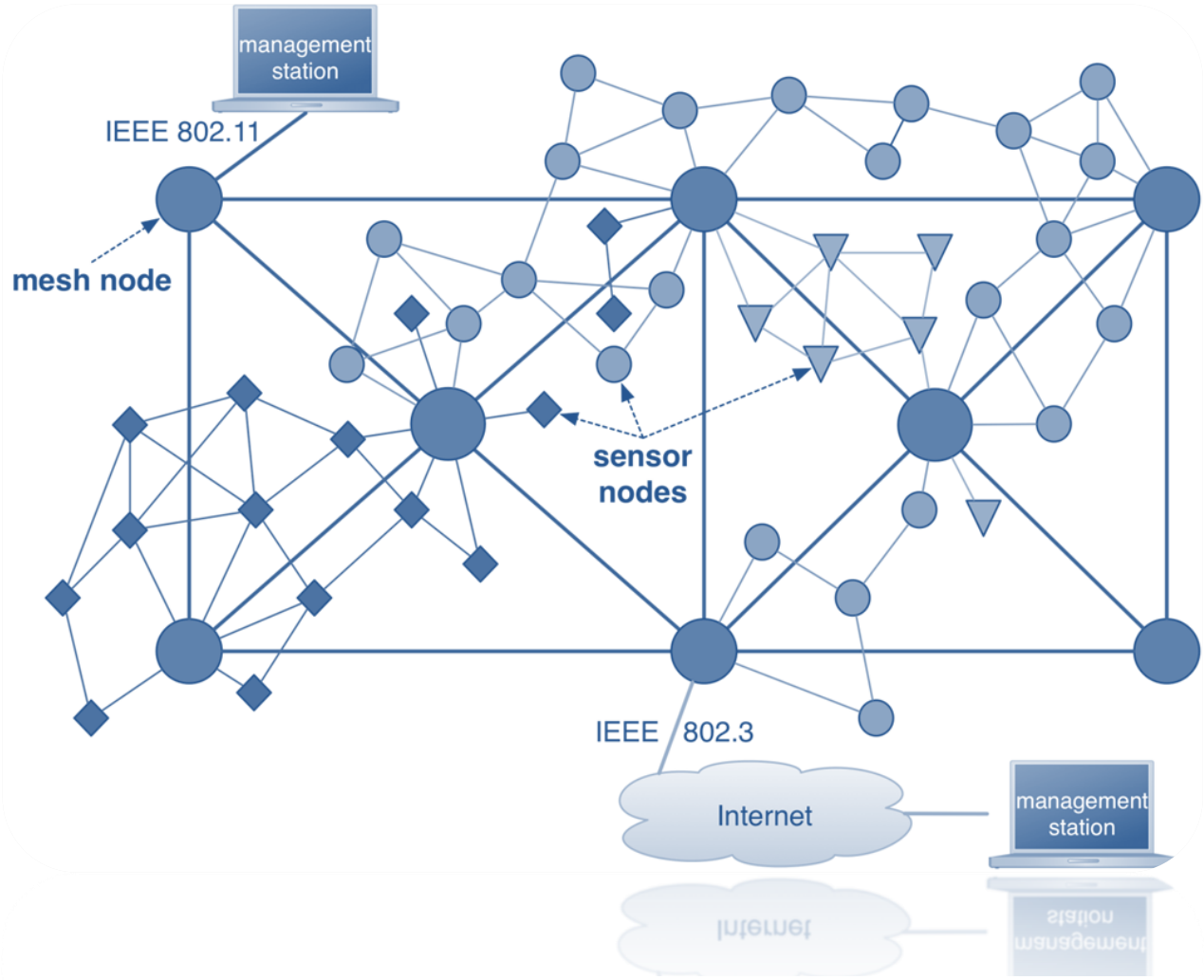


Disseny d'un sistema de telegestió per una xarxa d'aigua potable

Miquel González Cordo
I.T.T. Telemàtica
Consultor: Antoni Morell Pérez
UOC

UOC
www.uoc.edu

Índex

Capítol 1. Introducció 8
1.1 Introducció 8
1.2 Justificació i context del TFC 8
1.3 Objectiu del TFC 9
1.4 Metodologia 9
1.5 Planificació del projecte 10
Capítol 2. Aspectes legals 12
2.1 BOPA 12
2.2 Normativa 12
Capítol 3. Anàlisi de la xarxa d'aigua potable 12
3.1 Descripció de la xarxa 12
3.2 Punts de control i actuació sobre la xarxa d'aigua 15
3.3 Taula resum 20
Capítol 4. Anàlisis de la situació energètica 21
4.1 Situació energètica 21
4.2 Opcions d'alimentació 21
4.3 Energia fotovoltaica 22
Capítol 5. Sensors 23
5.1 Que és un sensor? 23
3.2 Tipus de sensors 23
3.2 Xarxa de sensors inalàmbrics 24
Capítol 6. Infraestructura de la xarxa telemàtica 25
6.1 Situació general de la infraestructura 25
6.2 Estàndards sense fils 28
6.2.1 IEEE 802.11 28
6.2.2 IEEE 802.15.4 29
6.2.3 Xarxes mòbils 3G 29
6.2.3.1 UMTS 29
6.2.3.1 HSDPA 30
6.3 Antenes 31

- Diagrama de radiació 31
- Guany 31
- Directivitat 32
- Tipus de polarització 32

6.3.1 Tipus d'antenes 32

6.4 Topologies de xarxa 33

6.4.1 Punt a punt 33

6.4.2 Bus 33

6.4.3 Punt a multipunt (Estrella) 33

6.4.4 Arbre 34

6.4.5 Malla 34

6.4.6 AdHoc 34

6.5 Esquema de la xarxa plantejada 35

6.5.1 Xarxa al lloc de treball 35

6.5.2 Xarxa de camp 36

6.5.3 Equips triats. Router Meshlium Xtreme 36

6.5.4 Equips triats. Waspmote plug&play 40

6.5.5 Equips triats. Complements 42

6.6 Estudi de propagacions dels senyals 43

6.6.1 Situació dels elements que formaran part de la xarxa 43

6.6.2 Coordenades geogràfiques 46

6.6.3 Esquema de la xarxa 47

Capítol 7. Configuració dels mòduls 48

7.1 Router Meshlium 48

7.1.1 Configuració del gateway 3G/GPRS 48

7.1.2 Configuració dels enllaços mesh 50

7.1.3 Configuració per a la BD externa 50

7.1.4 Configuració per afegir waspmotes a la xarxa 52

7.2 Nodes sensors (Waspmote plug&sense) 52

Capítol 8. Seguretat 54

8.1 AES 128/256 54

8.2 RSA 55

8.2.1 Xifratge 56

8.2.2 Desxifratge 56

8.3 SSL/TLS 56
8.4 Seguretat del sistema proposat 56
Capítol 9. Ampliacions i millores 57
9.1 Software de control 57
9.2 Actuar sobre la xarxa d'aigua potable 58
9.2 Altres dispositius a instal·lar (electrovàlvules) 59
9.3 Les sondes de pressió 60
Capítol 10. Valoració econòmica de la solució 61
10.1 Pressupost 61
Capítol 11. Estudi de viabilitat 62
11.1 Avaluació del cost solució 2 62
11.2 Anàlisis dels resultats obtinguts 64
11.2.1 Solució proposada en front realitat de les instal·lacions 64
11.2.2 Solució proposada en front solució 2 64
Capítol 12. Exemple d'ús de Waspmote pro 65
12.1 Codi 65
12.2 Resultat 67
Capítol 13. Conclusions 68
13.1 Observacions importants 68
Capítol 14. Glossari 69
Capítol 15. Bibliografia 70
Capítol 16. Annexes 73

