha d'actuar com a coordinador mentre que l'altre pot fer funcions d'encaminador o de dispositiu final.
- Estrella: En aquest tipus tots els missatges passen pel coordinador que se situa al centre de la xarxa. Dos nodes no es poden comunicar de manera directa si no és a través del coordinador.
- Malla: En aquesta configuració es disposa d'un node encaminador (*router*) i un node coordinador. En aquest tipus, qualsevol node de la xarxa pot interaccionar amb qualsevol altre node. Es tracta, doncs, d'una xarxa on no s'estableix una jerarquia en la comunicació i permet que el sistema continuï funcionant amb la fallada d'un node. El coordinador s'encarrega de gestionar l'encaminament dels missatges amb que el sistema és resistent front a fallades.

A continuació es mostren les diferents topologies de xarxa:

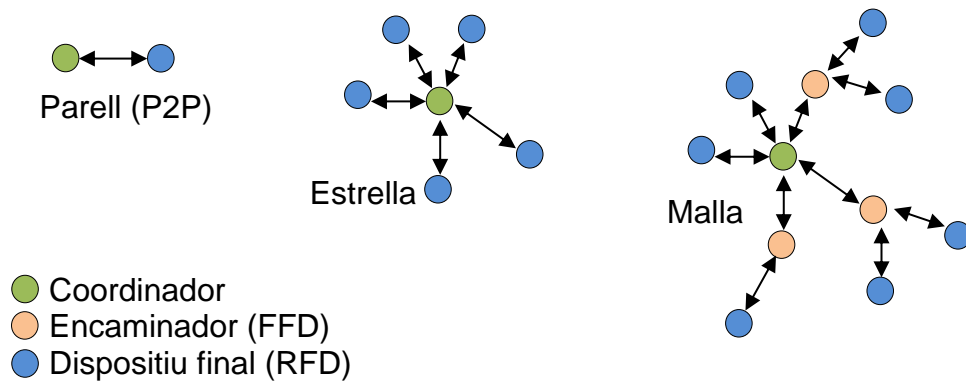


Figura 11. Topologies de xarxa en ZigBee. Font IEEE 802.15.4-2015

D'aquests tres tipus de xarxa, la topologia en malla és la que ofereix més fiabilitat, atès que permet realitzar un nou encaminament de paquets de dades en cas de fallada d'un node. Per tant, ZigBee esdevé un bon estàndard en instal·lacions orientades a IoT (*Internet de les coses*), com són la domòtica en la llar o el control i monitoratge d'instal·lacions industrials.

2.4.1.4 Seguretat

La capa MAC és l'encarregada de proporcionar serveis de seguretat a les peticions efectuades per les capes superiors. Aquest estàndard proporciona tres tipus de serveis de seguretat:

- Confidencialitat de les dades
- Autenticitat de les dades
- Protecció de reproducció

Per tal de proporcionar aquestes característiques l'estàndard 802.15.4 fa servir codificació de tipus AES (*Advanced Encryption System*). Amb la utilització d'aquesta tecnologia s'aconsegueix xifrar el contingut del missatge, amb que únicament el destinatari podrà recuperar el missatge original. Aquest estàndard d'encryptació fou creat per l'Institut Nacional d'Estàndards i Tecnologia (NIST) l'any 2001. Aquest algoritme té una longitud de blocs d'entrada, sortida i, estat, de 128 bits. Fa servir una clau de xifratge (K) de 128, 192 o 256 bits i l'execució de l'algoritme es troba determinat per un nombre màxim de rondes que depèn de la longitud de la clau. A la següent taula es poden veure les diferents configuracions de l'algoritme:

	Key Length (N_k words)	Block Size (N_b words)	Number of ronds (N_r)
AES-128	4	4	10
AES-192	6	4	12
AES-256	8	4	14

Taula 3. Configuracions algoritme AES. Font NIT.

El procés de desxifratge es realitza de manera inversa en el receptor del missatge, amb que s'obté la informació en text pla. Aquest procés de xifratge i desxifratge té un major cost computacional i per tant un major consum energètic. Per tal de gestionar aquest augment en la capacitat de processament dels dispositius, ZigBee inclou diferents nivells de seguretat, tal i com es pot veure al document elaborat per l'IEEE sobre el protocol 802.15.4 (*Standard for Low-Rate Wireless Networks*, pàgina 373). La taula 9.6 del document del IEEE 802.15.5-2015 mostra els diferents nivells de seguretat disponibles per a l'estàndard:

Security Level	Security level field B2 b1 b0	Security Attributes	Data Confidentiality	Data Authenticity	MIC Length (octets)
0	000	None	OFF	NO	0
1	001	MIC-32	OFF	YES	4
2	010	MIC-64	OFF	YES	8
3	011	MIC-128	OFF	YES	16
4	100	Reserved			
5	101	EN-MIC-32	ON	YES	4
6	110	EN-MIC-64	ON	YES	8
7	111	EN-MIC-128	ON	YES	16

Taula 4. Nivells de seguretat disponibles en sub-capta MAC de ZigBee. Font IEEE 802.15.4-2015.

2.4.1.5 Consum energètic

El desenvolupament de ZigBee es troba orientat a l'ús en dispositius alimentats per mitjà de bateries. El fet de funcionar amb aquest tipus de subministrament elèctric redueix la operativitat dels dispositius, els quals requereixen d'un manteniment regular per tal de substituir la font d'alimentació. El desenvolupament d'aquest protocol ha permès augmentar el temps de funcionament respecte tecnologies sense fils de baix consum com Bluetooth que ofereixen diversos dies de funcionament, en el millor dels casos. La implementació d'un mecanisme d'hivernació dels dispositius a permès reduir el consum durant aquest repòs a uns quants micro-ampers amb que es garanteix el funcionament de dispositius amb aquesta tecnologia durant anys. Amb ZigBee es permet tenir un control sobre el balanç entre el consum d'energia i la latència dels missatges.

Entre els mecanismes per proporcionar baixos nivells d'energia trobem el *Coordinated Sample Listening (CSL)* i el *Receiver Initiated Transmission (RIT)*. El CSL permet que els dispositius receptors mostregin periòdicament els canals de les transmissions entrants en cicles baixos de treball. D'aquesta manera el dispositiu receptor i el transmissor es coordinen per reduir la sobrecàrrega en la transmissió de dades. Per altra banda, RIT permet que els dispositius receptors transmeten periòdicament trames

de sol·licitud de dades, amb que els dispositius transmissors atenen únicament aquestes sol·licituds per a realitzar una transmissió. Així el mecanisme RIT és adequat per:

- Transmissions amb baixa taxa de dades i requisits de latència baixos.
- En zones on la transmissió de dades de manera continua es troba restringida per regulacions locals.

Com s'ha explicat al llarg d'aquest apartat, l'estàndard ZigBee s'adequa perfectament al tipus d'instal·lació requerida en aquest projecte, ja que proporciona comunicació sense fils i, per tant, de baix impacte en la seva instal·lació; baix consum energètic, amb que, per una banda proporciona una alta durabilitat de funcionament i, per altra és tracta d'un sistema respectuós amb el medi ambient, atès que gestiona el consum d'energia de manera eficient; per últim, cal destacar la incorporació de mecanismes de xifratge en les transmissions què proporcionen seguretat: les dades són el que han de ser i no han estat modificades.

2.4.2 WiFi

2.4.2.1 Informació general

L'estàndard 802.11 [17] fou aprovat l'any 1997 per l'IEEE amb l'objectiu de proporcionar un sistema de comunicació sense fils per a dispositius portàtils o per a instal·lacions que requereixen d'una ràpida implantació del servei. Al document elaborat per l'IEEE es defineixen les especificacions de les capes que conformen el protocol; MAC i PHY. Aquest estàndard conté tres unitat de capa física: dos unitats de radio operant en la banda de freqüències 2400-2500 MHz i una unitat d'infrarojos. Una unitat de ràdio utilitza la tècnica de l'espectre de propagació de freqüència, i l'altre, utilitza la tècnica de l'espectre de propagació de seqüència directa.

En aquest estàndard es desenvolupen els punts següents:

- Descripció de les funcions i serveis requerides per 802.11 pels dispositius compatibles que operen dins de xarxes amb infraestructura o *Ad-hoc*, així com els aspectes de mobilitat de l'estació dins d'aquestes xarxes.
- Definició dels procediments per donar suport als serveis de lliurament de la unitat asíncrona de servei de dades MAC (MSDU).
- Definir les tècniques de senyalització PHY i les funcions d'interfície que són controlades per la capa MAC.
- Permet el funcionament d'un dispositiu conformador IEEE 802.11 dins d'una xarxa d'àrea local (LAN) sense fils que pugui conviure amb múltiples LANs sense fils superposades IEEE 802.11.
- Descriure els requisits i procediments per proporcionar la privadesa de la informació de l'usuari que es transfereix a través del mitjà sense fil (WM) i l'autenticació dels dispositius IEEE 802.11.

La norma definida per l'IEEE estableix diversos estàndards 802.11. A la taula següent es mostren els més rellevants:

Estàndard	Tecnologia	Banda	Amplitud canals	Velocitat
802.11	Infrarojos		22 MHz	1 o 2 Mbps
	FHSS	2,4 GHz		
	DSSS	2,4 GHz		
802.11a	OFDM	5,8 GHz	20 MHz	6-54 Mbps
802.11b	DSSS	2,4 GHz	22 MHz	11 Mbps
802.11g	OFDM	2,4 GHz	20 MHz	54 Mbps
802.11n	OFDM millorat + MIMO	2,4/5 GHz	20/40 MHz	300 Mbps (600 Mbps teòric)
802.11ac	OFDM millorat + MU-MIMO	5 GHz	80/160 MHz	433 Mbps (3 Gbps teòric)

Taula 5. Característiques dels estàndards més usuals protocol IEEE 802.11-2012

Infraroig: El sistema d'infrarojos per al protocol 802.11 es situa entre els 850 i els 950 nm. Aquesta tecnologia requereix de visió directa entre els dispositius emissor i receptor, amb què es troba orientada a entorns d'interior i per a distàncies curtes (10-20 metres).

FHSS: Espectre eixamplat per salt en freqüència. En aquesta tecnologia es transmet una part de la informació en una freqüència determinada durant un interval de temps de permanència (*dwel time*) inferior a 400 ms. Quan aquest interval de temps és superat, es canvia la freqüència de transmissió per a un nou interval de temps. Les transmissions a diferents freqüències es realitzen de manera sincronitzada entre emissor i receptor. Aquesta tècnica és equivalent a realitzar una multiplexació en freqüència.

DSSS: Espectre eixamplat per seqüència directa. En aquesta tècnica és modula el senyal mitjançant una portadora de RF. Per a la transmissió es genera un patró de bits redundat, anomenat senyal de chip, que s'utilitza per a modular cada un dels bits que componen el senyal d'informació.

OFDM: Multiplexació per divisió ortogonal de freqüència. En aquesta tecnologia es fan servir un conjunt d'ones portadores de diferents freqüències. Amb aquesta tècnica disminueix la probabilitat d'error de bits (BER) amb que es adequada per a entorns amb soroll.

2.4.2.2 Arquitectura

Tal i com es recull al document de l'IEEE sobre l'estàndard 802.11, l'arquitectura del sistema està composta per diferents components que interactuen entre ells per proporcionar una xarxa sense fils que suporti la mobilitat dels dispositius d'usuari de manera transparent per a les capes superiors. Per tant, es defineixen tres elements:

- AP (*Acces point*): Estació que permet l'accés a altres xarxes.
- BSS (*Basic Service Set*): conjunt d'estacions connectades a un mateix AP.
- ESS (*Extended Service Set*): Conjunt de BSS interconnectades. Per a configurar un ESS els diferents AP han de tenir el mateix SSID (*Service Set Identifier*).
- IBSS (*Independent BSS*): Diferents estacions es troben connectades directament (connexió punt a punt). Es fa servir per donar servei a una xarxa *ad-hoc*.

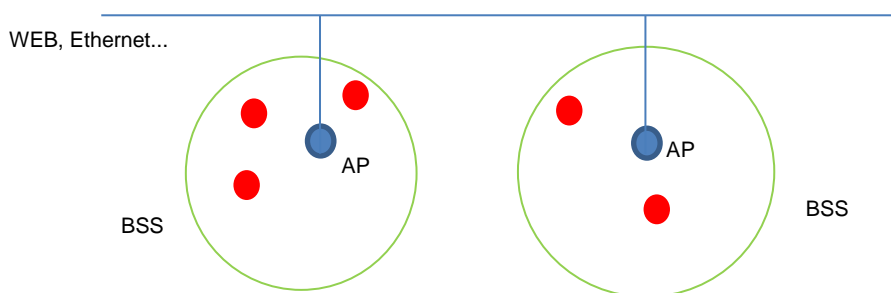


Figura 12. Arquitectura BSS 802.11

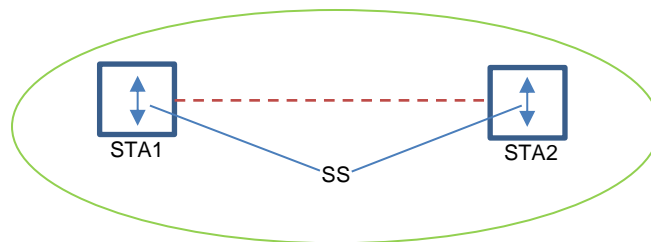


Figura 13. Arquitectura IBSS 802.11

2.4.2.3 Accés al medi

En condicions on diverses estacions volen accedir al medi s'utilitza la tècnica CSMA/CA per tal de resoldre les possibles col·lisions que es produeixin.

- CSMA (*carrier-sense múltiple acces*): Aquest mecanisme determina si l'energia del senyal supera un cert llindar per a una amplada de banda determinada. Amb el nivell d'energia per baix del llindar establert es determina que ningú està transmetent. En cas que el nivell d'energia superi el llindar, l'estació que vol transmetre esperarà un temps de retard (*backoff*) i ho tornarà a intentar.
- CA (*colision avoidance*): Aquest mecanisme permet confirmar per l'estació de destí totes les trames rebudes. En cas de rebre la trama de manera correcta, el receptor enviarà un missatge de confirmació (*ACK*) a l'emissor. En cas contrari la trama serà retransmesa.

Aquest mecanisme disposa de dos modes de transmissió:

- DCF (*distributed coordination function*): En aquest mètode l'estació que vol transmetre ha de trobar-se escoltant el canal un temps determinat: *Distributed Interframe Space (DIFS)* per comprovar que el canal està lliure. En aquest cas, pot transmetre la sol·licitud de transmissió. Al seu torn, el receptor espera un temps: *Short Interframe Space (SIFS)* i amb el canal lliure respon amb l'acceptació de l'enviament (*CTS*) o informa que està rebent informació (*RxBusy*). Quan el transmissor rep l'acceptació, espera un temps (*SIFS*) i envia la informació. Pe últim, el receptor torna a esperar un temps (*SIFS*) per enviar la confirmació de recepció (*ACK*) o la no recepció (*NACK*).
- PCF (*point coordinator function*): En aquest mode un AP realitza tasques de coordinació. L'AP espera un temps anomenat *Point Inter-frame Space (PIFS)* per captar el canal. Aquest temps *PIFS* és inferior a la durada del *DIFS*, amb que el coordinador sempre té prioritat per accedir al canal. PCF gestiona el AP fent peticions (*pollings*) a les estacions cada cert temps. Aquest procediment provoca que es perdi amplada de banda en cas que una estació no tingui res que transmetre.

Els intervals de temps de prioritats s'organitzen de la següent manera:

DIFS>PIFS>SIFS

Al punt 9.2.3 del document de l'IEEE 802.11 (pàg. 96) s'expliquen amb més detall aquest temps de prioritats. Al següent gràfic, extret d'aquest mateix document, es poden observar les relacions entre els diferents intervals de temps:

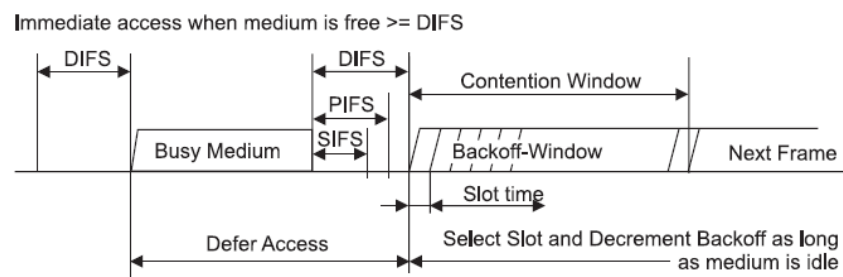


Figura 14. Relacions entre espais d'inter-frame en 802.11. Font 802.11-2012.

2.4.2.4 Seguretat

En el protocol 802.11 es defineixen dos nivells de seguretat: autenticació i xifratge:

1. Autenticació

- Sistema obert (*open system authentication*): No es fa servir contrasenya d'accés amb que únicament cal indicar a l'AP la intenció d'accedir-hi. És el mètode més senzill però també el més

perillós en termes d'intercepció de les dades transmeses per part d'un atacant.

- Clau compartida (*Shared key authentication*): El BSS és coneguda per totes les estacions a través d'un canal segur. L'algoritme SKA s'especifica al punt 11.2.3.3 de l'estàndard IEEE 802.11-2012. Atès que aquest mecanisme d'autenticació fa ús de l'algoritme de xifrat WEP, avui dia és considerat com un sistema insegur.

2. Xifratge

El mètode de xifratge implementat al protocol 802.11 és WEP (*wired equivalent privacy*). Aquest xifratge presenta les característiques següents:

- Xifratge de 64 o 128 bits
- Clau de xifratge simètrica i estàtica (la clau ha de ser coneguda per tothom)
- Xifra amb algoritme RC4 (*Rivest Cipher 4*)
- Protecció de la integritat de missatges MIC (*message integrity code*) amb CRC-32

Els mecanismes de seguretat que es fan servir en WEP són molt simples, aquest fet, va fer evolucionar la tecnologia a l'anomenat WPA (*WiFi Protected Access*), però va ser a partir del desenvolupament de l'estàndard 802.11i (també conegut com WPA2, *WiFi Protected Access 2*), aprovat el juny de 2004 per l'IEEE on la seguretat en el xifratge va experimentar un salt qualitatiu. Les millores que aporta són:

- Implementa xifratge amb AES [18] (*Advanced encryption standard*) amb claus de 128, 192 i 256 bits.
- Fa servir mecanisme d'integritat de tipus CCMP (*Counter Mode Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol*).

A la següent taula es mostren algunes de les diferències entre els diferents mecanismes de xifratge:

	WEP	WPA	WPA2
Autenticació	Open/Shared	802.1x + EAP	802.1x + EAP
Xifratge	RC4	RC4	AES
Gestió de claus	Claus estàtiques	EAP	EAP
Integritat dades	CRC-32	Michael	CCMP

Taula 6. Característiques mètodes xifratge en 802.11

2.5 Xarxa de transmissió

La transmissió de les dades entre les dues estacions es durà a càrrec de l'estàndard 802.11n. Aquest estàndard va ser aprovat per l'IEEE el 11 de setembre de 2009. L'elecció d'aquesta tecnologia es troba determinada per:

- Pot treballar en dues bandes de freqüència: 2.4 i 5 GHz
- Fa servir OFDM millorat.
- Pot treballar amb canals de 20 i 40 MHz (és millora la velocitat optimitzant l'espai).
- Fa servir MIMO: Es poden fer servir fins a quatre antenes en el receptor per combinar la informació i augmentar l'abast.
- Inclou mecanisme d'estalvi d'energia: Aquest estàndard permet la transmissió de fins a 4 fluxos de bits. Per tal d'evitar un consum innecessari d'energia es fa servir *spatial multiplexing* amb que es seleccionen el nombre de fluxos necessaris en cada situació.
- La informació es transmet per blocs (amb un únic *ACK* per bloc) amb que es millora la velocitat.
- Menor temps d'espera *IFS (Inter-frame spacing)*.
- Implementa mode *Grenfield* que millora l'eficiència quant tots els dispositius connectats a la xarxa són de tipus n.

A la taula següent, elaborada per l'empresa Linksys [19], es poden observar algunes de les característiques de cada una de les bandes de freqüència en què opera:

Banda	2.4 GHz	5 GHz
Estàndard	Wireless-b, g, i n	Wireless-a, n i ac
Canal	3 canals sense solapaments	23 canals sense solapaments
Rang de xarxa	Major rang	Menor rang
Nivell Interferències	Alt	Baix

Taula 7. Comparativa bandes 2.4-5 GHz. Font Linksys.

L'estàndard 802.11n [20] presenta una major complexitat en els seus processos. Aquesta situació ha fet aparèixer el concepte de MCS (*Modulation Coding Schem*). Este mètode inclou conceptes com la velocitat de cada flux de dades, nombre de fluxos, modulació... Per tant, es necessari negociar en cada moment el MCS òptim segons les condicions de l'enllaç. El document de l'IEEE sobre el 802.11n especifica 77 MCS diferents. A la següent taula, extreta del document: Xarxes locals i metropolitanes sense fils, del doctor Satué Villar A. [21] es mostren els valors per als primers 15 MCS sobre canals de 40 MHz i amb un espai de guarda (EG) de 400 ns. (L'estàndard especifica també l'ús d'un EG de 800 ns.):

Canal	Fluxos	Modulació	Bits per portadora	Velocitat	* Per a canals de 20 MHz les velocitats serien una mica inferiors a la meitat.
MCS-0	1	BPSK	1	15 Mbps	
MCS-1	1	QPSK	2	30 Mbps	
MCS-2	1	QPSK	2	45 Mbps	
MCS-3	1	16QAM	4	60 Mbps	
MCS-4	1	16QAM	4	90 Mbps	
MCS-5	1	64QAM	6	120 Mbps	
MCS-6	1	64QAM	6	135 Mbps	
MCS-7	1	64QAM	6	150 Mbps	
MCS-8	2	BPSK	1	30 Mbps	
MCS-9	2	QPSK	2	60 Mbps	
MCS-10	2	QPSK	2	90 Mbps	
MCS-11	2	16QAM	4	120 Mbps	
MCS-12	2	16QAM	4	180 Mbps	
MCS-13	2	64QAM	6	240 Mbps	
MCS-14	2	64QAM	6	270 Mbps	
MCS-15	2	64QAM	6	300 Mbps	

Taula 8. Velocitats modes MCS, protocol 802.11n

3. Proposta del Projecte

3.1 Característiques tècniques.

La transmissió de dades en aquest projecte s'ha implementat amb tecnologies sense fils. Les raons d'aquesta opció front a tecnologies cablejades s'exposen a continuació:

- Menor cost d'instal·lació, posada en marxa i manteniment del sistema.
- Menor impacte a l'entorn al no haver de realitzar intervencions d'obra invasives.
- Major rapidesa en instal·lació i posada en funcionament del sistema.

Les tecnologies sense fils emprades per a la transmissió de les dades d'aquesta instal·lació estan basades en:

- Estàndard 802.11n (*WiFi*): Utilitzat per a la transmissió a llarga distància entre la zona de monitoratge i l'estació base situada a la població d'Agres. Les característiques que ha de complir la instal·lació sota aquest estàndard són:
 - Velocitat d'enllaç de transmissió: 54 Mbps
 - Canal d'emissió: 11.
 - Freqüència de treball: 2.462 GHz.
 - Ample de banda de canal: 20 MHz.

- *Potència mitjana de recepció: -65 dB.
- Banda de freqüència: ISM 2.4 GHz sense llicència.

*Potència mínima per assegurar una transmissió de qualitat a 54 Mbps. Aquest valor de potència és adequat per a un índex MCS entre 5 i 7.

Per la seva part, la xarxa de transmissió estarà formada per dues estacions de transmissió amb les següents característiques:

- Arquitectura IBSS amb enllaç punt a punt (P2P)
- Xifratge de dades: WPA2-AES

Amb aquestes especificacions s'assegura un funcionament del sistema òptim en termes de qualitat del servei (QoS). Pel fet que a la xarxa únicament hi haurà connectat com a client l'estació ubicada a l'ajuntament, aquest disposarà de tota la velocitat de l'enllaç per al seu ús, amb que es garanteix una transmissió/recepció òptima. La utilització del canal 11 i un ample de banda de canal de 20 MHz proporciona un nivell de solapament baix amb d'altres xarxes que operin a la zona. Per últim, la potència de recepció assegura la qualitat del sistema i evita fluctuacions del senyal derivades de possibles interferències provocades per altres xarxes sense fils.

- Estàndard 802.15.4 (*ZigBee*): per a la transmissió de dades adquirides per els sensors de temperatura, humitat i luminància. Les característiques d'aquesta xarxa són:
 - Velocitat d'enllaç de transmissió: 250 Kbps.
 - Màxima potència de transmissió: 5 mW.
 - Banda de freqüència: ISM 2.4 GHz
 - Canal d'emissió: 20
 - Ample de banda de canal: 2 MHz.
 - Topologia xarxa: Malla (*Mesh*).
 - Interval d'obtenció de dades sensors: 1 captura cada 15 min.

Aquesta xarxa estarà formada per:

- Dos dispositius, capaços d'operar en exteriors, amb sensors de:
 - Temperatura: marge entre -18 i 55 °C (*graus centígrads*)
 - Humitat: marge entre 0 i 100% RH (*humitat relativa*)
 - Luminància: marge entre 360 i 970 nm (*nanometres*)
- Un dispositiu (*gateway*) d'interconnexió entre la xarxa ZigBee i la xarxa Ethernet.

El sensor principal es troba ubicat a la Cava Gran. De manera redundant s'ha ubicat un altre sensor a la zona, per a que en cas de fallada d'aquest dispositiu el sistema segueixi funcionant. Amb aquest dos dispositius és monitoritza la zona requerida, però la xarxa en malla permet ubicar més sensors en cas necessari de manera ràpida. Amb el requeriments exposats s'assegura un funcionament òptim del sistema amb una velocitat de l'enllaç de dades: 250 Kbps, adequat al volum d'informació a transmetre.

La baixa potència de transmissió, així com l'interval de captació de dades dels sensors, proporcionen el funcionament durant anys dels dispositius ZigBee. Per la seva banda, l'ús d'una xarxa en malla facilita l'escalabilitat dels sistema per a futures ampliacions del sistema, així com el funcionament del conjunt en cas de fallada d'un node. L'elecció efectuada dels canals de comunicació per a WiFi i ZigBee evita solapaments entre les dues tecnologies, amb que s'evita pèrdua d'informació o retransmissions innecessàries degut a interferències.

Per altra banda, a l'estació ubicada a la cava Gran hi haurà una càmera que realitzarà enregistraments de vídeo. Les característiques dels qual seran:

- Qualitat de vídeo: 1080p Full HD (1920x1080)
- *Frame rate*: 30fps
- Codificació de vídeo: H.264
- Velocitat de bit: 5000 kbps
- Duració d'enregistrament: 60 segons.
- Interval d'enregistrament: 15 minuts.
- *Horari d'enregistrament: de 7 AM. fins 21 PM.

*Es farà servir el sensor de luminància per variar el horari de d'enregistrament en funció de les hores de llum disponible.

El sistema comptarà amb visió directa entre les dues estacions implicades per a la transmissió de dades, amb que s'eviten les pèrdues de potència derivades de la presència d'edificis o elements interferents. A l'apartat d'estudi de cobertura i viabilitat d'aquest projecte s'exposaran amb més detalls aquests aspectes.

3.2 Arquitectura del sistema

3.2.1 Elements del sistema

El sistema de transmissió es troba basat en dos tipus de tecnologies sense fils com són *ZigBee* i *WiFi*. Per una banda, *ZigBee* proporciona una tecnologia de transmissió de dades orientada a petits dispositius. Presenta un consum d'energia molt reduït, amb que permet el seu ús en dispositius autònoms alimentats amb bateries. D'aquesta manera es garanteix una durabilitat en el funcionament molt alta. Per altra banda, es farà servir la tecnologia *WiFi* per transmetre les dades des de la instal·lació ubicada a la muntanya fins a una estació base ubicada en la població d'Agres. L'ample de banda de transmissió així com la distància que permet cobrir WiFi fan que aquesta tecnologia sigui adequada en aquest entorn. L'estació base, ubicada a l'ajuntament d'Agres, comptarà amb un sistema d'emmagatzematge de les dades rebudes i una connexió a Internet per mitjà de tecnologia ADSL per permetre l'accés a la informació des d'una ubicació externa. Al següent diagrama es pot veure l'arquitectura del sistema;

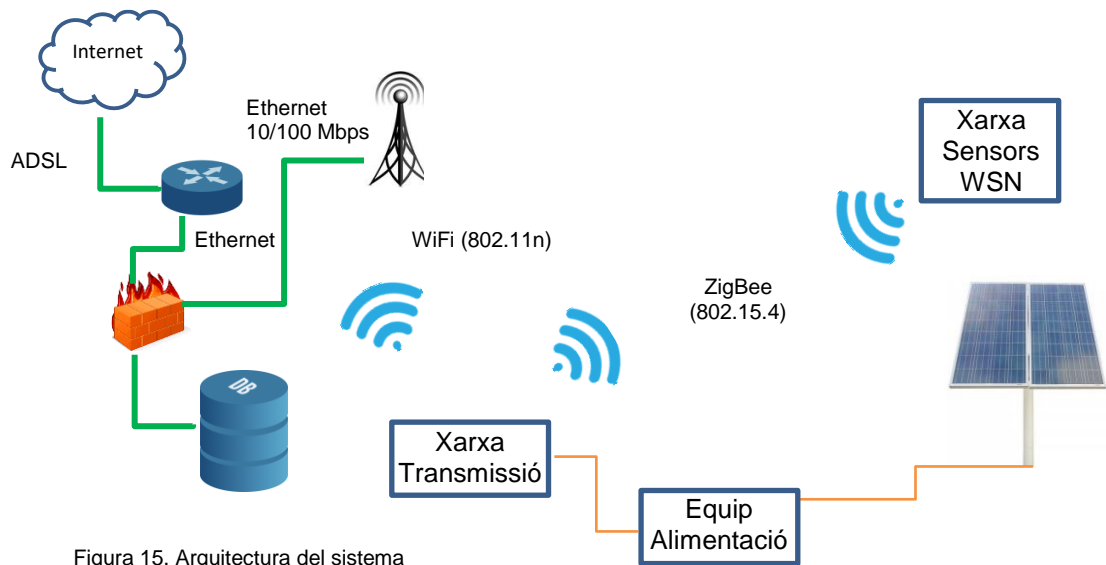


Figura 15. Arquitectura del sistema

3.2.2 Entorn de treball

Tal i com s'ha indicat abans, el sistema de transmissió es trobarà ubicat a la zona de la cava Gran a la Serra Mariola. Aquesta localització es troba a 1200 metres d'altitud (m s.n.m). A la següent imatge, obtinguda amb l'aplicació web *Xirio*, es mostra l'orografia del terreny.

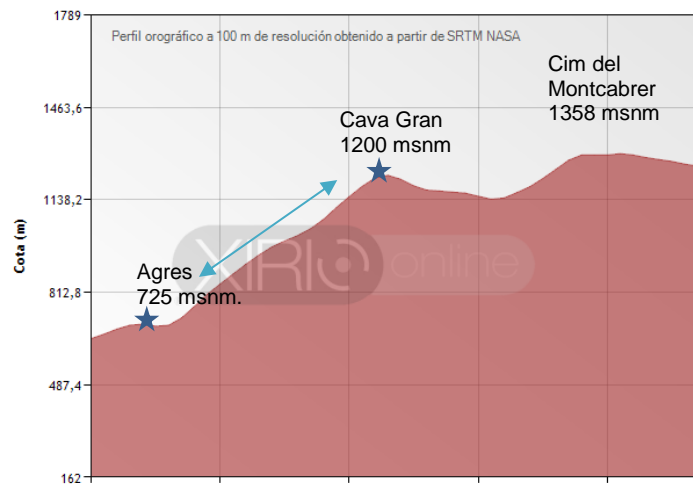


Figura 16. Perfil orogràfic de la zona de treball

Com es pot observar, no existeix ningun accident orogràfic entre l'estació de transmissió; ubicada a la Cava Gran, i l'estació base; ubicada a la localitat d'Agres, que pugui provocar una disminució crítica del senyal transmès. Es disposa, per tant, de visió directa entre ambdues estacions de transmissió. A les següents imatges es mostra la distància que hi ha en línia recta entre els diferents punts d'interès:

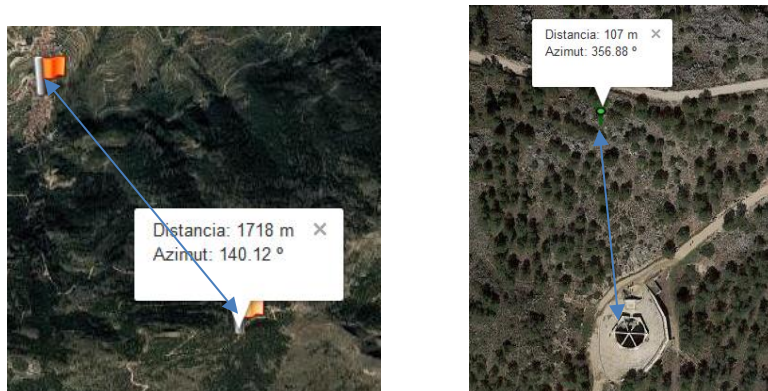


Figura 17. Distància en línia recta entre Agres-Cava Gran (esq.) i Cava ubicació antena (dta.)