Índex de figures

Figura 1. Dates Clau 10
Figura 2. Planificació TCF 11
Figura 3. Plànol de perfil 13
Figura 4. Plànol cartogràfic 14
Figura 5. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 1. 15
Figura 6. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 2. 16
Figura 7. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 3 i 4. 17
Figura 8. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 5. 17
Figura 9. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 6, 7, 8, i 9. 18
Figura 10. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 10. 19
Figura 11. Blocs d'un sistema fotovoltaic 22
Figura 12. Diagrama de blocs. Dispositiu WSN 24
Figura 13. Cobertura 2G 26
Figura 14. Cobertura 3G 26
Figura 15. Captura resultat Radio Mobile 27
Figura 16. Arquitectura UMTS 30
Figura 17. Velocitats de transmissió 31
Figura 18. Antena dipol 32
Figura 19. Antena Yagi 32
Figura 20. Panell pla 32
Figura 21. Parabòlica 32
Figura 22. Topologia punt a punt 33
Figura 23. Topologia bus 33
Figura 24. Topologia punt a multipunt 33
Figura 25. Topologia en arbre 34
Figura 26. Topologia en malla 34
Figura 27. AdHoc 34
Figura 28. Xarxa al lloc de treball 35
Figura 29. Xarxa al lloc de treball. *Empresa 35
Figura 30. Tipologia xarxa de camp 36
Figura 31. Router Meshlium 37
Figura 32. Tipus d'emmagatzematge 37
Figura 33. Propagació Zigbee 38
Figura 35. característiques Wi-Fi 38
Figura 36. característiques Wi-Fi mesh 39
Figura 37. Possible topologia de xarxa 39
Figura 38. Waspmote plug&play 40
Figura 39. Característiques Waspmote 40
Figura 40. Potències de treball, Waspmote 41
Figura 41. Panell intern 42
Figura 42. Panell extern 42
Figura 43. Plànol de situació dels nodes i estacions 43
Figura 44. Configuració simulació xarxa routers-mesh 44

Figura 45. Configuració simulació xarxa routers-mesh....44
Figura 46. Configuració simulació xarxa routers-mesh....45
Figura 47. Configuració simulació xarxa routers-mesh....45
Figura 48. Resultats simulació xarxa routers-mesh....46
Figura 50. Esquema general de la xarxa....47
Figura 51. Pàgina inici configuració router mesh....48
Figura 52. Pàgina configuració 3G/GPRS....49
Figura 53. Pàgina configuració BD externa....51
Figura 53. Pàgina configuració WIFI....50
Figura 54. Generador de codi....53
Figura 54. Pàgina configuració xarxa de sensors....52
Figura 55. Connexió del Waspmote al PC....53
Figura 56. Etapa SubByte....54
Figura 57. Etapa ShiftRows....54
Figura 58. Etapa MixColumns....55
Figura 59. Etapa AddRoundKey....55
Figura 60. Xarxa amb SCADA....58
Figura 61. Hardware Waspmote....59
Figura 62. Electrovàlvula....60
Figura 63. Rasa tipus....62
Figura 64. Rasa STA. Telèfon....63
Figura 65. Rasa FEDA. Llum....63
Figura 66. Imatge Waspmote pro amb PC....65
Figura 67. Codi d'exemple....66
Figura 68. Sortida dels valors pel port sèrie....67

Índex de taules

Taula 1. Llistat sensors 15
Taula 2. Llistat sensors 16
Taula 3. Llistat sensors 17
Taula 4. Llistat sensors 18
Taula 5. Llistat sensors 18
Taula 6. Llistat sensors 19
Taula 7. Llistat sensors 20
Taula 8. Taula comparativa opcions alimentació 21
Taula 9. Tipus de sensors existents 23
Taula 10. Comparativa opcions radioenllaç 25
Taula 11. IEEE 802.11, modificacions més importants 28
Taula 12. Situació geogràfica equips triats 46
Taula 13. Pressupost 61

Capítol 1. Introducció

1.1 Introducció

El Treball fi de carrera (TFC) és una assignatura que està pensada per a realitzar un treball de síntesi dels coneixements adquirits en altres assignatures de la carrera i que requereixi posar-los en pràctica conjuntament en un treball concret.

Aquest document es presenta com part de la memòria del Treball final de carrera (TFC), dels estudis d'enginyeria tècnica de telecomunicacions, especialitat en telemàtica, dins de l'àrea d'integració de xarxes telemàtiques.

L'objectiu de l'àrea d'aprenentatge, és que l'estudiant desenvolupi un projecte d'integració de xarxes telemàtiques o el disseny d'una xarxa WAN.

En aquest document, el projecte que es pretén implantar, analitzarà i avaluarà, la possibilitat d'integrar una solució telemàtica, per monitoritzar i controlar una xarxa d'aigua potable situada a una vila d'alta muntanya.

El control de les instal·lacions ja existents, es vol realitzar a través d'una xarxa de sensors sense fils, que a la seva vegada disposaran d'accés als serveis d'Internet, a través d'una xarxa també sense fils.

Es plantegen doncs, dos àmbits d'actuació; el primer serà de curt abast, local, i s'encarregarà de donar accés als diferents sensors a repartir per les instal·lacions de la xarxa d'aigua potable; el segon, serà estès, de gran abast i dotarà de connectivitat a la xarxa de curt abast.

1.2 Justificació i context del TFC

Segons la llei de Moore, aproximadament cada dos anys es duplica el número de transistors en un circuit integrat.

Pot ser dit així, és fa difícil imaginar-se el ràpid creixement del sector de les TIC arreu del món. Però és evident que la demanada és creixent i mentre la llei de Moore es continuï complint, molt possiblement la tendència no canviarà.

Donada aquesta gran demanada, les formes i maneres en com es realitzen les coses, està canviant contínuament.

Gaire bé tothom disposa d'accés a Internet, en qualsevol moment del dia, i pot ser el que és més important, en qualsevol lloc.

Aquesta connectivitat, i el ràpid creixement de la capacitat de computació dels nous ordinadors, ja sigui portàtils, tabletes, o els famosos smartphones, ens permet imaginar, per després dissenyar, noves formes de control sobre les nostres antigues instal·lacions.

En aquesta línea, sorgeix la idea de implantar un sistema de telegestió, per controlar una xarxa d'aigua potable situada ben al mig de les muntanyes.

El fet de poder dotar la xarxa d'aigua, d'un petit exèrcit de sensors autònoms, que mesuren i ens fan arribar les dades al lloc de treball habitual, sense haver de desplaçar-nos contínuament a un lloc remot, o fins i tot, poder actuar sobre la xarxa d'aigua potable per evitar un mal funcionament, des de gaire bé qualsevol lloc on ens trobem, representa un avantatge que avui dia és possible.

1.3 Objectiu del TFC

L'objectiu del present projecte és analitzar, dissenyar i implantar un sistema de telegestió per a la xarxa d'aigua potable d'una vila d'alta muntanya d'Andorra la Vella, que permeti el seu control des d'un ordinador central.

Amb aquest treball es pretén evitar un mal funcionament de la xarxa potable, podent controlar l'estat de la xarxa remotament.

Per tant els objectius principals són:

- Complir els aspectes legals requerits.
- Monitoritzar mitjançant una xarxa de sensors (WSN), paràmetres tals com pressions, temperatures, terbolesa de l'aigua, estat dels dipòsits, etc...
- Dotar d'accés al servei d'Internet la xarxa de sensors per tal de poder-ne llegir els registres remotament.
- Obtenir una solució Wireless plug&play.
- Realitzar un càlcul dels costos de la implantació.

*Com a objectius secundaris, es planteja la possibilitat, d'actuar sobre la xarxa d'aigua potable remotament, per tal de poder-la gestionar i manipular per evitar el desplaçament dels tècnics.

1.4 Metodologia

La metodologia a seguir, comptarà amb un anàlisi de la xarxa d'aigua potable que abasteix la vila, per poder dotar del servei d'Internet, als sensors que captaran l'estat de la xarxa d'aigua potable.

Un cop conegut i estudiat el cas amb profunditat es procedirà a realitzar:

- Disseny de la xarxa que dotarà als sensors de servei a Internet.
- Implementació de la xarxa.
- Posada en marxa.

1.5 Planificació del projecte

En la primera de les figures que es presenta en aquest text, es representa segons la planificació de l'assignatura, les dates dels lliurables que s'hauran de generar durant el transcurs del semestre.

Tanmateix, s'indiquen alguns esdeveniments que no representen el lliurament de cap document, però si, dates importants per la resolució del TFC.

Títol	Inici / Enunciat	Lliurament	Solució	Qualificació
PAC 1: Lliurament de la planificació del treball	13/03/2013	13/03/2013	-	-
PAC 2: Primer lliurament del projecte	24/04/2013	24/04/2013	-	-
PAC 3: Segon lliurament del projecte	29/05/2013	29/05/2013	-	-
Lliurament de la memòria final	15/06/2013	15/06/2013	-	-
Entrega de la presentació i del codi (si s'escau)	21/06/2013	21/06/2013	-	-

Títol	Inici / Enunciat	Lliurament	Solució
Inici de curs	27/02/2013	27/02/2013	-
Decisió del projecte i comunicació al consultor	06/03/2013	06/03/2013	-
Inici del tribunal	24/06/2013	24/06/2013	-
Final del tribunal	30/06/2013	30/06/2013	-

(Figura 1. Dates Clau)

En la pàgina següent es presenta, la planificació del TFC, amb les tasques i les fites més importants a seguir per tal de poder assolir el projecte presentat amb anterioritat.

En certa manera, és una guia del coneixement que és necessari adquirir, per poder integrar un sistema de telegestió sobre el sistema que es descriurà al capítol 3.

Id	Id	Nom de la tasca	Duració	Començament
1	**1**	**TFC- Integració de xarxes telemàtiques**	**75 dias?**	**lun 11/03/13**
2	**2**	**1.- Capítol 1. Introducció**	**3 dias**	**lun 11/03/13**
3	3	1.1 Introducció	0 dias	lun 11/03/13
4	4	1.2 Justificació i context del TFC	1 día	lun 11/03/13
5	5	1.3 Objectius del TFC	0 dias	lun 11/03/13
6	6	1.4 Metodologia	1 día	mar 12/03/13
7	7	1.5 Planificació del projecte	1 día	mié 13/03/13
8	8	Entrega de la PAC1	0 dias	mié 13/03/13
9	**9**	**2.- Capítol 2. Aspectes legals**	**2 dias**	**jue 14/03/13**
10	10	2.1 BOPA	1 día	jue 14/03/13
11	11	2.2 Normativa	1 día	vie 15/03/13
12	**12**	**3.- Capítol 3. Anàlisis de la xarxa d'aigua potable**	**7 dias**	**lun 18/03/13**
13	13	3.1 Descripció de la xarxa	3 dias	lun 18/03/13
14	14	3.2 Punts de control i actuació sobre la xarxa	4 dias	jue 21/03/13
15	15	3.3 Taula resum	0 dias	mar 26/03/13
16	**16**	**4.- Capítol 4. Anàlisi de la situació energètica de les instal.lacions**	**3 dias**	**mié 27/03/13**
17	17	4.1 Situació energètica	1 día	mié 27/03/13
18	18	4.2 Opcions d'alimentació	1 día	jue 28/03/13
19	19	4.3 Energies fotovoltaiques	1 día	vie 29/03/13
20	**20**	**5.- Capítol 5. Sensors**	**5 dias**	**lun 01/04/13**
21	21	5.1 Que és un sensor?	1 día	lun 01/04/13
22	22	5.2 Tipus de sensors	1 día	mar 02/04/13
23	23	5.3 Xarxa de sensors inalàmbrics	3 dias	mié 03/04/13
24	**24**	**6.- Capítol 6. Infraestructura de la xarxa telemàtica**	**15 dias**	**lun 08/04/13**
25	25	6.1 Situació general de la infraestructura	1 día	lun 08/04/13
26	**26**	**6.2 Estàndards sense fils**	**3 dias**	**mar 09/04/13**
27	27	6.2.1 IEEE 802.11	1 día	mar 09/04/13
28	28	6.2.2 IEEE 802.15	1 día	mié 10/04/13
29	**29**	**6.2.3 Xarxes mòbils 3G**	**1 día**	**jue 11/04/13**
30	30	6.2.3.1 UMTS	1 día	jue 11/04/13
31	31	6.2.3.2 HSDPA	0 dias	jue 11/04/13
32	**32**	**6.3 Antenes**	**1 día**	**vie 12/04/13**
33	33	6.3.1 Tipus d'antenes	1 día	vie 12/04/13
34	**34**	**6.4 Topologies de xarxa**	**3 dias**	**lun 15/04/13**
35	35	6.4.1 Punt a punt	1 día	lun 15/04/13
36	36	6.4.2 Bus	0 dias	lun 15/04/13
37	37	6.4.3 Punt a multipunt	1 día	mar 16/04/13
38	38	6.3.4 Arbre	0 dias	mar 16/04/13
39	39	6.4.5 Malla	1 día	mié 17/04/13
40	40	6.4.6.Ad Hoc	0 dias	mié 17/04/13
41	**41**	**6.5 Esquema de la xarxa plantejada**	**5 dias**	**jue 18/04/13**
42	42	6.5.1 Xarxa al lloc de treball	1 día	jue 18/04/13
43	43	6.5.2 Xarxa de camp	1 día	vie 19/04/13
44	44	6.5.3 Equips triats. Router Meshlium Xtreme	1 día	lun 22/04/13
45	45	6.5.4 Equips triats. Waspmote plug&play	1 día	mar 23/04/13
46	46	6.5.5 Equips triats. Complements	1 día	mié 24/04/13
47	**47**	**6.6 Estudi de propagacions dels senyals**	**2 dias**	**jue 25/04/13**
48	48	6.6.1 Situació dels elements que formaran part de la xarxa	1 día	jue 25/04/13
49	49	6.6.2 Coordenades geogràfiques	1 día	vie 26/04/13
50	50	6.6.3 Esquema de la xarxa	0 dias	vie 26/04/13
51	51	Entrega de la PAC2	0 dias	vie 26/04/13
52	**52**	**7.- Capítol 7. Configuració dels mòduls**	**5 dias?**	**lun 29/04/13**
53	**53**	**7.1 Router meshlium**	**4 dias?**	**lun 29/04/13**
54	54	7.1.1 Configuració del gateway 3G/GPRS	1 día?	lun 29/04/13
55	55	7.1.2 Configuració dels enllaços mesh	1 día?	mar 30/04/13
56	56	7.1.3 Configuració per a la BD externa	1 día?	mié 01/05/13
57	57	7.1.4 Configuració per afegir Waspmotes a la xarxa	1 día?	jue 02/05/13
58	58	7.2 Nodes sensors (Waspmote plug&play)	1 día	vie 03/05/13
59	**59**	**8.- Càpitol 8. Seguretat**	**3 dias**	**lun 06/05/13**
60	60	8.1 AES 128/256	1 día	lun 06/05/13
61	**61**	**8.2 RSA**	**0 dias**	**lun 06/05/13**
62	62	8.2.1 Xifratge	0 dias	lun 06/05/13
63	63	8.2.2 Desxifratge	0 dias	lun 06/05/13
64	64	8.3 SSL/TLS	1 día	mar 07/05/13
65	65	8.4 Seguretat del sistema proposat	1 día	mié 08/05/13
66	**66**	**9.- Capítol 9. Ampliacions i millores**	**4 dias**	**jue 09/05/13**
67	67	9.1 Software de control	1 día	jue 09/05/13
68	68	9.2 Actuar sobre la xarxa d'aigua potable	1 día	vie 10/05/13
69	69	9.3 Altres dispositius a instal.lar	1 día	lun 13/05/13
70	70	9.4 Les sondes de pressió	1 día	mar 14/05/13
71	**71**	**10.- Capítol 10. Valoració econòmica de la solució**	**2 dias**	**mié 15/05/13**
72	72	10.1 Pressupost	2 dias	mié 15/05/13
73	**73**	**11.- Capítol 11. Estudi de Viabilitat**	**2 dias**	**vie 17/05/13**
74	74	11.1 Avaluació del cost solució 2	1 día	vie 17/05/13
75	75	11.2 Anàlisis dels resultats obtinguts	1 día	lun 20/05/13
76	**76**	**12.-Capítol 12. Conclusions**	**1 día**	**mar 21/05/13**
77	77	12.1 Observacions importants	1 día	mar 21/05/13
78	78	Entrega de la PAC3	0 dias	mié 29/05/13
79	79	Memòria final (annexes, bibliografia)	12 dias	jue 30/05/13
80	80	Lliurament de la memòria final	0 dias	sáb 15/06/13
81	81	Entrega de la presentació i del codi (si escau)	0 dias	vie 21/06/13