A partir d'aquests resultats es realitza una primera aproximació a la viabilitat del projecte. En un principi, es determina que la distància entre emissor i transmissor és adequada per al sistema de transmissió sobre tecnologia *WiFi*. Amb la implementació de sistemes d'alt guany, la distància amb que es treballa no esdevé cap problema i, per tant, es podrà fer servir el protocol de transmissió 802.11.

Per la seva orografia, el municipi d'Agres presenta un fort desnivell entre la zona alta (767 msnm) i la part més baixa de la població (673 msnm) en poc més de 650 metres de longitud. El punt elegit per tal d'instal·lar l'estació base de recepció es troba a l'Ajuntament de la població. Aquest edifici, de caràcter públic, disposa de visió directa amb l'estació de la Cava Gran. A les següents imatges es poden observar l'edifici i l'entorn:



Figura 18. Ajuntament d'Agres i entorn instal·lació estació recepció

Al fons de la imatge de la dreta es pot apreciar el punt d'instal·lació de l'estació de transmissió de la Cava Gran. Aquest punt es troba marcat amb una fletxa roja. A la següent imatge s'indiquen les coordenades de localització de l'ajuntament així com l'altura sobre el nivell del mar a la qual es troba l'edifici.



Figura 19. Coordenades Ajuntament Agres

3.2.3 Dispositius del sistema

Seguidament es mostraran les arquitectures necessàries per a les dues estacions d'emissió i recepció sobre *WiFi*. D'aquesta manera, tenim per una banda l'estació de transmissió situada a la Cava Gran i, per altra, els dispositius ZigBee per al monitoratge de la zona. La xarxa WiFi sobre protocol 802.11n estarà formada pels següents elements:

1. Antena transmissora.
2. Antena receptora.
3. Adaptador *Power over Ethernet* (PoE).
4. Router de comunicació.
5. Cablejat Ethernet, cat. 5 UTP, 10 BASE-T.
6. Càmera web.
7. Pal per a fixació antena i càmera.

Per la seva banda la xarxa WSN estarà formada per els següents elements:

1. 2 Sensors (Temperatura, humitat, luminància).
2. Adaptador ZigBee a Ethernet (*Gateway*).

A la imatge següent es mostra un esquema del disseny de la xarxa de transmissió amb les assignacions corresponents de direccions IP :

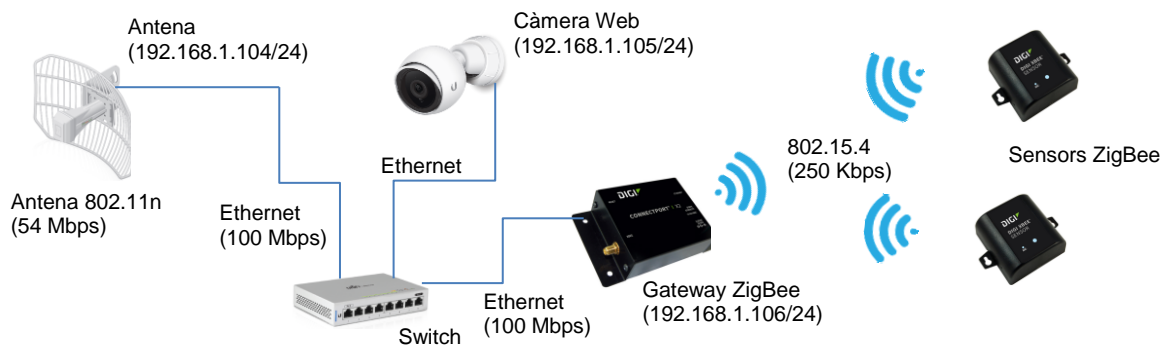


Figura 20. Arquitectura xarxa transmissió

També es mostra la xarxa de recepció:

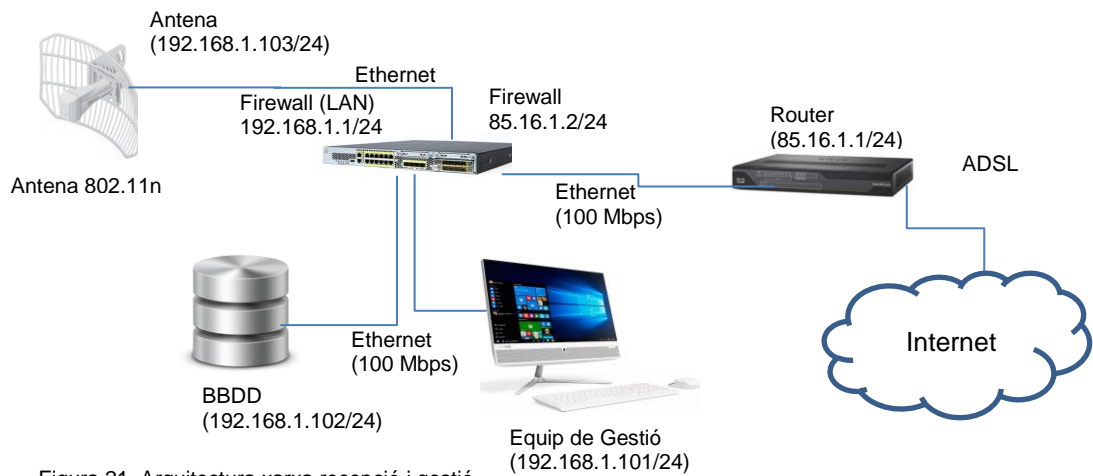


Figura 21. Arquitectura xarxa recepció i gestió

3.3 Dispositius de transmissió 802.11n

Per a la xarxa 802.11n de transmissió/recepció s'han elegit dispositius de la marca Ubiquiti, atès que proporcionen una alta qualitat en entorns de treball en exterior, així com tot el software necessari per al control, tant de la instal·lació i posada en funcionament dels equips, com del monitoratge de la potència i qualitat dels senyals transmesos. L'elecció dels dispositius ha estat condicionada pel consum de potència, ja que la instal·lació està projectada per a un subministrament d'energia a partir de plaques fotovoltaïques. D'aquesta manera, s'han elegit aquells dispositius que per les seves característiques presenten la millor relació entre prestacions i consum d'energia baix.

A la següent taula es poden veure els dispositius utilitzats així com algunes de les seves característiques més importants.

Referència	Descripció	Potència transmissió	Consum	Tecnologia	Quantitat
AG-HP-2G16	Antena de tipus graella amb freqüència d'operació entre 2412-2462 MHz	28 dBm	3 W	802.11n	2
PoE-25	Adaptador per a alimentació de dispositius sobre Ethernet	No aplica	5 W	Ethernet	3
US-8	Switch per a connexió dispositius.	No aplica	12 W	Ethernet	1
UVC-NVR-2TB	Dispositiu amb software de configuració i gestió de càmeres amb servei d'enregistrament de vídeo.	No aplica	65 W.	Ethernet	1
UVC-G3-AF	Càmera d'alta resolució.	No aplica	4 W	Ethernet	1
Cisco 861	Encaminador per a gestió de xarxa	No aplica	60 W.	Ethernet	1
Cisco ASA 5506-X	Tallaforç marca Cisco per a implementar mecanismes de seguretat en la xarxa.	No aplica.	30 W	Ethernet	1

Taula 9. Dispositius xarxa transmissió + gestió.

Tal i com s'observa a la taula anterior, a més dels dispositius necessaris per a la transmissió de les dades han estat inclosos tots aquells elements clau per poder gestionar i protegir la xarxa de dades.

L'empresa Ubiquiti proporciona diversos programaris per a la gestió de les instal·lacions amb els seus equips:

- AirLink: Simulador d'enllaços
- UNMS: programari per a gestió de l'estat del sistema
- UNMS Mobile app: aplicació per a dispositius mòbils orientada a la instal·lació d'antenes.
- AirControl: programari per configurar els dispositius. Orientat a grans xarxes.
- UniFi vídeo: Programari de gestió de la càmera de vigilància.

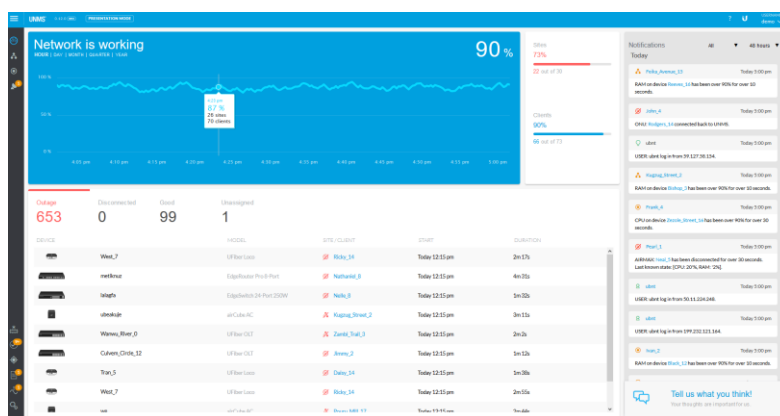


Figura 22. Programari UNMS d'Ubiquiti

3.4 Xarxa de sensors (WSN)

3.4.1 Tipus de sensors emprats

La xarxa de sensors es troba formada per dos dispositius XBee de l'empresa Digi. Un d'aquests dispositius es trobarà instal·lat al mateix pal on estarà ubicada l'antena de transmissió, mentre que l'altre es trobarà a la Cava Gran. Aquests dispositius implementen tres sensors:

- Sensor de temperatura
- Sensor d'humitat
- Sensor d'intensitat lumínica

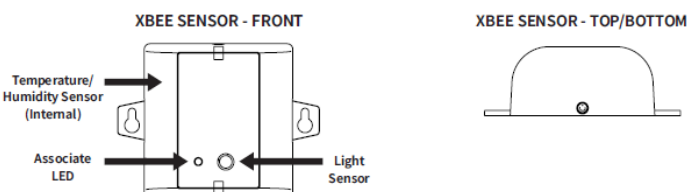


Figura 23. Sensors integrats en dispositiu XBee

Aquests tipus de dispositius són de fàcil instal·lació i per les seves dimensions reduïdes es poden camuflar a l'entorn per tal de passar desapercebuts.

3.4.2 Característiques principals

Tal i com es desprèn de la fitxa tècnica del dispositiu proporcionada pel fabricant, a continuació s'indiquen les característiques principals del dispositiu:

- Banda de freqüència de treball: 2.4 GHz.
- Taxa de dades: 250 kbps.
- Distància de l'enllaç (amb visió directa): 120 metres.
- Potència recepció: -95 dBm.
- Topologia de xarxa: Malla, Punt a punt, punt a multipunt.
- Cicle de bateria: 2.5 anys amb una lectura per minut.
- Sensor temperatura: marge entre -18° C i 55 °C.
- Sensor d'humitat: de 0 a 100% RH (*Relative Humidity*).
- Sensor lumínic: ample de banda espectral entre 360 i 970 nm. (rang visible).

3.4.3 Sistema de comunicació

Les característiques del dispositiu indiquen que treballa a la banda de 2.4 GHz i té una taxa de transmissió de bits de 250 Kbps. També s'indica que la distància màxima és de 120 metres si es disposa de visió directa, la nostra instal·lació es situa a 107 metres del centre de la Cava Gran amb que ens trobem dins del marge de treball.

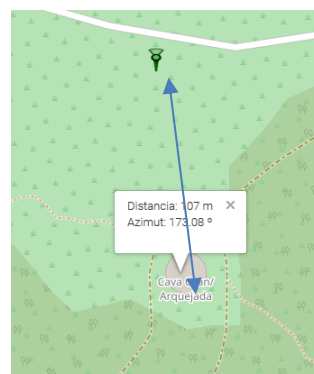


Figura 24. Distància entre dispositius ZigBee

La connexió dels dispositius es realitzarà per mitjà d'una passarel·la (*gateway*) amb topologia de malla. Aquesta arquitectura permetrà la instal·lació de més dispositius en un futur per dotar la xarxa de més serveis o més informació, amb que mantenim la condició d'escalabilitat del sistema.

Seguidament s'enumeren els dispositius de la instal·lació:

- Sensor ZigBee XS-Z16-CB2R: 2 dispositius
- Gateway Connectorport X2: 1 dispositiu

L'empresa *Digi International* proporciona un programari per poder configurar i mantenir els seus dispositius. Aquest a plataforma s'anomena XCTU [22] i es compatible amb els sistemes operatius: Windows, MacOS i Linux. Aquesta aplicació funciona dins un entorn gràfic i, a més, permet la comunicació amb els dispositius ZigBee per mitjà d'una consola basada en llenguatge de programació Phython.

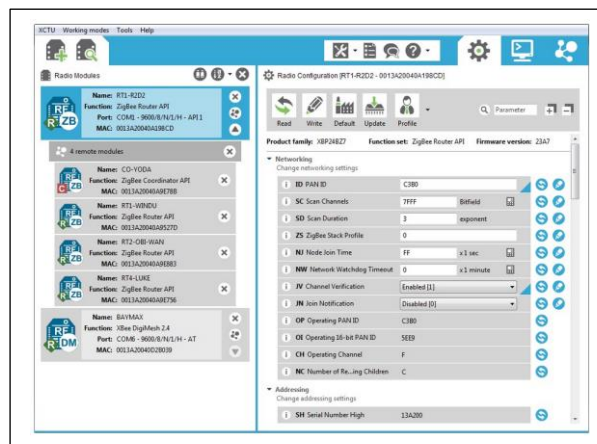


Figura 25. Programari XCTU Digi International.

3.5 Motivació selecció dispositius

L'existència dels programaris de configuració, tant per part dels dispositius d'*Ubiquiti* com de l'empresa *Digi International*, han estat un punt clau en l'elecció dels elements de la instal·lació, atès que permeten un control total sobre els dispositius i una implementació ràpida dins del disseny del sistema, ja que no es requereix de desenvolupament de programari adicional.

Respecte el sistema de transmissió que opera sobre *WiFi* s'implementa amb el protocol 802.11n, atès que proporciona les característiques d'ample de banda i seguretat en la informació necessàries per oferir un sistema fiable i robust front interferències. Aquesta tecnologia treballa en la banda de 2.4 GHz la qual presenta una menor atenuació en l'aire que la banda de 5 GHz, a més, també té una major compatibilitat amb la resta de dispositius *WiFi*, atès que el seu ús està molt més estès.

Els dispositius ZigBee han estat elegits, front d'altres, pel fet que ofereixen un consum d'energia molt baix i la seva fabricació es troba orientada a entorns d'exterior. També ha estat elegida la banda de 2.4 GHz com a freqüència de treball degut a les característiques físiques d'aquest marge de freqüències. Com es veurà a l'apartat 3.7 d'aquest document, amb una selecció correcta del canal de comunicació s'eviten les interferències entre les dues tecnologies de transmissió emprades.

3.6 Equip autònom de subministrament elèctric

3.6.1 Característiques principals

El sistema d'alimentació autònom es troba basat en els preceptes següents:

- El subministrament elèctric és proporcionat per un sistema d'energia fotovoltaica a partir de plaques de silici.
- La potència màxima estarà condicionada pel consum de l'estació de transmissió i, per tant, es trobarà dimensionada de manera adequada.
- Complirà estrictament amb els requisits mediambientals del parc natural.

3.6.2 Càlcul de potència

La zona de treball disposa d'una radiació mitjana de 2000 kWh/m^2 , tal i com es mostra a l'aplicació web de PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*):



Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	3.27	102	4.04	125
Feb	3.89	109	4.83	135
Mar	4.53	140	5.82	181
Apr	4.39	132	5.81	174
May	4.68	145	6.28	195
Jun	4.90	147	6.71	201
Jul	5.03	156	7.02	218
Aug	4.74	147	6.60	204
Sep	4.23	127	5.72	172
Oct	3.94	122	5.18	161
Nov	3.27	98.0	4.11	123
Dec	2.98	92.4	3.68	114
Yearly average	4.15	126	5.49	167
Total for year		1520		2000

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)
 H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)
 H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

Figura 26. Estimació radiació anual per a instal·lació d'1kW

A la següent taula es mostra l'estimació de radiació mensual a la zona:

Month	H_h	H_{opt}	$H(35)$	I_{opt}	T_{24h}	N_{DD}
Jan	2390	4040	4040	62	1.7	313
Feb	3260	4830	4830	55	1.0	259
Mar	4690	5820	5820	42	4.9	188
Apr	5430	5810	5810	26	9.8	119
May	6550	6280	6280	12	13.3	26
Jun	7380	6710	6710	6	18.4	11
Jul	7520	7020	7020	9	21.7	7
Aug	6410	6600	6600	21	21.4	11
Sep	4860	5720	5720	36	15.8	38
Oct	3750	5180	5180	50	11.4	107
Nov	2550	4110	4110	60	4.9	270
Dec	2090	3680	3680	64	2.1	308
Year	4750	5490	5490	35	10.5	1657

Location: 38°46'7" North, 0°30'12" West, Elevation: 1213 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 35 degrees
 Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.3 %

H_h : Irradiation on horizontal plane ($\text{Wh/m}^2/\text{day}$)

H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane ($\text{Wh/m}^2/\text{day}$)

$H(35)$: Irradiation on plane at angle: 35deg. ($\text{Wh/m}^2/\text{day}$)

I_{opt} : Optimal inclination (deg.)

T_{24h} : 24 hour average of temperature ($^{\circ}\text{C}$)

N_{DD} : Number of heating degree-days (-)

Taula 10. Estimació radiació mensual en $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}/\text{dia}$

Per als càlculs s'ha fet servir la base de dades de radiació: *Climate-SAF PVGIS*. Tal i com es mostra a la imatge, Desembre és el mes amb menys radiació de tot l'any. D'aquesta manera es fa servir aquest mes per calcular la instal·lació fotovoltaica i assegurar el subministrament durant tot l'any.

La instal·lació de transmissió tindrà un consum de potència de:

Switch:	4 W x 24 hores = 96 W/dia
PoE :	2 x 5 W x 24 hores = 240 W/dia
GatewayZigBee:	3.4 W x 24 hores = 81.6 W/dia
Càmera:	4 W x 1 hores = 4 W/dia
Antena:	3 W x 1 hora = 3 W/dia

Consum total: 424.6 W/dia

*Per al càlcul de potència s'ha considerat que tant l'antena com la càmera no es troben en funcionament continu. La càmera realitzarà una captura d'un minut en intervals de 15 minuts, durant les hores de sol. Per la seva part, l'antena transmetrà les dades recollides durant aquests intervals i la resta dels temps romandrà en mode d'espera.

Considerant un rendiment de la instal·lació del 75% es requereix una energia total de:

Energia total: $422.6/0.75 = 563.47$ W/dia

Per al càlcul dels panells es fa servir un factor de radiació de 3.68 kWh/m^2 , un rendiment de treball del 80% i una potència de pic de 270 W per al panell solar.

*Nombre mòduls = energia necessària / (radiació solar * rendiment * pot.pic)*

$$\text{Nombre mòduls} = \frac{563.47}{3.68 * 0.8 * 270} = 0.7$$

D'aquesta manera, per aquesta localització i requeriments de potència bastarà amb un panell solar per cobrir les necessitats de funcionament de la instal·lació.

Respecte la capacitat d'acumulació requerida, es considera que els sistema ha de poder proporcionar energia durant 3 dies. Per al càlcul es consideren bateries amb una descàrrega de fins el 75% (0.75). Així s'obté una capacitat de:

$$\text{Capacitat} = \frac{563.47 \cdot 3}{24 \cdot 0.75} = 93.91 \approx 94 \text{ Ah}$$

En conclusió, es faran servir dues bateries de 70 Ah connectades en paral·lel amb que s'obté una capacitat total de 140 Ah.

3.6.3 Elements del sistema

- Panell solar de l'empresa *Suntech* STP270S-20/ Wfb. Mòdul de silici monocristal·lí de 270 watts.
- Multiplus Ecosolar 1Kva 800W 12v (inversor + carregador + regulador).
- Acumulador monobloc de cicle profund TAB 70 Ah
- Estructura metàl·lica per a instal·lació en pal.

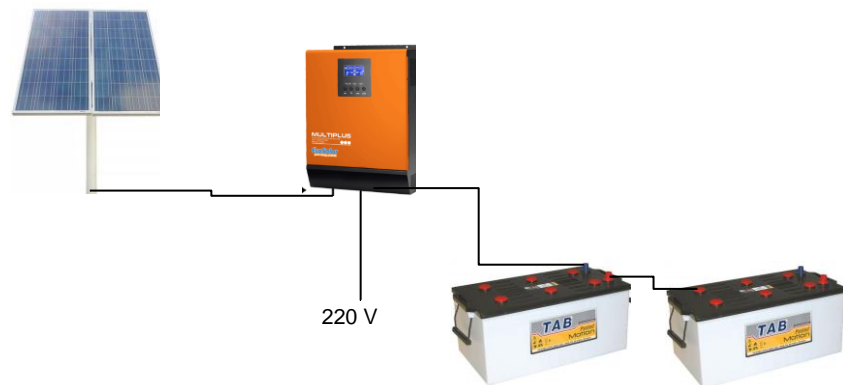


Figura 27. Arquitectura sistema alimentació

El muntatge, tant de l'inversor com dels acumuladors, es realitzarà dins d'una caseta d'obra, semisoterrada, amb les següents dimensions:

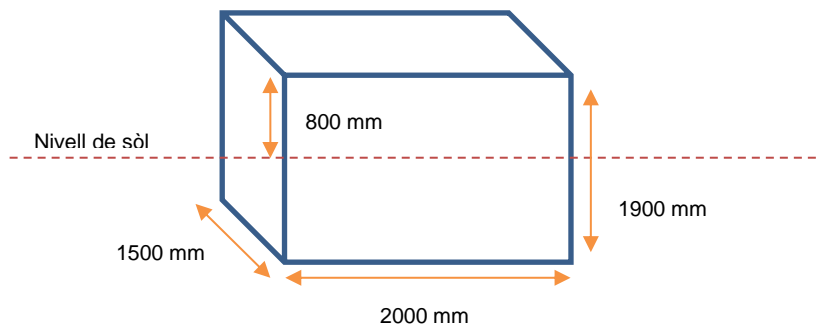


Figura 28. Dimensions caseta instal·lació fotovoltaica

3.7 Coexistència entre WiFi i ZigBee

La banda de freqüència de treball seleccionada per ambdues tecnologies és la de 2.4 GHz. Aquesta situació pot provocar problemes de comunicació degut a interferències entre les dues tecnologies. A la següent imatge, extreta de l'estudi realitzat per la Universitat d'Oklahoma sobre la coexistència de les dues tecnologies [23][24], es mostra el solapament de canals:

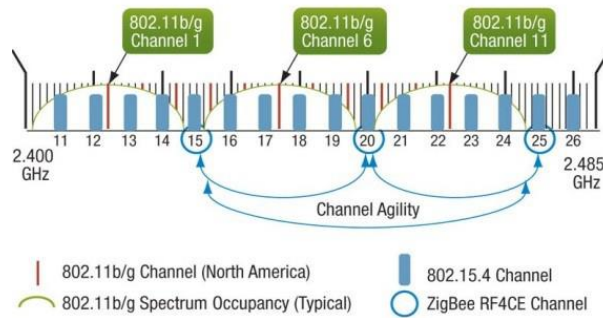


Figura 29. Solapament de canals entre WiFi i ZigBee

Per tal d'evitar interferències cal seleccionar canals que no es superposen. D'aquesta manera, els canals 15 i 20 de l'estàndard 802.15.4 no es solapen amb l'estàndard 802.11.

Per al disseny d'aquest sistema s'ha seleccionat el canal 11 per al protocol 802.11 a partir de l'anàlisi de congestió realitzat al punt 3.8.2 del present document. Per aquest motiu, s'ha fixat el canal 15 com a canal de comunicació per al protocol 802.15.4.

3.8 Estudi de cobertura i viabilitat

3.8.1 Mètriques i desenvolupament

En aquest apartat es volen exposar els dos punts claus que garanteixin el bon funcionament del sistema. Per una banda, es realitzen els treballs necessaris per determinar el rang de freqüències de treball adequat per a la instal·lació i, per altra, es realitza una simulació per determinar quins són els marges de potència de transmissió i recepció necessaris, així com l'ample de banda proporcionat.

El sistema de transmissió WiFi ha de complir els següents requisits:

- Treball en banda de freqüència: 2.4 GHz
- Velocitat de transmissió: 54 Mbps
- Potència de recepció: -65 dBm
- Ample de banda de canal: 20 MHz.
- Distància de l'enllaç: 1.7 Km.

La potència de recepció es troba lligada a la relació senyal a soroll (SNR), la qual indica la qualitat del senyal. Per tal d'obtenir una transmissió a una velocitat de 54 Mbps sobre una freqüència de 2.4 GHz es necessari que la potència del senyal rebut no es situï per baix dels -66 dBm, tal i com es mostra a la següent taula elaborada per Andrew Von Nagy (2014) [25]:

HT MCS Index	Modulation	Coding	20MHz				40MHz			
			Data Rate (Mbps)		Min. SNR (dBm)	Receive Sensitivity (RSSI)	Data Rate (Mbps)		Min. SNR (dBm)	Receive Sensitivity (RSSI)
			GI = 800ns	GI = 400ns			GI = 800ns	GI = 400ns		
1 Spatial Stream										
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	2	-82	13.5	15	5	-79
1	QPSK	1/2	13	14.4	5	-79	27	30	8	-76
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	9	-77	40.5	45	12	-74
3	16-QAM	1/2	26	28.9	11	-74	54	60	14	-71
4	16-QAM	3/4	39	43.3	15	-70	81	90	18	-67
5	64-QAM	2/3	52	57.8	18	-66	108	120	21	-63
6	64-QAM	3/4	58.5	65	20	-65	121.5	135	23	-62
7	64-QAM	5/6	65	72.2	25	-64	135	150	28	-61
2 Spatial Streams										
8	BPSK	1/2	13	14.4	2	-82	27	30	5	-79
9	QPSK	1/2	26	28.9	5	-79	54	60	8	-76
10	QPSK	3/4	39	43.3	9	-77	81	90	12	-74
11	16-QAM	1/2	52	57.8	11	-74	108	120	14	-71
12	16-QAM	3/4	78	86.7	15	-70	162	180	18	-67
13	64-QAM	2/3	104	115.6	18	-66	216	240	21	-63
14	64-QAM	3/4	117	130.3	20	-65	243	270	23	-62
15	64-QAM	5/6	130	144.4	25	-64	270	300	28	-61

Taula 11. Índex MCS en 802.11n.

Per la seva banda, la xarxa ZigBee ha de treballar sota els següents requeriments:

- Treball en banda de freqüència: 2.4 GHz
- Velocitat de transmissió: 250 kbps
- Distància enllaç: 107 metres.

3.8.2 Estudi xarxa WiFi

Per comprovar-ne la viabilitat de l'enllaç WiFi es realitzen els següents passos:

1. Comprovació de la congestió de la zona: Quantitat de xarxes i nivell d'usuaris en actiu; Viabilitat ús banda de 2.4 GHz i selecció canal de transmissió.
2. Simulació enllaç: Comprovació ample de banda i potència de recepció adequades (Per a amples de canal de 20 i 40 MHz).
3. Comprovació de la zona de cobertura de la instal·lació.

1. Comprovació de la congestió de la zona

A continuació, es mostren unes imatges on es poden apreciar les xarxes que operen a la zona de l'Ajuntament, així com les potències d'emissió captades. Aquesta prova es realitza amb l'objectiu de comprovar el nivell de congestió a la zona d'instal·lació de l'antena receptora. La prova ha estat realitzada amb l'aplicació Wi-Fi Inspector de l'empresa Xirrus.

SSID	Signal Level	Wi-Fi Mode	Security	Vendor	BSSID	Channel	Frequency	Network Type	Graph
WIFIBYTES_AGRES	-57	802.11n	Open	Ubiquiti Networks	00:27:...	1	2412	Access Point	<input checked="" type="checkbox"/>
TELECENTRE	-89	802.11n	Open	TP-LINK TECHNOLOGIES CO.,LTD.	F8:D1:...	1, 5	2412, 2432	Access Point	<input type="checkbox"/>
Parroquia	-89	802.11n	WPA/PSK	Tenda Technology Co., Ltd.	C8:3E:...	1	2412	Access Point	<input type="checkbox"/>
MOVISTAR_66FA	-90	802.11n	WPA/PSK	Unknown	F8:ED:...	11	2462	Access Point	<input type="checkbox"/>
Antoniowifi	-69	802.11g	WPA2/PSK	XAVI Technologies Corp.	00:01:...	6	2437	Access Point	<input type="checkbox"/>
MOVISTAR_C724	-72	802.11n	WPA2/PSK	Unknown	84:A4:...	6	2437	Access Point	<input type="checkbox"/>
MOVISTAR_CAS0	-82	802.11n	WPA2/PSK	Unknown	98:97:...	11	2462	Access Point	<input type="checkbox"/>
WIFIBYTES-YS	-87	802.11n	WPA2/PSK	Unknown	64:D1:...	5	2432	Access Point	<input type="checkbox"/>
WICOM.nodo.1AG2	-95	802.11n	WPA2/PSK	Unknown	6C:3E:...	140	5700	Access Point	<input type="checkbox"/>

Figura 30. Xarxes 2.4 i 5 GHz a localització estació base

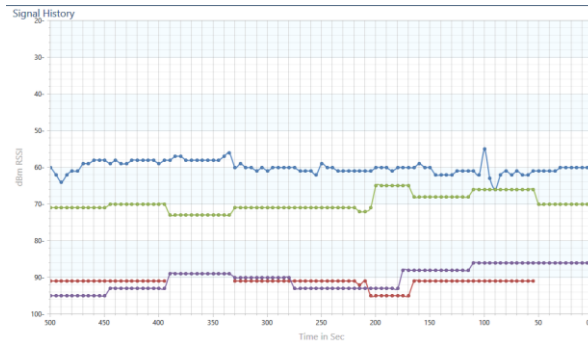


Figura 31. Radar i historial potència transmesa

A partir d'aquestes imatges s'observa que a hi ha 8 AP operant a la zona en diferents canals sobre la banda de freqüència de 2.4 GHz. Únicament hi ha una AP operant en la banda de freqüències de 5 GHz al canal 140. De les xarxes que operen que operen a 2,4 GHz sols dos d'elles presenten un nivell elevat en la potència de transmissió (inferior a -70 dB), però aquest fet no representa cap inconvenient donat el baix nombre de xarxes existents.