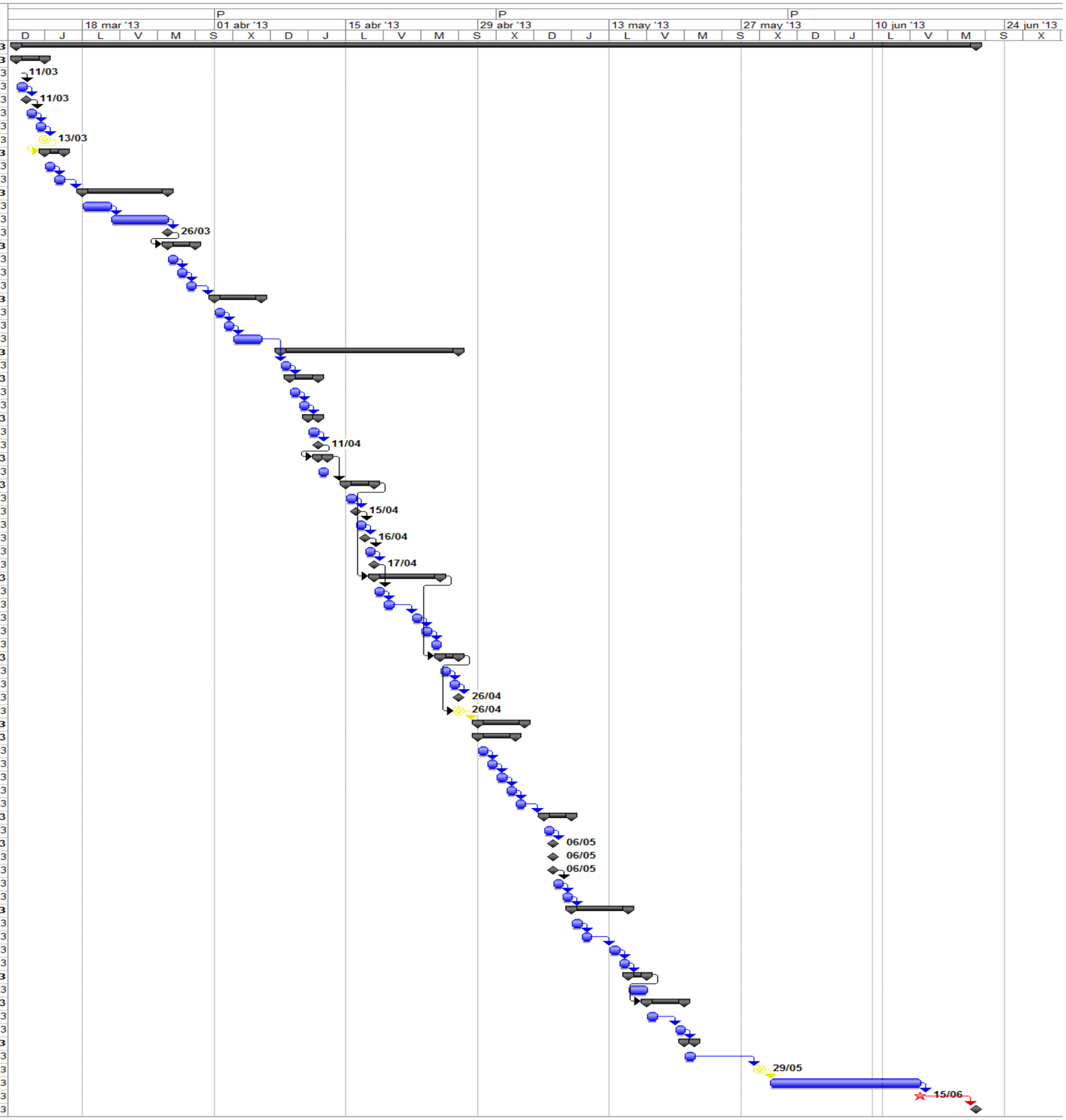


Figura 2. Planificació TFC 1

Capítol 2. Aspectes legals

2.1 BOPA

El Butlletí oficial del Principat d'Andorra (abreviat com BOPA) és la publicació oficial del Govern d'Andorra que recull les lleis, les disposicions, els actes administratius i en general tots els textos que administrativament s'han de publicar al país. Els textos publicats són produïts pel propi Govern d'Andorra, o els comuns, l'administració de la justícia, els coprínceps, el registre civil, etc.

La publicació de textos al butlletí els dóna publicitat, vigència i validesa.

2.2 Normativa

Les instal·lacions de la xarxa d'aigua potable, ja es troben en funcionament i han estat aprovades per l'administració competent, complint amb el marc legal vigent:

a) "Reglament tècnicosanitari per al subministrament i el control de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà", i en el seu defecte a les normatives Comunitàries relatives a xarxes d'aigua potable.

Pel que fa al projecte que es presenta, tindrà en compte els següents marcs legals:

a) "Reglament d'infraestructures de telecomunicacions del Principat d'Andorra", publicat en el BOPA Núm. 50, any 20, en data 25-06-2008.
b) "Llei de seguretat i qualitat industrial", publicada al BOPA Núm. 41, any 12, en data 26-07-2000.
c) "Llei 85/2010 del 18 de novembre, de mesures provisionals en relació al règim de l'energia elèctrica", publicada al BOPA Núm. 72, any 22, en data 22-12-2010.

Capítol 3. Anàlisi de la xarxa d'aigua potable

3.1 Descripció de la xarxa

La xarxa d'aigua potable que es vol monitoritzar, abasteix a una vila d' aproximadament 5.000 habitants.

Disposa de tres punts d'abastiment principals, que es troben situats al voltant dels 2.000 metres d'alçada. Aquests tres punts, estan formats per dues fonts i un pou.