D'aquesta manera, les imatges mostren que hi ha un nivell de congestió baix. S'ha de tenir en compte que la banda de 2.4 GHz presenta una millor resposta davant interferències que la banda de 5 GHz. Seguidament es mostren uns gràfics de les xarxes obtinguts amb l'eina *WiFi Analyzer*, de Matt Hafner:

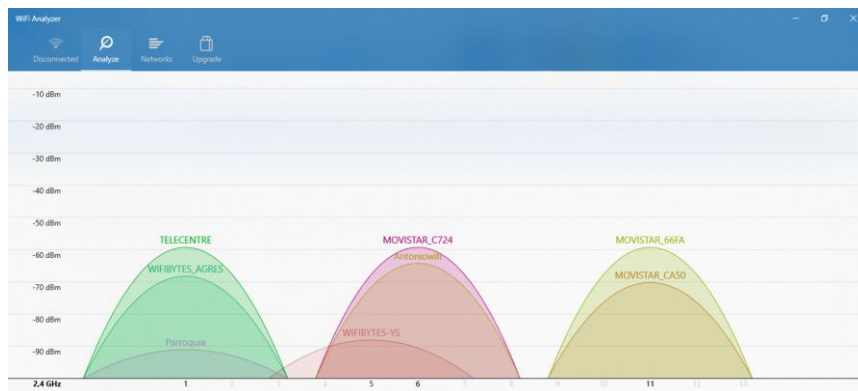


Figura 32. Canals i potència operació xarxes 2.4 GHz

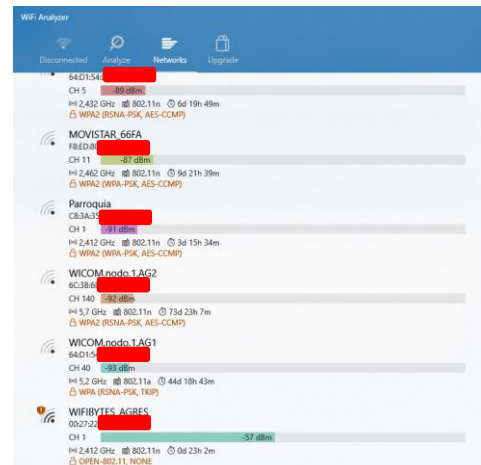
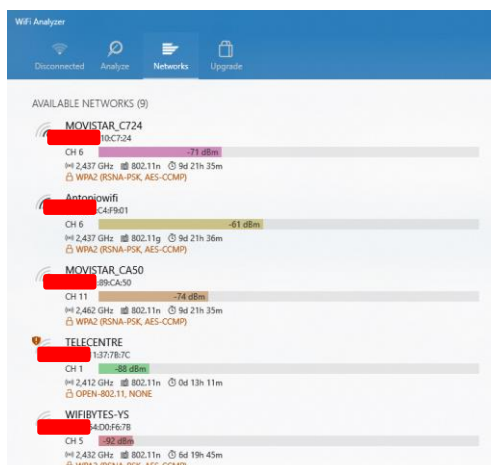


Figura 33. Característiques xarxes 2.4 GHz

Per últim, es mostra una captura de pantalla realitzada amb l'eina *WiFite*, inclosa a la distribució *Kali Linux*, per a auditories de xarxes sense fils:

```

[+] scanning (wlan0mon), updates at 1 sec intervals, CTRL+C when ready.

NUM  ESSID          BSSID          CH  ENCR  POWER  WPS?  CLIENT
-----
1    WiFi Hotspot 9350  C4:49:         6  WPA2  49db  no
2    Antoniowifi    00:01:         6  WPA2  37db  no
3    MOVISTAR_CA50  98:97:         11 WPA2  28db  wps
4    MOVISTAR_C724  84:AA:         6  WPA2  22db  wps  client
5    WIFIBYTES-YS   64:D1:         5  WPA2  19db  no  client
6    Parroquia      C8:3A:         1  WPA   16db  no
7    MOVISTAR_66FA  F8:ED:         11 WPA   15db  wps  clients
8    ELNIUET        64:D1:         1  WPA2  14db  wps

[0:00:42] scanning wireless networks. 8 targets and 9 clients found
  
```

Figura 34. Nivell ús xarxes 2.4 GHz

A la vista d'aquesta última imatge es pot comprovar que el nivell d'ús de les xarxes no es elevat i únicament uns pocs clients es troben connectats a elles. Aquestes proves ens indiquen que la petició d'ocupació d'un canal no serà molt elevada i, per tant, no es produiran conflictes en l'adjudicació de canals.

Tal i com s'observa, al canal 11 únicament operen dues xarxes amb un nivell de potència per damunt de -70 dBm. Per tant, aquest és un bon canal de transmissió per evitar al màxim els solapaments amb d'altres xarxes.

A partir d'aquestes comprovacions certifiquem que la freqüència de 2.4 GHz és òptima per al seu ús. També es determina que l'ús del canal 11 és adequat per al sistema.

3. Simulació de l'enllaç

A continuació, s'ha realitzat una simulació amb la ubicació real de les antenes per tal de comprovar que l'ample de banda i la potència de recepció son adequades per al bon funcionament dels sistema. Per al càlcul de l'enllaç s'ha fet servir l'aplicació *airLink* de l'empresa Ubiquiti.



Figura 35. Localització antenes emissora i receptora

A partir de la simulació, el programari ens mostra a les següents imatges les característiques que han de tenir les antenes:

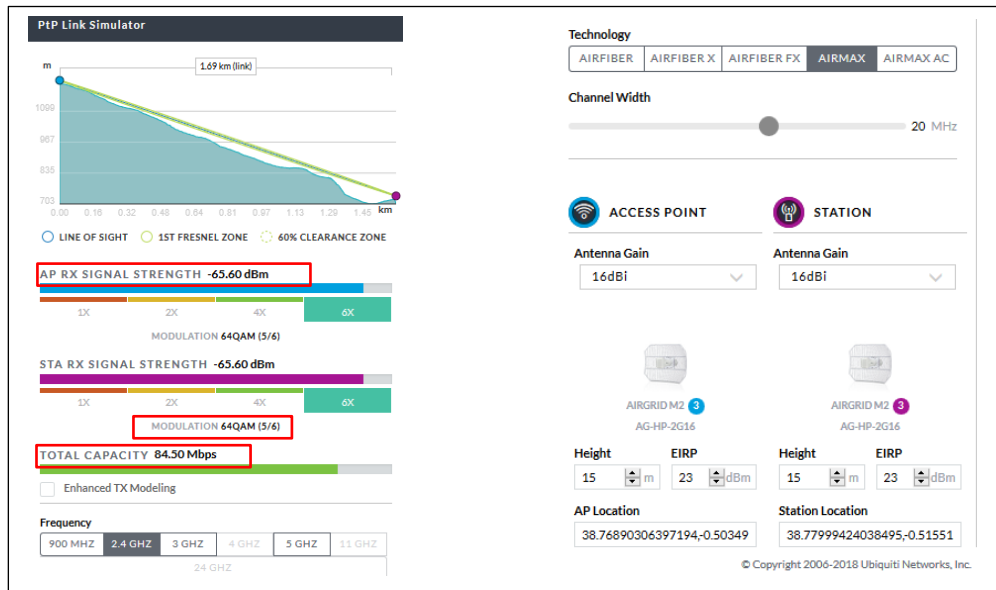


Figura 36. Simulació enllaç amb AirLink, canals 20 MHz

Tal i com indica la simulació, la transmissió és viable per a la localització de les antenes i l'altura d'aquestes. El càlcul s'ha realitzat per a una altura d'instal·lació de les antenes de 15 metres. L'antena transmissora situada a la Cava Gran s'instal·larà en un pal per aconseguir aquesta altura, mentre que l'antena receptora instal·lada a l'Ajuntament es situarà al terrat de l'edifici, amb que s'aconsegueix l'altura desitjada.

Sobre el gràfic es comprova que l'enllaç disposa de visió directa amb que s'aconsegueix una capacitat de 84.5 Mbps per a una freqüència de 2.4 GHz i un ample de banda dels canals de 20 MHz. S'han fet servir antenes de 16 dBi amb un guany de 7 dB amb que s'aconsegueix un guany total (EIRP) de 23 dBm. Per tant, comprovem que l'amplada de banda que es pot aconseguir amb aquesta configuració es troba per sobre dels 54 Mbps fixats com objectiu per a la velocitat de transmissió del sistema.

De manera addicional, es realitza una simulació amb aquesta mateixa configuració, però sobre canals de 40 MHz, amb que s'obté el següent resultat per a l'enllaç:

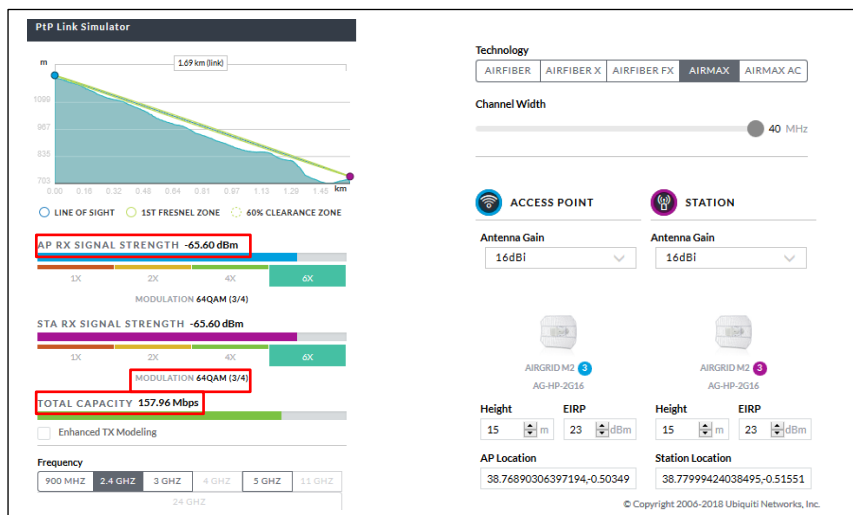


Figura 37. Simulació enllaç amb AirLink, canals 40 MHz

Per a un ample de canals de 40 MHz s'obté un ample de banda de 157.96 Mbps. Aquest valor és gairebé el doble de l'obtingut per a 20 MHz i, com es pot comprovar, es manté la potència de recepció del senyal. Aquesta comprovació s'ha realitzat, atès que el sistema està dissenyat per proporcionar escalabilitat amb què es puguin realitzar, en un futur, ampliacions dels serveis oferts amb el mínim cost possible.

A la següent imatge, obtinguda amb l'aplicació Xirio, es pot veure una simulació de la cobertura per a una potència de l'antena de 16 dBi i un guany de 7 dB:

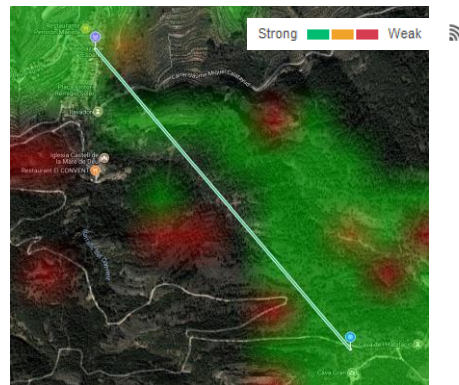


Figura 38. Senyal de cobertura a la zona de transmissió

Tal i com es pot observar a partir de la llegenda de colors, el senyal obtingut presenta un bon nivell de cobertura entre les dues estacions, amb que no presentarà fluctuacions que puguin provocar talls en la transmissió de les dades.

A partir de totes les proves i simulacions realitzades es comprova que el sistema és viable i funcionarà de manera òptima amb les especificacions indicades.

3.8.3 Estudi xarxa ZigBee

Per tal de tenir una bona comunicació entre els nodes ZigBee s'han de considerar els següents paràmetres:

- Potència de sortida del dispositiu
- Sensibilitat de recepció
- Freqüència de treball
- Medi de propagació del senyal.

D'aquesta manera, per al càlcul de l'enllaç amb ZigBee fem servir l'equació per a espai lliure:

$$P_{rx} = \frac{P_{tx}(\lambda/4\pi)^2}{D^\alpha}$$

P_{rx} : Potència de recepció (Sensibilitat)

P_{tx} : Potència de transmissió

λ : longitud d'ona del senyal

D: Distància de l'enllaç

α : Coeficient d'atenuació

Així per a una freqüència de 2.4 GHz tenim una longitud d'ona de:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2.4 \cdot 10^9 \text{ Hz}} = 0.125 \text{ m}$$

A partir d'aquest resultat obtenim la distància a la que pot arribar l'enllaç. Per a una $\alpha = 2$ (visió directa sense obstacles):

$$D = \sqrt{\frac{P_{tx}(\lambda/4\pi)^2}{P_{rx}}}$$

Per al dispositiu seleccionat el fabricant ens proporciona les següents característiques:

$$P_{tx} = 0.9691 \text{ dBm} = 1.25 \text{ mW}$$

$$P_{rx} = -95 \text{ dBm} = 0.316 \text{ pW}$$

Així, la distància de l'enllaç per aquestes potències de transmissió i recepció equival a:

$$D = \sqrt{\frac{1.25 \cdot 10^{-3} (0.125/4\pi)^2}{0.316 \cdot 10^{-12}}} = 625 \text{ metres}$$

Si considerem que el sistema pot tenir algun tipus d'atenuació i seleccionem un coeficient $\alpha = 3$, la distància total de l'enllaç és:

$$D = \sqrt[3]{\frac{1.25 \cdot 10^{-3} (0.125/4\pi)^2}{0.316 \cdot 10^{-12}}} = 73.15 \text{ metres}$$

Com es pot observar, la disminució de la distància és considerable, però, cal tenir en compte que el transmissor i el receptor del sistema compten amb visió directa sense obstacles. Així, podem veure de manera analítica que el sistema és viable per a la distància de 107 metres.

D'altra manera, per comprovar-ne la viabilitat del sistema s'ha realitzat una simulació de l'enllaç amb el programari *RadioMobile*. A la següent imatge es poden veure les ubicacions del sensor, ubicat a la Cava Gran, i del transmissor ZigBee, ubicat al pal de l'antena.



Figura 39. Distància entre transmissor i receptor ZigBee

A la següent imatge es poden veure els dos punts utilitzats per a la simulació amb RadioMobile:

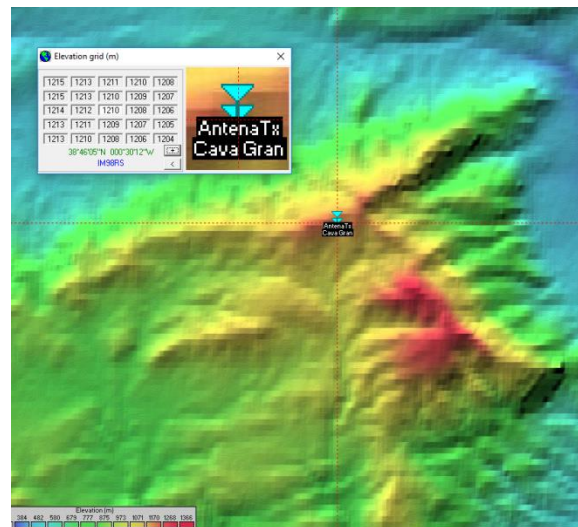


Figura 40. Imatge dels punts de l'enllaç amb Radiomobile

Per a la simulació, s'han fet servir les potències de transmissió i recepció del dispositiu ZigBee de la marca Digi que es farà servir, amb que el resultat obtingut és el següent:

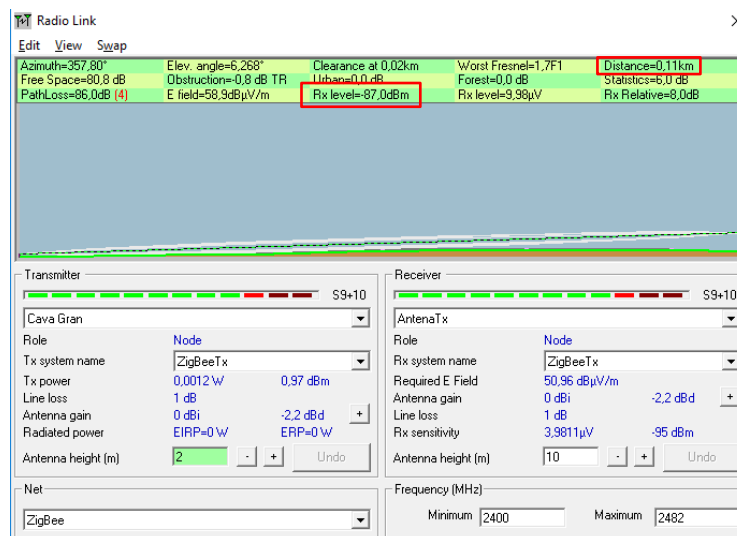


Figura 41. Resultats simulació enllaç ZigBee amb Radiomobile

En la simulació s'ha introduït una atenuació d'1dB per compensar les pèrdues introduïdes pel sistema (connectors, cablejat...) i s'ha contemplat una altura de 2 metres per a la instal·lació del sensor, mentre que el receptor es troba a una altura de 10 metres. Tal i com es mostra a la imatge, per a una distància de 110 metres el nivell de potència rebut es de -87 dBm, el qual es troba per damunt del valor mínim marcat pel dispositiu: -95dBm. Únicament s'ha tingut en compte un sensor, atès que l'altre es trobarà ubicat al mateix pal on hi haurà el receptor, amb que la distància no és un problema en aquest cas.

Així que, a partir de la simulació queda pal·les que el sistema de comunicació amb ZigBee és adequat per a la banda de freqüència de 2.4 GHz, un ample de banda de 250 Kbps i amb una distància de l'enllaç de 107 metres.

3.8.4 Conclusions

En conclusió, a partir de les diferents proves i simulacions realitzades, tant sota tecnologia *WiFi* com *ZigBee*, s'ha comprovat la viabilitat del sistema sota les especificacions requerides. Així, obtenim els següents dispositius i les configuracions de transmissió:

Xarxa *WiFi*:

- Estàndard: 802.11n
- Freqüència d'operació: 2462 MHz
- Canal de comunicació: 11
- Ample de banda canal: 20 MHz.
- Velocitat de transmissió: 84.5 Mbps
- Potència de recepció: -65.6 dBm
- Tipus antena: Graella. Airmax M2; AG-AP-2G16, 16 dBi + 7 dB (2 antenes)
- EIRP: 23 dBm.
- Polarització horitzontal.
- Altura instal·lació: 15 metres.
- Tipus d'enllaç: Punt a Punt (P2P) amb visió directa.
- Distància de l'enllaç 1.7 Km

Xarxa *ZigBee*:

- Estàndard: 802.15.4
- Freqüència d'operació: 2425 MHz
- Canal de comunicació: 15
- Ample de banda canal 2 MHz.
- Velocitat de transmissió: 250 Kbps
- Potència de recepció: -87 dBm
- Altura instal·lació: Receptor 10 metres.
Transmissor 5 metres.
- Tipus d'enllaç: Malla (*MESH*) amb visió directa.
- Tipus dispositiu: Digi XBee Sensor (2 dispositius).
- Distància de l'enllaç 107 metres.

3.9 Integració a l'entorn

Un dels objectius fixats per a aquest projecte ha estat aconseguir una instal·lació integrada a l'entorn que ofereixi un impacte baix tant a efectes visuals com funcionals. Per mitjà de la utilització de xarxes sense fils s'ha aconseguit que el sistema requereixi d'una instal·lació mínima. A més, l'ús d'un sistema fotovoltaic per a subministrar energia ha evitat la necessitat de fer arribar una línia de tensió a la zona, la qual provocaria un gran impacte, a més d'un major cost en la instal·lació.

Per últim, queda tractar l'aspecte visual del conjunt del sistema. La integració dins l'entorn del parc natural és una peça clau del projecte. Amb aquest objectiu es vol evitar que la instal·lació causi un impacte negatiu en l'entorn, tal i com es pot observar en la següent imatge d'una instal·lació de telecomunicacions:



Figura 42. Instal·lació de telecomunicacions no integrada a l'entorn.

Per tal d'aconseguir una integració adequada s'han definit dues actuacions sobre la instal·lació; d'una banda, part de la caseta per al subministrament d'energia autònoma estarà ubicada per sota del nivell de sòl amb que s'aconsegueix un menor impacte visual, i d'altra la torre de comunicacions necessària estarà integrada a l'entorn gràcies a un camuflatge en forma d'arbre. A la següent imatge es pot veure un exemple del tipus de camuflatge emprat:



Figura 43. Torre camuflada telecomunicacions. Font: <http://www.calzavara.it/>

4. Pressupost.

En aquest apartat es defineix el pressupost del sistema complet. En ell es realitza una estimació del cost dels equips emprats, així com les despeses d'instal·lació, i posada en funcionament del sistema de transmissió, la xarxa WSN i el sistema d'alimentació fotovoltaic.

Equipament xarxa transmissió + vídeo				
Referència	Descripció	Quantitat	Preu unitari (€)	Preu Total (€)
AG-HP-2G16	Antena 2.4 GHz	2	65	130
US-8	Commutador (Switch)	1	80	80
UVC-G3-AF	Càmera videovigilància Full HD 1080p	1	150	150
POE-25-5W	Adaptador per alimentació sobre Ethernet	2	10	20
UVC-NVR-2TB	Enregistrador de vídeo amb programari de gestió de càmeres integrat	1	350	350
Cisco 861	Encaminador 4 ports Ethernet	1	150	150
ASA 5506-X	Tallafocs Cisco amb <i>Device Manager</i>	1	450	450
Cable Ethernet	Rodet de 25 metres cable Ethernet UTP categoria 5	1	100	100
10NM001YSP	Ordenador de gestió marca Lenovo	1	400	400
Total				1830

Equipament xarxa ZigBee				
Referència	Descripció	Quantitat	Preu unitari (€)	Preu Total (€)
XS-Z16-CB2R	Sensor marca Digi amb freqüència de treball 2.4 GHz. Sensors integrats: Temperatura, Humitat, luminància.	2	120	240
X2-Z11-EM-A	Passarel·la marca Digi amb Ethernet	1	175	175
Total				415

Equipament xarxa fotovoltaica				
Referència	Descripció	Quantitat	Preu unitari (€)	Preu Total (€)
Multiplus Ecosolar 1Kva	Equip de control amb inversor de corrent, carregador i regulador per a bateries	1	450	450
Tab 70 Ah	Acumulador tipus monobloc de cicle profund	2	150	300
STP270S-20	Panell solar monocristal·lí 270 W.	1	150	150
Estructura fixació	Estructura metàl·lica per a instal·lació placa solar	1	250	250
Total				1.150

Instal·lació i muntatge			
Descripció	Quantitat	Preu unitari (€)	Preu Total (€)
Torre telecomunicacions camuflada tipus Pi Mediterrani, 15 metres.	1	2500	2.500
Caseta de formigó armat per a telecomunicacions amb porta de doble xapa d'acer d'1mm.	1	800	800
Treballs instal·lació equipament i verificació funcionament	1	4000	4.000
Elaboració estudi impacte ambiental	1	2000	2000
Total			9.300

Equipament xarxa transmissió + vídeo	1850
Equipament xarxa transmissió + vídeo	415
Equipament xarxa fotovoltaica	1.150
Instal·lació i muntatge	9.300
Total projecte	12.695 €
Preu amb IVA (21%)	15.365 €

L'elecció dels diferents dispositius inclosos en aquest pressupost han estat seleccionats tant a partir de les seves característiques tècniques com del seu cost. Un

aspecte important per al bon funcionament del sistema és el consum d'energia, atès que l'estació base ubicada a la zona de la Cava Gran s'alimenta a partir d'un conjunt fotovoltaic. Així els dispositius s'han elegit en base als requeriments de potència disponibles. D'aquesta manera, es proporciona un sistema viable, tant en termes econòmics com tècnics, atès que es compleixen totes les especificacions indicades dins d'aquest projecte.

5. Normativa Vigent

Les activitat i usos, entre d'altres aspectes, dins el parc natural de la Serra Mariola es troben regulats pels decrets: 76/2001 de 2 d'Abril [26] i 79/2007 de 25 de maig [27]. Tot seguit es mostren tres punts claus, inclosos al decret 76/2001, que fan referència a l'impacte de les infraestructures de telecomunicacions al parc natural i que són d'obligat compliment en la realització d'aquest projecte:

Article 26. Impacte paisatgístic

1. La implantació d'usos o activitats que per les seues característiques puguin generar un impacte paisatgístic important, s'han de realitzar de manera que es minimitzi l'efecte negatiu sobre el paisatge natural o edificat.
2. Amb aquesta finalitat s'ha d'evitar especialment ubicar-los en llocs de gran incidència visual, tals com la proximitat a les vies de comunicació, voltants de monuments o edificis i construccions d'interès historicocultural, fites i elements singulars de caràcter natural, etc. En qualsevol cas, les instal·lacions i edificacions en el medi rural han d'incorporar les mesures d'emascarament i mimetització necessàries per a integrar-les en el paisatge.
3. Les pistes i camins forestals i rurals, àrees tallafocs i instal·lació d'infraestructures de qualsevol tipus que siguin autoritzades, s'han de realitzar atenent la màxima integració en el paisatge i el mínim impacte ambiental.

Article 68. Telecomunicacions

La instal·lació de línies telefòniques i telegràfiques, antenes i repetidors en tot l'àmbit del PORN requereix una estimació d'impacte ambiental i l'informe favorable de l'administració competent en espais naturals protegits.

Article 71. Avaluació d'impacte ambiental

Sense perjudici del que es disposa en els articles anteriors i en la legislació vigent, s'han de sotmetre al procediment d'estimació d'impacte ambiental les activitats enumerades en l'article 162 del Decret 98/1995, de 16 de maig, del Govern Valencià, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 3/1993, de 9 de desembre, Forestal de la Comunitat Valenciana (DOGV núm. 2.520, d'01.06.1995), que afecten l'àmbit del PORN, s'ubiquen o no en terrenys forestals.

Al seu torn, la banda de freqüència de 2.4 GHz a l'estat Espanyol es troba definida al reglament de radiocomunicacions (CNAF 2017) [28] i recollit a la norma UN-85 (pàg. 36):

”La banda de frecuencias 2400-2483,5 MHz, designada en el Reglamento de Radiocomunicaciones para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM), podrá ser utilizada también para los siguientes usos de radiocomunicaciones bajo la consideración de uso común:

a) *Sistemas de transmisión de datos de banda ancha y de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas incluyendo redes de área local.*

Estos dispositivos pueden funcionar con una potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) máxima de 100 mW conforme a la Decisión de Ejecución (UE) 2017/1483 Notas UN CNAF 2017 Página 37 de la Comisión por la que se modifica la Decisión 2006/771/CE, sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance y a la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, anexo 3.

Además, la densidad de potencia (p.i.r.e.) será de 100 mW/100 kHz con modulación por salto de frecuencia y de 10 mW/MHz con otros tipos de modulación. En ambos casos, se deberán utilizar técnicas de acceso y mitigación de interferencias con rendimiento al menos equivalente a las técnicas descritas en las normas armonizadas según la Directiva 2014/53/UE. En cuanto a las características técnicas de estos equipos, la norma técnica de referencia es el estándar ETSI EN 300 328 en su versión actualizada.

b) *Dispositivos genéricos de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance, incluyendo aplicaciones de video.*

La potencia isotrópica radiada equivalente máxima será 10 mW, conforme a la Decisión de Ejecución (UE) 2017/1483 de la Comisión por la que se modifica la Decisión 2006/771/CE, sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance y a la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, Anexo 1, siendo la norma técnica de referencia el estándar ETSI EN 300 440”.

En conclusió, el projecte compleix de manera rigorosa amb els requeriments marcats per les diferents normatives, referenciades en aquest apartat.

6. Conclusions

6.1 Objectius assolits

A partir de les diferents proves realitzades i en base a les especificacions requerides per al bon funcionament del sistema, ha quedat demostrada la seva viabilitat tècnica. Amb que es proporciona un sistema de transmissió punt a punt sobre WiFi, fiable i segur, complint així, amb els requeriments d’una xarxa de comunicacions.

El sistema s’ha dissenyat amb la finalitat que aquest fora escalable. Aquest precepte s’ha tingut en compte tant en la selecció i capacitat de funcionament dels dispositius implementats, així com en les infraestructures utilitzades: la torre i caseta de comunicacions. D’aquesta manera, el sistema permet la ampliació de serveis, així com el creixement de la xarxa amb el menor cost possible. Per exemple, a l’apartat d’anàlisi de cobertura s’han realitzat proves amb canals de 40 MHz que permeten augmentar un 50% l’ample de banda de transmissió disponible, en cas necessari. Per tant, s’ha acomplert amb l’objectiu d’escalabilitat del sistema.

Per altra banda, el sistema es troba orientat a l'adquisició de dades amb dispositius ZigBee amb l'objectiu de proporcionar informació, a partir de la qual es puguin elaborar estadístiques i taules. Amb aquestes metadades es poden, per exemple, realitzar comparacions amb d'altres zones amb què establir patrons evolutius que ajudin a decidir sobre les polítiques necessàries a aplicar per tal d'evitar d'arribar a l'augment límit de 2°C marcat per la Unió Europea.

Per últim, cal destacar que el sistema s'ha definit sota un paradigma de respecte a l'entorn. D'aquesta manera, s'ha realitzat un disseny amb un desenvolupament sostenible basat en alimentació d'energia a partir de fonts renovables. L'ús de tecnologies sense fils permet la seva instal·lació amb una infraestructura mínima amb que la modificació de l'entorn és limitada al mínim imprescindible, tal i com s'indica a la normativa reguladora del parc. A més, la utilització d'una torre de comunicacions que es mimetitza a l'entorn forestal redueix l'impacte visual causat per aquest tipus d'infraestructura. D'igual manera, la selecció dels dispositius electrònics: sensors, antenes, encaminadors... ha estat basada en un consum energètic baix. Per aquest motiu, la instal·lació ha estat dimensionada de manera adequada i permet complir amb els requeriments definits en aquest document.

6.2 Usos futurs

L'ús de topologia en malla de la xarxa ZigBee, així com la possibilitat d'augmentar l'ample de banda de transmissió disponible de la xarxa WiFi ofereixen la possibilitat d'augmentar la quantitat de sensors o incloure'n d'altres tipus per tal de millorar la informació recopilada de la zona.

6.3 Normativa

El sistema ha estat definit sota els requeriments legals marcats per les diferents entitats reguladores, tant en matèria de compliment de les emissions radioelèctriques com en el requeriments necessaris per a una instal·lació de telecomunicacions dins d'un entorn forestal protegit.

7. Glossari

802.11: Conjunt d'especificacions de la capa física i capa d'enllaç del model OSI per a xarxes sense fils. Definit per l'IEEE l'any 1997.

802.11n: Especificació millorada de l'estàndard 802.11. Ofereix velocitats teòriques de transmissió de fins a 600 Mbps.

802.15.4: Conjunt d'especificacions de la capa física i capa d'enllaç del model OSI per a xarxes sense fils orientat a baix consum d'energia. Definit per l'IEEE l'any 2003.

ACK: *Acknowledgment*. Missatge enviat per el destinatari a l'origen de la comunicació per confirmar recepció.

ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line*. Protocol per a transmissió de dades a alta velocitat a través de línies telefòniques de cable de coure.

AEMA: Agència Europea de Medi Ambient.

AES: *Advanced Encryption Standard*. Sistema de xifratge de dades per blocs

AP: *Acces Point*. Dispositiu de xarxa que interconnecta equips de comunicació sense fils.

BSS: *Basic Service Set*. Conjunt d'estacions connectades a un mateix AP.

CCMP: *Counter Mode Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol*. Protocol d'enciptació d'informació dissenyat per a xarxes sense fils.

CSMA/CA: *Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance*. Protocol d'accés a xarxa de baix nivell que permet a diverses estacions utilitzar el mateix medi de transmissió.

CNAF: Quadre nacional d'atribució de freqüències.

CSL: *Coordinated Simple Listening*. Mecanisme per al control d'energia en dispositius de comunicació sense fils.

CTS: Missatge que accepta l'enviament de la informació amb canal de transmissió lliure.

dB: Decibel. Mesura utilitzada per expressar la magnitud de potència respecte d'un nivell de referència.

dB_i: Decibels de guany sobre un radiador isotròpic.

dB_m: Decibels per metre.

DCF: *Distributed Coordination Function*. Tècnica de control d'accés al medi per a l'estàndard 802.11.

DIFS: *DCF Interframe Space*. Temps d'espera per a transmetre un *frame*.

EIRP: *Effective isotropic radiated power.* Mesura de potència transmesa per una antena isotròpica per a produir la màxima potència en la direcció de màxim guany de l'antena.

ESS: *Extended Service Set.* Conjunt de BSS interconnectades.

ETRS89: *European Terrestrial reference System 1989.* Sistema de referència geodèsic per a la placa continental Europea.

Frame: Unitat de dades de transmissió/recepció

GISTEMP: *GISS Surface Temperature Analysis.* És una estimació del canvi de temperatura de la superfície global.

IBSS: *Independent BSS.* Diferents estacions es troben connectades directament (connexió punt a punt).

IEEE: *Institute of Electrical and Electronic Engineers.*

MAC: *Medium Acces Control.* Conjunt de mecanismes i protocols que permeten compartir un medi de transmissió a diversos dispositius.

Mbps: Mega bits per segon.

MCS: *Modulation Coding Schem.* Valor que indica a partir de l'ample de canal i el tipus de modulació l'ample de banda disponible en una xarxa sense fils.