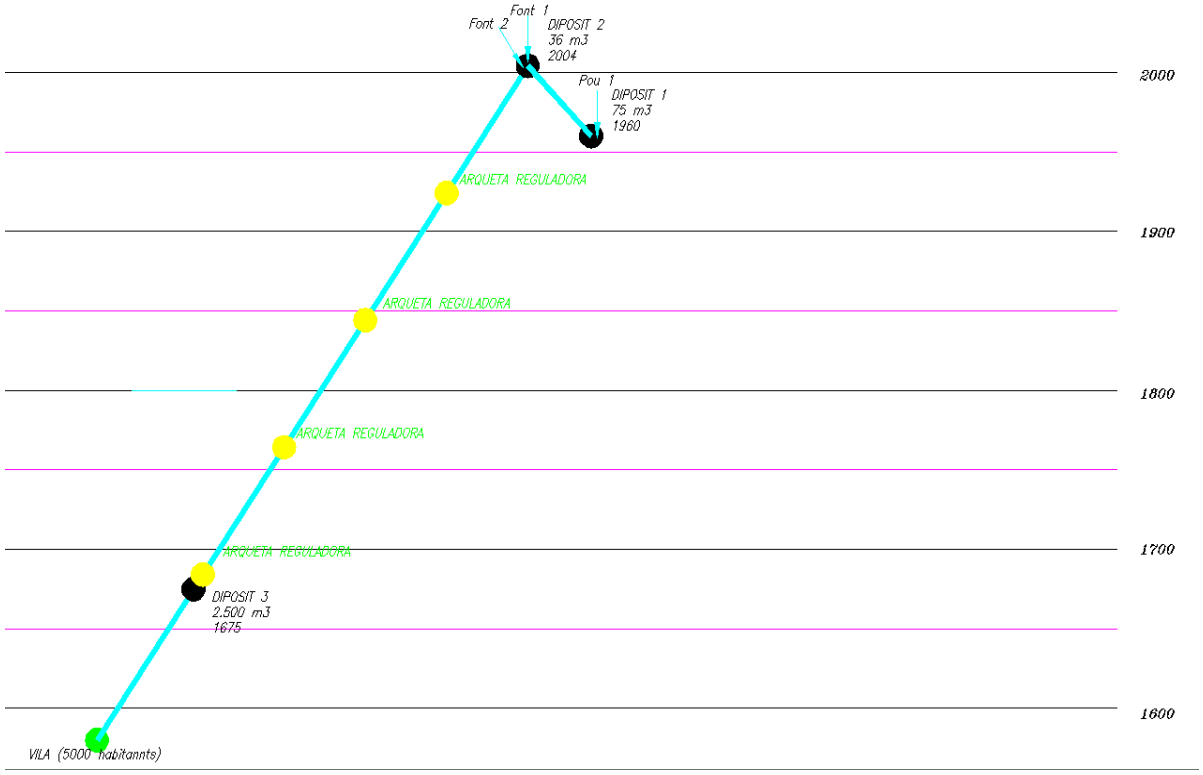
El pou, alimenta un primer dipòsit amb capacitat per a 75 m^3, situat a uns 1.960 metres d'alçada. Des d'aquest dipòsit (dipòsit 1), es bombeja aigua cap a un segon dipòsit (dipòsit 2), situat a una cota aproximada de 2.000 metres.

El dipòsit 2, rep també l'aigua provinent de les dues fonts abans mencionades. Per tant, el dipòsit 2 disposa de tres entrades d'aigua. La seva capacitat és de 36 m^3.

Tota l'aigua que es recull en aquest punt, un cop desinfectada, s'envia per gravetat a un tercer dipòsit, amb una capacitat de 2.500 m^3, que serà l'últim receptor de l'aigua i l'encarregat d'abastir, mitjançant la xarxa d'aigua existent a la vila, a tots els habitants d'aquesta.

Entre el dipòsit 2 i el 3, trobem fins a 4 sistemes que s'encarreguen de trencar la pressió generada per la caiguda de l'aigua, i així, evitar el trencament de les canonades.

La següent figura mostra un esquema del la xarxa en funció de l'alçada a la que podem trobar cada instal·lació.

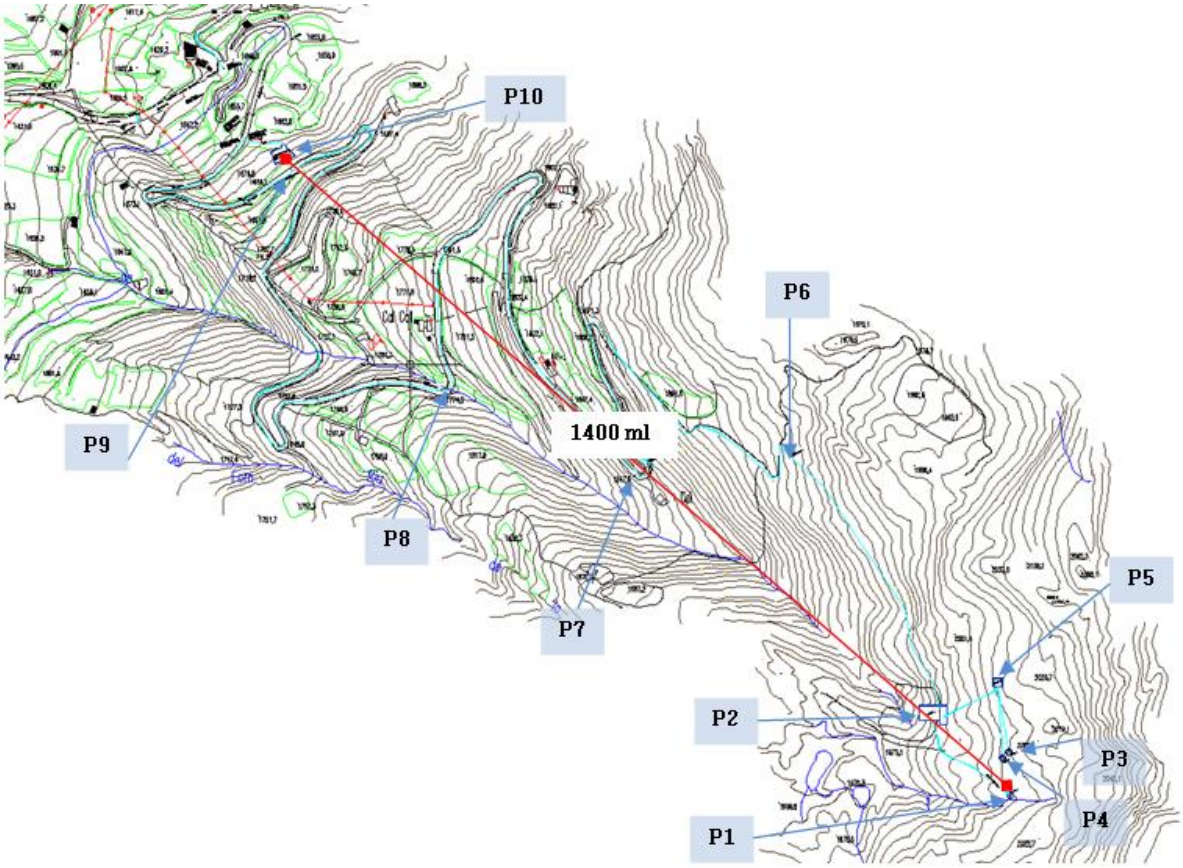


(Figura 3. Plànol de perfil)

Així doncs, el conjunt de la instal·lació es pot dividir en els següents punts d'estudi:

1. Pou 1
2. Dipòsit 1
3. Font 1
4. Font 2
5. Dipòsit 2
6. Arqueta reguladora 1
7. Arqueta reguladora 2
8. Arqueta reguladora 3
9. Arqueta reguladora 4
10. Dipòsit 3

A continuació s'annexa un plànol extret de la cartografia oficial del Govern d'Andorra la Vella, per situar les instal·lacions en planta, i fer-nos una idea de les distàncies entre els punts citats. Més endavant, es descriuran amb més precisió.