MIMO: *Multiple-input Multiple-output.* Mecanisme de transmissió /recepció utilitzat per augmentar la taxa de transmissió i reduir-ne la taxa d'error.

MPDU: *Media acces control Protocol Data Unit.* Mecanisme per al control de transmissió d'informació entre entitats MAC.

NACK: *Negative Acknowledgment.* Missatge enviat per el destinatari a l'origen de la comunicació per informar d'un error en la tramesa de dades.

NASA: Aeronautics and Space Administration

NIST: *National Institute of Standards and Technology.*

NOAA: *National Oceanic and Atmospheric Administration.*

OFDM: *Orthogonal frequency-division multiplexing.* Mecanisme de transmissió de dades modulades en portadores de freqüències diferents.

PCF: *Point Coordinator Function.* Mode de funcionament on un AP realitza tasques de coordinació.

PIFS: *Point Inter-frame Space.* Temps d'espera d'un AP per captar un canal lliure.

PHY: Physical Layer. Capa física del model OSI.

PVGIS: *Photovoltaic Geographical Information System.* Sistema d'informació sobre radiació solar i temperatura Per a Europa, Àfrica i part d'Àsia elaborat per la UE.

PROMES: Model climàtic regional.

QoS: *Quality of Service*. Mesura quantitativa realitzada a partir de la pèrdua de paquets, taxa de bits, rendiment, retard en la transmissió... rebuda per un usuari.

RIT: *Receiver Initiated Transmission*. Mecanisme per al control d'energia en dispositius de comunicació sense fils.

SIFS: *Short Interframe Space*.

UE: Unió Europea.

UTM: *Universal Transverse Mercator*. Sistema de coordenades basat en la projecció cartogràfica transversa de Mercator.

WEP: *Wired Equivalent Privacy*. Sistema de xifratge de dades per al protocol 802.11.

WiFi: *Wireless Fidelity*. Tecnologia de comunicació sense fils per a dispositiu electrònic basada en protocol 802.11.

WSN: *Wireless Sensor Network*. xarxa sense fils formada per sensors autònoms distribuïts de manera espacial.

ZigBee: Protocol de comunicació sense fils destinat a crear xarxes personals de baixa potència. Es troba basat en l'estàndard 802.15.4.

8. Bibliografia

- [1] “El cambio climático en España y sus implicaciones para la Sostenibilidad”. Alvarez-Uriá P. Landa L. i altres, 2009 [en línia]. Observatori de la Sostenibilitat en espanya, Universitat d’Alcalà. [data de consulta 13/03/2018] <<https://0-upcommons-upc-edu.catalog.uoc.edu/bitstream/handle/2099/8540/alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- [2] “*Economic damage caused by weather and climate-related extreme events*”. European Environment Agency, Novembre 2017 [en línia]. European Environment Agency (EEA):Kongens Nytorv 6,1050 Copenhagen (Dinamarca). [data de consulta: 12/03/2018]. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/natural-disasters-events-2#tab-googlechartid_chart_31_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22columnfilter_Filter%22%3A%5B%22Climatological%20events%22%3B%22Geophysical%20events%22%3B%22Hydrological%20events%22%3B%22Meteorological%20events%22%5D%7D%7D>
- [3] “*Construir el mundo que queremos, con el clima que queremos*” Acción por el clima, Comissió Europea, Novembre 2014 [en línia]. Comissió Europea: Oficina de publicacions. ISBN 978-92-79-41343-8/doi:10.2775/8341. [data de consulta: 15/04/2018]. <https://europa.eu/european-union/file/747/download_es?token=OJ3WBFoD>
- [4] “*Global Climate Report*”. NOAA: National Centers for Environmental Information, April 2018 [en línia]. NOAA, Departament de comerç (USA). [data de consulta: 15/05/2018]. <<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201804>>
- [5][7] “*Modelos climáticos globales regionales: Escenarios de cambio climático en Europa*”. ICAM: Instituto de Ciencia Ambientales de Castilla la Mancha, 2009 [en línia]. UCLM: Universidad de Castilla la Mancha. [data de consulta: 10/04/2018]. <http://www2.aemet.es/web/sup/ciencia/divulga/escen_curso/pdf/Castro.pdf>
- [6] “*Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático*”. Proyecto ECCE, Informe Final. Moreno J.M, Aguiló E. i altres, 2005 [en línia]. Ministeri de Medi Ambient (Espanya). [data de consulta: 18/04/2018] <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/evaluacion_preliminar_impactos_completo_2_tcm30-178491.pdf>
- [8] “*Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data: GISS Surface Temperature Analysis*”. NASA: Aeronautics and Space Administration [en línia]. [data de consulta: 12/04/2018]. <<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>>
- [9] “*Sustainable Innovation Forum 2015*”. COP21 [en línia]. Climate Action, 2015 [data de consulta:12/03/2018]. <<http://www.cop21paris.org/>>
- [10] “*Investigación, Ciencia e Ingeniería al servicio de ciudades más verdes, empresas más eficientes y comunidades más sostenibles*”. DacEnviro: Empresa de consultoria i enginyeria ambiental [en línia]. DacEnviro, Barcelona [data de consulta: 20/03/2018]. <http://www.dacenviro.com/els-nostres-serveis/>

- [11] “*Projecte Videoguard*”. Gradiant [en línia]. Gradiant: Centre tecnològic de telecomunicacions de Galícia. Pontevedra (Espanya). [data de consulta: 12/03/2018]. <<https://www.gradiant.org/proyecto/videoguard/>>
- [12] “*Monitorización Integral del medio rural*”. CSIC: Recupera 2020. [en línia]. CSIC: Consell Superior d’investigació Científica, Ministeri d’economia i Competitivitat, Espanya [data de consulta: 15/03/2018]. <<http://www.recupera2020.csic.es/es/linea/monitorizacion-integral-medio-rural>>
- [13] “*Projecte instal·lació xarxa WIFI municipal a Cadaqués*”. Garabito Ordoñez J. 2012. [en línia]. [data de consulta:18/03/2018]. UOC: Universitat Oberta de Catalunya. <<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/15065/8/jgarabitTFC0612memoria.pdf>>
- [14] “*Red meteorológica basada en Arduino y comunicada mediante protocolo Zigbee 802.15.4*”. Jiménez Morán D. 2012 [en línia]. TFC, Sistemas Empotrados. UOC: Universitat Oberta de Catalunya. [data de consulta 15/03/2018]. <<http://hdl.handle.net/10609/11628>>
- [15] IEEE Std 802.15.4™-2015. IEEE Standard for Low-Rate [en línia]. IEEE, Park Avenue 3 (USA). [data de consulta: 26/03/2018]. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7460875/>>
- [16] Farahani Sahin (2008). “*Appendix B – ZigBee Device Profile Services*” pàg 276. S. Fahani ZigBee Wireless Networks and Transceivers [‘Zigbee transmissors i xarxes sense fils’]. Amsterdam; Boston: Elsevier Inc. [ISBN: 978-0-7506-8393-7].
- [17] IEEE Std 802.11-2012. IEEE Standard for Information Technology, 2012 [en línia]. *Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks. Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*. [data de consulta:31/03/2018]. <<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11-2012.html> >
- [18] AES: *Advanced Encryption Standard*. National Institute of Standards and Technology (Novembre 2001). NIST: 100 Bureau Drive, Gaithersburg (U.S.A). [data de consulta: 28/03/2018]. <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197.pdf>>
- [19] “*Differentiating the 5 GHz and 2.4 GHz frequency bands*”. Linksys [en línia]. Belkin International, Inc. LINKSYS: 121 Theory Drive, Irvine (USA). [data de consulta: 07/04/2018]. <<https://www.linksys.com/us/support-article?articleNum=134478>>
- [20] Satué Villar A. (2012). *Xarxes locals i metropolitanes sense fils: Comunicacions mòbils*, pàg. 22. FUOC, material docent de la UOC. UOC: Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona. [B-350-2012].
- [21] IEEE Std 802.11n-2009. IEEE Standard for Information Technology [en línia]. *Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks. Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*. [data de consulta:31/03/2018]. IEEE: 3 Park Avenue, NY (USA) <<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11n-2009.html>>

[22] XCTU Software. Digi International [Suport en línia]. Copyright 1996-2018 Digi International Inc.[data de consulta: 15/04/2018]. <<https://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352>>

[23] “HMM-driven Smart White-space-aware Frame Control Protocol for Coexistence of ZigBee and WiFi”. Yuan J. Ward T. i altres, 2013. Universitat d'Oklahoma, departament de Ciències de la Computació [en línia]. Universitat d'Oklahoma: Stillwater, OK, USA [data de consulta: 10/04/2018]. <<http://www.csee.usf.edu/~mlabrador/Share/workshops/papers/p348-yuan.pdf>>

[24] “Surviving Wi-Fi Interference in Low Power ZigBee Networks”. Chieh-Jan L. Bodhi N. i altres, Novembre de 2010 [en línia]. Universitat Jhons Hopkins, Baltimore & Microsoft Research. [data de consulta: 16/04/2018]. < <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/sensys10-final172.pdf> >

[25] Andrew Von Nagy , 2014. 802.11 Data Rates & SNR Requirements.xlsx [en línia]. [data de consulta 08/05/2018]. <<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1NVuAMqK7AJSE9u3bxwH8Yj4OX3WdSdQ4FMW7UwUt7yQ/edit?pli=1#gid=1306559903>>

[26] Decret 76/2001, de 2 d'Abril. Pla d'Ordenació dels recursos naturals de la Serra Mariola. Govern Valencià, Conselleria de Medi Ambient [en línia]. [data de consulta: 25/03/2018]. < http://www.dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion_pc.jsp?sig=1456/2001>

[27] Decret 79/2007, de 5 de Maig. Pla rector d'ús i gestió del parc de la Serra Mariola. Govern Valencià, Conselleria de Territori i Habitatge [en línia]. [data de consulta: 25/03/2018]. <http://www.dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion.jsp?sig=7041/2007&L=>

[28] CNAF 2017. Quadre nacional d'atribució de freqüències. Ministeri Espanyol d'Energia, Turisme i Agenda Digital [en línia]. [data de consulta: 10/04/2018]. <<http://www.minetad.gob.es/telecomunicaciones/espectro/CNAF/notas-UN-2017.pdf>>

9. Annexos

A continuació es mostren les especificacions dels dispositius utilitzats en el projecte per a la seva consulta.

Digi Xbee Sensor:

SPECIFICATIONS	Digi XBee® Sensor
PERFORMANCE	
FREQUENCY BAND	ISM 2.4 GHz
RF DATA RATE	250,000 bps
INDOOR/URBAN RANGE	133 ft (40 m)
OUTDOOR RF LINE-OF-SIGHT RANGE	400 ft (120 m)
TRANSMIT POWER	1.25 mW (+1 dBm) normal mode; 2 mW (+3 dBm) boost mode
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)	-96 dBm boost mode; -95 dBm normal mode
FEATURES	
INTERFACES	ZigBee: Integrated Digi XBee ZB module supports ZigBee PRO Feature Set
LEDS	Power: Solid when powered and not associated to network; Associate: Blinks when unit is associated to network
PUSH BUTTON	Device reset; Configuration reset to factory defaults; Identification/Commissioning mode
ANTENNA OPTIONS	Internal
INTEGRATED SENSORS	
TEMPERATURE SENSOR	Range: -18° C to +55° C (-0.4° F to +131° F); Accuracy: +/- 2° C
AMBIENT LIGHT SENSOR	Range of spectral bandwidth: 360 to 970 nm (similar to human eye); Wavelength of peak sensitivity: 570 nm
HUMIDITY SENSOR	Range: 0 to 100% RH; Interchangeability: +/-5%RH(0%RHto59%RH), +/-8%RH(60%RHto100%RH); Accuracy: +/- 3.5% RH
NETWORKING & SECURITY	
NETWORKING TOPOLOGIES	Mesh, Point-to-point, Point-to-multipoint
NUMBER OF CHANNELS	16 (Direct Sequence Spread Spectrum)
FILTRATION OPTIONS	PAN ID, Channel, 64-bit Addresses
GENERAL	
DIMENSIONS (L X W X H)	2.70 in x 2.50 in x 1.30 in (6.85 cm x 6.35 cm x 3.30 cm)
WEIGHT	0.35 lb (0.158 kg) w/batteries, 0.20 lb (0.091 kg) without batteries
OPERATING TEMPERATURE	-18° C to +55° C (-0.4° F to +131° F)
POWER REQUIREMENTS	3 x AA alkaline 1.5V batteries (batteries not included)
BATTERY LIFE	
DUTY CYCLE/BATTERY LIFE ESTIMATE	1 read per 30 sec / 1.5 years 1 read per minute / 2.5 years 1 read per hour (or less frequent) / 6 years Assumptions based on: Cyclic sleep enabled with single transmit per wake cycle; Ambient temperature at 21° C
REGULATORY APPROVALS - PENDING	
EMISSIONS/IMMUNITY	FCC Part 15 Class B, EN55022 Class B, EN55024
ROHS COMPLIANT	Yes



Connector Port X2 (Digi):



SPECIFICATIONS		ConnectPort® X2
GENERAL		
MANAGEMENT	HTTP/HTTPS web interface, Password access control, IP service port control, Optional secure enterprise management via Digi Remote Manager	
PROTOCOLS	UDP/TCP, DHCP, SNMPv1	
TOTAL MEMORY	8 MB Flash, 16 MB RAM	
LEDS	Ethernet status, Power, ZigBee link/activity	
SECURITY	SSL tunnels	
DIMENSIONS (L X W X H) AND WEIGHT	5.50 in x 2.75 in x 1.13 in (13.9 cm x 7.0 cm x 2.9 cm); 0.44 lb (0.20 kg)	
WIRELESS INTERFACES		
DIGI XBEE MODULE OPTIONS	802.15.4, ZigBee, DigiMesh 2.4, 900HP, XSC, 868	
ANTENNA PORT	RPSMA female	
ETHERNET		
PORTS	1 RJ-45 port	
PHYSICAL LAYER	10/100Base-T	
DATA RATE AND MODE	10/100 Mbps (auto-sensing); Full or half duplex (auto-sensing)	
POWER REQUIREMENTS		
POWER INPUT	9-30 VDC	
POWER SUPPLY	12 VDC power supply for 0° C to 60° C (32° F to 140° F) with locking barrel connector included; Extended temperature power supply available separately	
POWER CONSUMPTION	Idle: 1.2 W, Max: 3.4 W	
SURGE PROTECTION (W/INCLUDED POWER SUPPLY)	4 kV burst (EFT) per 4-4, 2 kV surge per EN61000-4	
ENVIRONMENTAL		
OPERATING TEMPERATURE	-30° C to +70° C (-22° F to +158° F)	
RELATIVE HUMIDITY	5% to 95% (non-condensing)	
ETHERNET ISOLATION	1500 VAC min per IEEE802.3/ANSI X3.263	
REGULATORY APPROVALS		
SAFETY	EN60950	
EMISSIONS/IMMUNITY	CE, FCC Part 15 (Class A)	

Antena Airgrid M2 HP d'Ubiquiti:



AG-HP-2G16		AG-HP-2G16 Output Power: 28 dBm							
		TX Power Specifications			RX Power Specifications				
Dimensions	370 x 270 x 270 mm (14.57 x 10.63 10.63")	Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
Weight	1478 g (52.13 oz)	11g	1 - 24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	11g	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port		36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic		48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
Frequency	2412 - 2462 MHz		54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
Gain	16 dBi	11n / airMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	11n / airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
Output Power	28 dBm		MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
Max. Power Consumption	3W		MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter (Included)		MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
Power Method	Passive Power over Ethernet (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)		MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
Max. VSWR	1.5:1		MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)		MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
Wind Loading	34.7 N @ 200 km/h (7.8 lbf @ 125 mph)	MCS7	22 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB		
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	Antenna Polar Plots <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Azimuth</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Elevation</p> </div> </div>							
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4								
Certifications	FCC, IC, CE								
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)								
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing								

Càmera UVC-G3-AF d'Ubiquiti:



Specifications

UVC-G3-AF	
Dimensions	Ø 75 x 140 mm (Ø2.95 x 5.51")
Weight	300 g (10.58 oz)
Enclosure	Injection-Molded Polycarbonate and Die-Cast Aluminum
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Sensor	1/8" 4-Megapixel HDR Sensor
Lens	EFL 3.6 mm, f/1.8
Night Mode	IR LEDs with Mechanical IR Cut Filter
Microphone	Yes
Button	Factory Reset Button
Power Method	802.3af PoE or 24V Passive PoE
Power Supply	802.3af PoE Switch
Maximum Power Consumption	4W
Standalone	9W
With Optional IR Extender	
Mounting	Wall/Ceiling/Pole
Operating Temperature	-20 to 50° C (-4 to 122° F)
Operating Humidity	20 - 90% Noncondensing

Video	
Video Compression	H.264
Resolution	1080p Full HD (1920x1080)
Maximum Frame Rate	30 FPS
Image Settings	Brightness, Contrast, Sharpness, Saturation, Noise Reduction, 50/60 Hz

General	
Viewing Angle	85° (H), 44.8° (V), 98.1° (D)
Before Lens Correction	72° (H), 42.9° (V), 80.4° (D)
After Lens Correction	
Supported UniFi Video Version	UniFi Video 3.8 (or Newer)
UniFi Video System Requirements	64-bit Microsoft Windows 10/8/7, Ubuntu 14.04 or 16.04, or Debian 7.0 System with an Intel or Compatible 1.86 GHz (or Above) Processor and a Minimum of 4 GB RAM

Enregistrador amb software gestió càmeres: UVC-NR 2TB d'Ubiquiti



Specifications

UVC-NVR-2TB	
Dimensions	135 x 190 x 25 mm (5.31 x 7.48 x 0.98")
Weight	483 g (17 oz)
Processor	Intel D2550
Memory	4 GB
Hard Drive Capacity	2 TB
Ports	(1) 10/100/1000 Ethernet
Power Supply	65W, 19V, 3.42A
Certifications	CE, FCC, IC

UniFi Video Software	
Software	Browser-Based Interface, Tablets, and Smartphones Supported
System Setup	Plug-and-Play Installation, Automatic Camera Detection
NVR Camera Support	Recommended for up to 20 UniFi Video Cameras
Supported Devices	Operating Systems: Windows, Apple, and Linux Browsers: Chrome, Internet Explorer 10 (or above), Firefox, and Safari Smartphones: iPhone and Android
Media Format	MP4 (H.264/AAC)
Scheduling	Day/Time/Camera Scheduled Video Recording/Motion Detection/Email Alerts
Views	Multiple Camera Live Grid View, Recorded Video Playback, Full Screen, Windowed

Switch US-8 d'Ubiquiti:

US-8	
Dimensions	148.0 x 99.5 x 30.7 mm (5.83 x 3.92 x 1.21")
Weight	432 g (15.24 oz)
Enclosure Characteristics	SGCC Steel
Total Non-Blocking Throughput	8 Gbps
Switching Capacity	16 Gbps
Forwarding Rate	11.9 Mpps
Max. Power Consumption	12W (Excluding PoE Output)
Max. Passive PoE Wattage per Port	PoE Mode 1: 12W @ 802.3at PoE Mode 2: 12W @ 48V DC Input Mode: 12W @ 48V
Passive PoE Voltage Range	Depends on Power Source
Power Method	(1) DC 48V, Max. 1.25A (1) PoE Input, 802.3 af/at (Pins +1, 2, -3, 6)
Supported Voltage Range	DC: 48V; 48V Mode: 56V to 40V
Power Supply	External AC/DC Adapter, 48V, 0.5A
LEDs	PoE (Port 8), Speed/Link/Activity (All Ports)
Sound Level*	0.7 dBr (Fanless)
Networking Interfaces	(8) 10/100/1000 Mbps RJ45 Ports
PoE In Interface (Port 1)	PoE Mode 1: 802.3af/at (Pins +1, 2, -3, 6) PoE Mode 2: 48V (2-Pair Pins +4, 5, -7, 8)
PoE Out Interface (Port 8)	PoE Mode 1: 48V (Pins +1, 2, -3, 6) PoE Mode 2: Passive 48V (2-Pair Pins +4, 5, -7, 8) DC Input Mode: DC Passthrough (Pins +1, 2, -3, 6)
Management Interface	Ethernet In-Band Management
ESD/EMP Protection	Air: \pm 24 kV, Contact: \pm 24 kV
Operating Temperature	-5 to 45° C (23 to 113° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4 Standard
Certifications	CE, FCC, IC

* Background noise level: 27.5 dBA



Adaptador PoE-25-5W d'Ubiquiti:

Model	POE-25-5W
Dimensions	64 x 44 x 30 mm (2.53 x 1.73 x 1.18")
Weight	65 g (2.3 oz)
Output Voltage	24VDC @ 0.2A
LAN Activity Indicator	No
Gigabit LAN Port	No
Remote Reset Capability	Yes
Reset Button	Yes
Input Voltage	100-240AC @ 50/60Hz
Input Current	0.3A @ 120VAC, 0.2A @ 240VAC
Inrush Current	<40A Peak @ 120VAC, <70A Peak @ 230VAC
Efficiency	72+%
Output Ripple	1% Max.
Switching Frequency	60kHz Max.
Line Regulation	\pm 1%
Load Regulation	\pm 3%

2-Pair Powering	Pins 4, 5 (+) and Pins 7, 8 (-)
Operating Temperature	0 to 40° C (32 to 104° F)
Storage Temperature	-30 to 70° C (-22 to 158° F)
Operating Humidity	35 to 95% Noncondensing
AC Connector	IEC-320 C6
Data IN / POE	RJ45 Shielded Socket
Surge Protection	Difference and Common Mode
Clamping Protection	11V Data, 60V Power
Max. Surge Discharge	1500A (8/20 μ s) Power
Peak Pulse Current	36A (10/1000 μ s) Data
Shunt Capacitance	<5 pF data
Response Time	<1 ns
Compliance	IEC 60950-1:2005+A1 UL60950-1 EN55022:2010, EN55024:2010 FCC Class B
AC Cable with Earth Ground	EU, AR, BR, UL/cUL, CCC, Mexico, RCM



Encaminador Cisco 861:



Feature	Description
IP and IP Services Features	<ul style="list-style-type: none"> • Routing Information Protocol (RIPv1 and RIPv2) • Generic routing encapsulation (GRE)/MGRE • Cisco Express Forwarding (CEF) • 802.1d Spanning Tree Protocol (STP) • Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) • Network Address Translation (NAT) • Dynamic Host Control Protocol (DHCP) server/relay/client • Dynamic DNS • DNS Proxy • DNS Spoofing • Access control lists (ACLs)
Switch Features	<ul style="list-style-type: none"> • Auto MDI-MDX • 2 802.1Q VLANs • Switch Port Analyzer (SPAN) • Storm Control • Smartports
DSL and ATM features (ADSL models only)	<ul style="list-style-type: none"> • ATM Variable Bit Rate real-time (VBR-rt) • ATM Unspecified Bit Rate (UBR), Constant Bit Rate (CBR), and Variable Bit Rate non-realtime (VBR-nt) • ATM operations, administration, and maintenance (OAM) support for F5 Continuity Check, segment and end-to-end loopback, and Integrated Local Management Interface (ILMI) support • Dying gasp support • TX ring adjustment • Virtual-circuit (VC) bundling • Per VC queuing • Per VC traffic shaping • 10 ATM virtual circuits • RFCs 1483 and 2684 • Point-to-Point Protocol over ATM (PPPoA) • PPP over Ethernet (PPPoE)
Security Features	Secure Connectivity <ul style="list-style-type: none"> • IPSec VPN • Hardware-accelerated DES, 3DES, AES128, AES192, AES256 • Public Key Infrastructure (PKI) support
Feature	Description
	<ul style="list-style-type: none"> • 5 IPSec Tunnels • Cisco Easy VPN Client and Server • NAT transparency Zone-Based Policy Firewall <ul style="list-style-type: none"> • Stateful Inspection Routing Firewall • Stateful Inspection Transparent Firewall • Advanced Application Inspection and Control Secure HTTP (HTTPS), FTP, and Telnet Authentication Proxy
QoS Features	<ul style="list-style-type: none"> • Weighted Fair Queuing (WFQ) • Class-Based WFQ (CBWFQ) • Class-Based QoS MIB
Management Features	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco Configuration Professional • Cisco Configuration Express • Cisco Configuration Engine support • Cisco AutoInstall • IP SLA • Embedded Event Manager (EEM) • CiscoWorks • Cisco Security Manager • Telnet, Simple Network Management Protocol (SNMPv3), SSH, CLI and HTTP management • RADIUS and TACACS+ • Out-of-band management with external modem through virtual auxiliary port
High-Availability Features	<ul style="list-style-type: none"> • Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) (RFC 2338) • Hot Standby Router Protocol (HSRP) • MHSRP • Dial backup with external modem through virtual auxiliary port
Number of Recommended Users	<ul style="list-style-type: none"> • 5
Feature	Specification
Default and Max DRAM	256 MB
Default and Max. Flash Memory	128 MB
WAN	861: Fast Ethernet; 867: ADSL2/2+ over POTS (Annex A)
LAN Switch	Managed 4-port 10/100BASE-T Fast Ethernet with autosensing MDI/MDX (Media Device In/Media Device Cross Over) for autocrossover
802.11g/n AP based on IEEE 802.11n draft 2.0 standard	Optional on all models
Console/Auxiliary Port	RJ-45
External Power Supply	Universal 100 to 240 VAC

Physical Dimensions and Weight	Product dimensions: Nonwireless models: <ul style="list-style-type: none"> • W X D X H = 12.8" x 9.8" x 1.9" (325mm x 249mm x 48mm) (includes rubber feet) • W X D X H = 12.8" x 9.8" x 1.75" (325mm x 249mm x 44mm) (without rubber feet) Wireless models: <ul style="list-style-type: none"> • W X D X H = 12.8" x 10.4" x 1.9" (325mm x 264mm x 48mm) (includes rubber feet) • W X D X H = 12.8" x 10.4" x 1.75" (325mm x 264mm x 44mm) (without rubber feet; excludes antennas) • Weight: 5.5 lb (2.5 kg) maximum
Power	Product power specifications: AC input voltage: 100 to 240 VAC <ul style="list-style-type: none"> • Frequency: 50 to 60 Hz • Maximum output power: 60W • Output voltages: 12V DC
Approvals and Compliance	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 60950-1:2005, Second Edition, with all country deviations • AS/NZS 60950-1:2003, First Edition • CAN/CSA 22.2 No. 60950-1-05, Second Edition • UL 60950-1, Second Edition, 2005 • EN55024 • Industry Canada CS-03³ • TIA-968-A, Addendum 1, 2, 3, 4, 5

Firewall Cisco ASA 5506-X:

Feature	Cisco ASA 5506-X w/ FirePOWER Services
Stateful inspection throughput (maximum ¹)	750 Mbps
Stateful inspection throughput (multiprotocol ²)	300 Mbps
Triple Data Encryption Standard/Advanced Encryption Standard (3DES/AES) VPN throughput ³	100 Mbps
Users/nodes	Unlimited
IPsec site-to-site VPN peers	10; 50 ⁴
Cisco Cloud Web Security users	For detailed
Cisco AnyConnect Plus/Apex VPN maximum simultaneous connections ³	50 ⁵
Virtual interfaces (VLANs)	5; 30 ⁴
Security contexts ⁵ (included; maximum)	N/A
High availability ⁴	Requires Security Plus License; Active/Standby

Feature	Cisco ASA 5506-X w/ FirePOWER Services
Expansion slot	N/A
User-accessible Flash slot	No
USB 2.0 ports	USB port type 'A', High Speed 2.0
Integrated I/O	8 x 1 Gigabit Ethernet (GE)
Expansion I/O	N/A
Dedicated management port	Yes (To be shared with FirePOWER Services), 10/100/1000
Serial ports	1 RJ-45 and Mini USB console
Solid-state drive	50 GB mSata ⁶
Memory	4 GB
System flash	8 GB
System bus	MultiBus architecture

Feature	Cisco ASA 5506-X w/ FirePOWER Services
Acoustic noise	Fanless 0 dBA
Non-operating Parameters	
Temperature ⁷	-13 to 158°F (-25 to 70°C)
Relative humidity	10 to 90 percent noncondensing
Altitude	Designed and tested for 0 to 15,000 ft (4572 m)
Power Input (per power supply)	
AC range line voltage	External, 90 to 240 volts alternating current (VAC)
AC normal line voltage	90 to 240 VAC
AC current	N/A
AC frequency	50/60 Hz
Dual-power supplies	None
DC domestic line voltage	N/A
DC international line voltage	N/A



Feature	Cisco ASA 5506-X w/ FirePOWER Services
Form factor	Desktop, rack mountable
Dimensions (H x W x D)	1.72 x 7.871 x 9.23 in. (4.369 x 19.992 x 23.444 cm)
Weight (with AC power supply)	4 lb (1.82 kg)

Placa solar Suntech STP270-S:

Electrical Characteristics

STC	STP280S-20/Wfb	STP275S-20/Wfb	STP270S-20/Wfb
Maximum Power at STC (Pmax)	280W	275 W	270 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	31.5 V	31.1 V	30.8 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.89A	8.85 A	8.77 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39.4V	38.5 V	38.3 V
Short Circuit Current (Isc)	9.41 A	9.34 A	9.28 A
Module Efficiency	17.1%	16.8%	16.5%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5; Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%



Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.060 %/°C

Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 6 inches
No. of Cells	60 (6 × 10)
Dimensions	1650 × 992 × 35mm (64.96 × 39.1 × 1.4 inches)
Weight	18.3 kgs (40.3 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm ² (0.006 inches ²), symmetrical lengths (-) 1000mm (39.4 inches) and (+) 1000 mm (39.4 inches)
Connectors	MC4 compatible

Multiplus Ecosolar 1Kva 800W 12v:

- Potencia nominal: 1000VA / 800W.
- Voltaje de entrada: 12V.
- Rango de voltaje seleccionable: 170-280 VAC (para ordenadores) 90-280 VAC(para electrodomésticos del hogar).
- Rango de frecuencia: 50Hz/60Hz (detección automática).
- Regulación del voltaje de salida (modo batería): 230 VAC +5%
- Potencia máxima (picos de arranque): 2000VA.
- Eficiencia: 90% (picos 93%).
- Tiempo de transferencia: 10 ms (para ordenadores) 20 ms (para electrodomésticos).
- Tipo de onda: Onda sinusoidal pura.
- Tensión de la batería: 12V.
- Voltaje de carga en flotación: 13,5V.
- Protección por sobrecarga: 15V.
- Consumo de energía en stand-by: 1W.



- Capacidad corriente de carga del regulador solar: 50A.
- Capacidad corriente de carga del cargador: 30A.
- Capacidad potencia del inversor: 1Kva 800W (potencia pico 1600W).

- Medidas: 95 x 240 x 316 mm
- Peso: 5 Kg.

Batería monobloc TAB 70 Ah:

- Voltaje: 12V.
- Marca: TAB.
- Tipo de batería: Solar Monoblock.
- Bajo mantenimiento.
- Placa de separación entre celdas reforzadas.
- Baja autodescarga.
- Baja corriente de flotación.
- Terminales de batería en plomo.
- Fabricadas de acuerdo con la certificación ISO 9002 y cumpliendo las normativas CE y UL.
- Recipiente de material ABS resistente al fuego.
- Garantía de 2 años.



Ordinador de gestión Lenovo 10NM001YSP:

Procesador

Modelo de procesador: Intel Pentium G4560
 Núcleos del procesador: 2
 Velocidad del procesador: 3.5GHz

Memoria

Memoria RAM: 4GB
 Tecnología de memoria: DDR4

Almacenamiento

Capacidad de almacenamiento: 500 GB
 Tipo de almacenamiento: HDD
 Lector de tarjetas: 7 en 1
 Unidad óptica: DVD±RW

Tarjeta gráfica

Modelo de tarjeta gráfica: Intel HD Graphics 610
 Tipo de gráfica: Integrada

Conectividad y redes

LAN: Ethernet (RJ-45)
 Wi-Fi: No
 Bluetooth: No



Conexiones

- USB: 8 (6 USB 3.0, 2 USB 2.0)
- VGA: 1
- HDMI: Si
- Audio: combo audio / microphone jack

Software

- Sistema operativo preinstalado: Sin sistema operativo
- Arquitectura del sistema: -

Otros

- Teclado español y ratón incluidos: Si
- Dimensiones: 290.5mm W x 343.5mm D x 89mm H
- Peso: 4.75 Kg
- Color: Negro
- Garantía Limitada: 1 año, OnSite