(Figura 4. Plànol cartogràfic)

És important diferenciar-les, perquè cada unitat es troba apartada de la resta. Per tant, són punts potencials on caldrà fer arribar els serveis d'Internet.

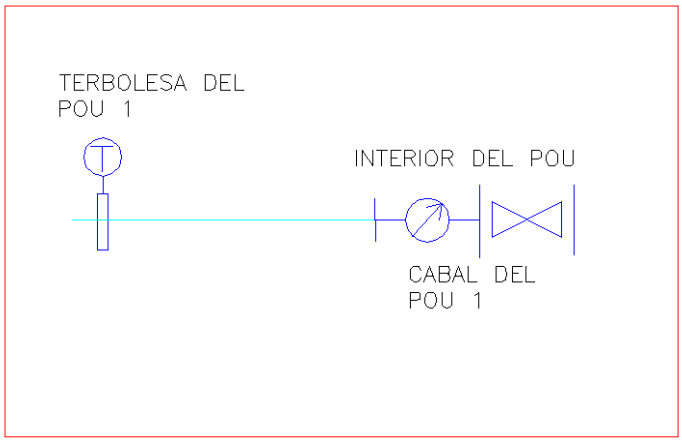
Als annexes de la present memòria, es pot veure en detall, l'estructura de les instal·lacions, que es pretenen controlar.

Aquesta descripció gràfica de les instal·lacions, és necessària per entendre la casuística del problema plantejat.

3.2 Punts de control i actuació sobre la xarxa d'aigua

Segons les necessitats, es poden controlar multitud de variables, però en el cas presentat, algunes de les variables a controlar poden ser els canvis de pressió, detectors de presència, caudals o terbolesa.

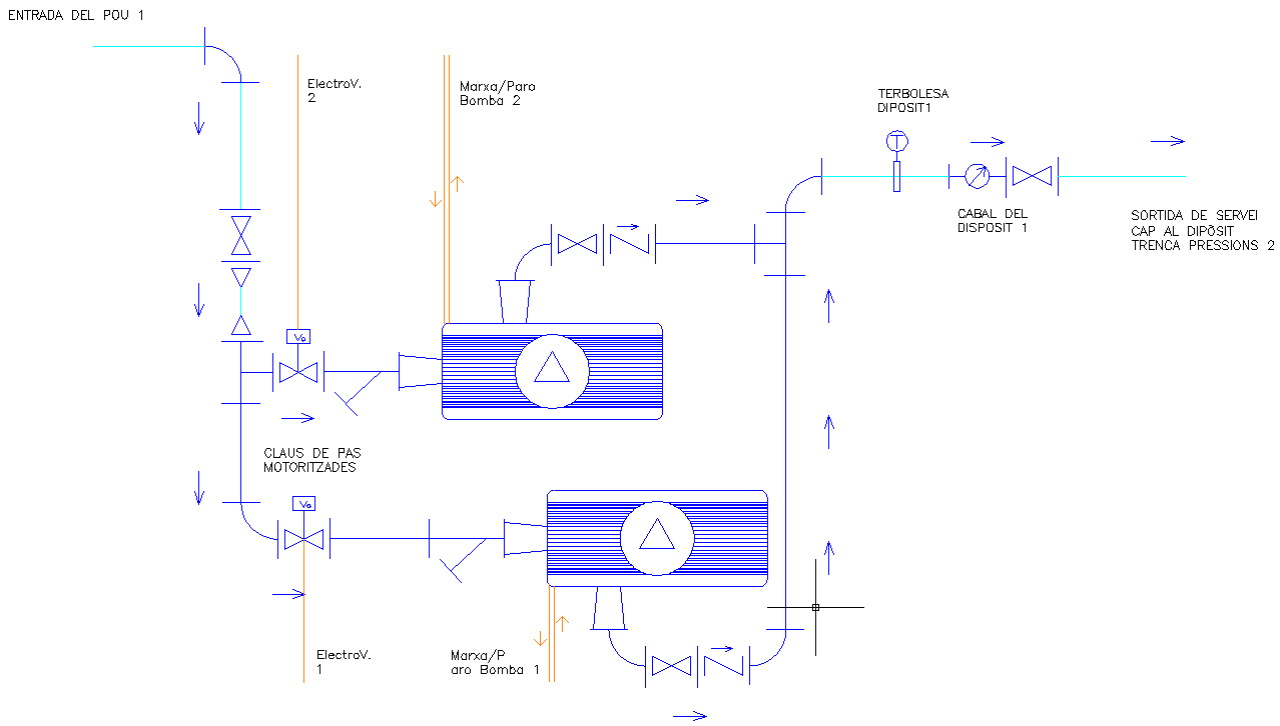
Segons el punt d'estudi, que es presenta a continuació, la situació de cada sensor i un quadre amb els sensors a instal·lar a cada punt.



(Figura 5. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 1.)

Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Pou 1 Pou 1	Cabal Terbolesa	Cabalímetre Terbolímetre	l/min NTU

Taula 1. Llistat sensors

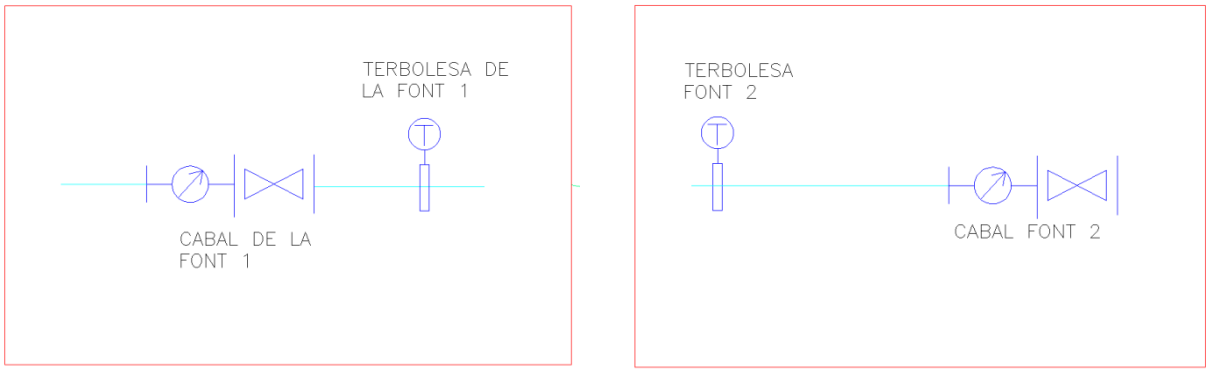


(Figura 6. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 2.)

Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Dipòsit 1 (75m3)	Cabal	Cabalímetre	l/min
Dipòsit 1 (75m3)	Terbolesa	Terbolímetre	NTU
Dipòsit 1 (75m3)	Contacte	Hall Efect	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Sonda ultrasó		cm
Dipòsit 1 (75m3)	Electroàlvula 1	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Electroàlvula 2	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 1 IN	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 2 IN	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 1 OUT	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 2 OUT	-	True/false

Taula 2. Llistat sensors

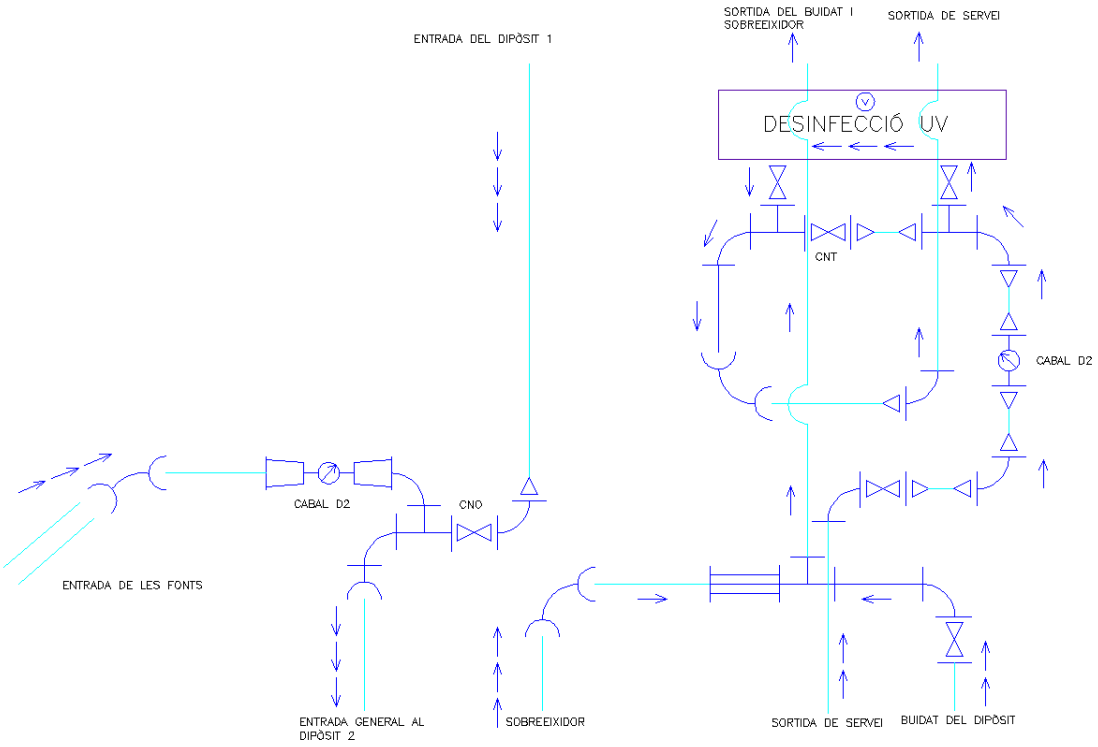
*De la implementació de les senyals que es marquen en taronja es parlarà en el capítol 8. Ampliacions i millores.



(Figura 7. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 3 i 4.)

Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Font 1 Font 1	Cabal Terbolesa	Cabalímetre Terbolímetre	l/min NTU
Font 2 Font 2	Cabal Terbolesa	Cabalímetre Terbolímetre	l/min NTU

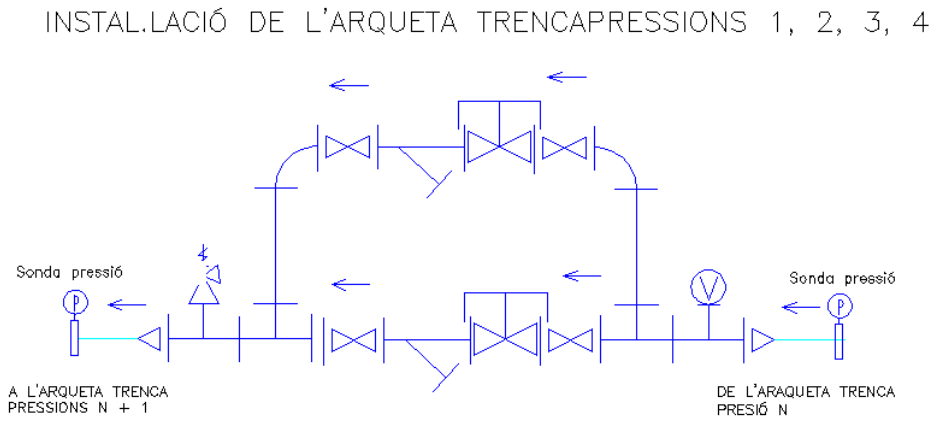
Taula 3. Llistat sensors



(Figura 8. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 5.)

Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Dipòsit 2 (36 m3)	Cabal	Cabalímetre	l/min
Dipòsit 2 (36 m3)	Cabal	Cabalímetre	l/min
Dipòsit 2 (36 m3)	Contacte	Hall Efect	True/false
Dipòsit 2 (36 m3)	Sonda ultrasó		cm

Taula 4. Llistat sensors

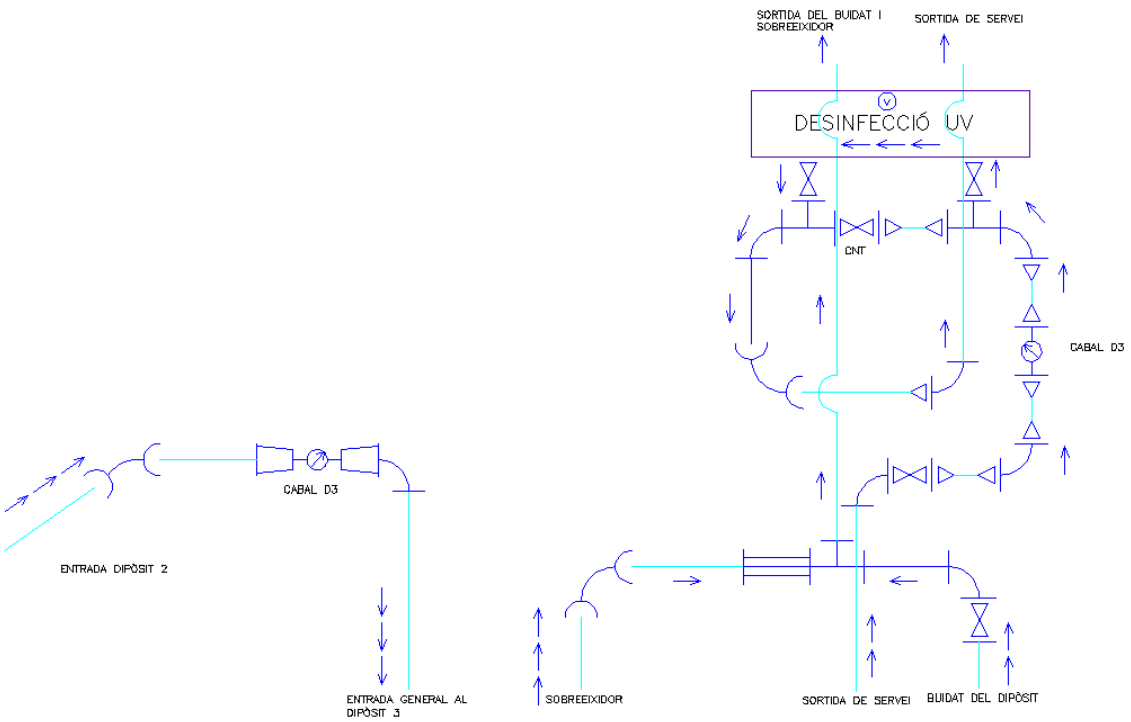


(Figura 9. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 6, 7, 8, i 9.)

Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Arqueta trenca pressió 1	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 1	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 2	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 2	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 3	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 3	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 4	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 4	Sonda pressió	-	Bar

Taula 5. Llistat sensors

*De la implementació de les senyals i aparells a instal·lar per mesurar pressions d'aigua en tubs, es parlarà en el capítol 8. Ampliacions i millores.



(Figura 10. Diagrama de xarxa d'aigua potable. Punt 10.)

Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Dipòsit 3 (2500 m3)	Cabal	Cabalímetre	m3/hora
Dipòsit 3 (2500 m3)	Cabal	Cabalímetre	m3/hora
Dipòsit 3 (2500 m3)	Marxa/Paro 1 OUT	-	True/false
Dipòsit 3 (2500 m3)	Marxa/Paro 2 OUT	-	True/false

Taula 6. Llistat sensors

3.3 Taula resum

Per mirar de fer més entenedor el present document, la següent figura mostra una taula resum, amb totes les sondes i senyals que es volen controlar:

Llistat de tots els senyals i sensors a controlar			
Lloc de control	Nom de la senyal	Aparell a instal.lar	Dades a recollir
Pou 1	Cabal	Cabalímetre	l/min
Pou 1	Terbolesa	Terbolímetre	NTU
Dipòsit 1 (75m3)	Cabal	Cabalímetre	l/min
Dipòsit 1 (75m3)	Terbolesa	Terbolímetre	NTU
Dipòsit 1 (75m3)	Contacte	Hall Efect	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Sonda ultrasó		cm
Dipòsit 1 (75m3)	Electrovàlvula 1	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Electrovàlvula 2	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 1 IN	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 2 IN	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 1 OUT	-	True/false
Dipòsit 1 (75m3)	Marxa/Paro 2 OUT	-	True/false
Font 1	Cabal	Cabalímetre	l/min
Font 1	Terbolesa	Terbolímetre	NTU
Font 2	Cabal	Cabalímetre	l/min
Font 2	Terbolesa	Terbolímetre	NTU
Dipòsit 2 (36 m3)	Cabal	Cabalímetre	l/min
Dipòsit 2 (36 m3)	Cabal	Cabalímetre	l/min
Dipòsit 2 (36 m3)	Contacte	Hall Efect	True/false
Dipòsit 2 (36 m3)	Sonda ultrasó		cm
Arqueta trenca pressió 1	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 1	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 2	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 2	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 3	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 3	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 4	Sonda pressió	-	Bar
Arqueta trenca pressió 4	Sonda pressió	-	Bar
Dipòsit 3 (2500 m3)	Cabal	Cabalímetre	m3/hora
Dipòsit 3 (2500 m3)	Cabal	Cabalímetre	m3/hora
Dipòsit 3 (2500 m3)	Marxa/Paro 1 OUT	-	True/false
Dipòsit 3 (2500 m3)	Marxa/Paro 2 OUT	-	True/false

Taula 7. Llistat sensors

Capítol 4. Anàlisis de la situació energètica

4.1 Situació energètica

Per entendre la situació energètica de la xarxa, cal veure on es situa cada punt de la xarxa d'aigua potable que es vol controlar.

Si recorrem al plànol cartogràfic adjunt al capítol 3, apartat 3.1 del present informe, podrem veure que el dipòsit 3, es troba molt proper a la vila. Aquest dipòsit, per trobar-se proper a la vila, disposa de xarxa elèctrica, és a dir que, té un quadre elèctric que alimenta tots els equips i que podrà alimentar els aparells de mesura de la telegestió.

Pel que fa al dipòsit 1, trobem un grup electrogen que carrega unes bateries existents. A partir d'aquestes bateries es podria alimentar els equips i aparells de la telegestió.

La resta de punts tals com arquetes, punts de captació i dipòsit 2, no disposen d'electricitat, pel que caldria realitzar una instal·lació elèctrica per poder dotar a aquest punts, d'energia per abastir els sistemes de telegestió que es volen instal·lar.

4.2 Opcions d'alimentació

Es disposa de quatre possibles solucions, les quals s'analitzaran al següent quadre:

Via de subministrament	Pros	Contres
Via xarxa elèctrica	* Dotació d'energia constant. * Dotació intensitat ajustada segons demanda.	* Alta inversió degut a la situació remota de les instal·lacions. * Temps en que es du a terme la instal·lació. * Fonts de l'energia. (No renovable en alguns casos)
Via grup electrogen	* Dotació d'energia constant. * Fàcil instal·lació.	* Inversió inicial mitja. * Cal dotar al motor electrogen regularment de combustible. * Font d'energia no renovable.
Via plaques fotovoltaiques	* Font d'energia renovable. * Possibilitat de microgeneració distribuïda.	*Alta inversió inicial. *Tensió generada variable en el temps.(En funció llum)
Via bateries	* Fàcil instal·lació. * Preu molt barat. * Espai raonablement petit.	* Poca intensitat. *Límit en el temps d'ús. (2-6 anys)

Taula 8. Taula comparativa opcions alimentació

Atès que es vol disposar d'un sistema de telegestió, en què els seus mòduls siguin autònoms, i donat el baix consum que es vol que generin aquests, de les quatre possibilitats discutides, es consideraran d'aplicació, la via de plaques fotovoltaiques, o en el seu defecte, per via de bateries.

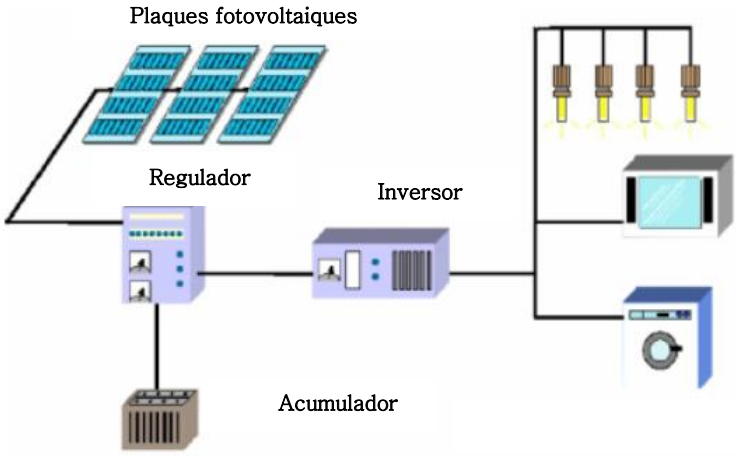
* Cal recordar, que el dipòsit 3, disposa de quadre elèctric, per tant en aquest cas, els aparells a instal·lar a la zona, podran ser connectats a la xarxa elèctrica, sense més despesa que la del consum generat per l'aparell de telegestió.

4.3 Energia fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica, consisteix en convertir la llum directa del sol en electricitat, mitjançant un dispositiu electrònic denominat "cèl·lula solar".

La radiació solar arriba als mòduls, que produeixen energia elèctrica per l'efecte fotovoltaic en forma de corrent continua. (CC).

Els blocs necessaris per injectar la corrent continua generada, acostumen a ser:



(Figura 11. Blocs d'un sistema fotovoltaic)

- **Plaques fotovoltaiques o cèl·lules solars.** Són panells constituïts per materials semiconductors els quals han estat induïts amb un camp elèctric que és constant, i que s'encarreguen de la conversió de l'energia lumínica que prové del sol, en energia elèctrica.
- **Bateria.** Aquest element, es carrega de l'energia elèctrica generada per les plaques fotovoltaiques.
- **Regulador.** Element que permet protegir les bateries, allargant la seva vida útil al evitar sobrecarregues i sobre descàrregues.
- **Inversor.** És l'element que s'encarrega de transformar l'energia elèctrica CC (corrent continu), en CA (corrent altern), necessari per poder alimentar l'equip final, que acostuma a funcionar amb corrent altern.

Capítol 5. Sensors

5.1 Que és un sensor?

Un sensor és un dispositiu capaç de mesurar magnituds físiques o químiques, anomenades variables d'instrumentació i transformar-les en variables elèctriques. Les variables d'instrumentació poden ser per exemple: temperatura, intensitat lumínica, distància, acceleració, inclinació, desplaçament, pressió, força, torsió, humitat, pH, etc. Una magnitud elèctrica pot ser una resistència elèctrica (com en una RTD), una capacitat elèctrica (com en un sensor d'humitat), una tensió elèctrica (com en un termoparell), un corrent elèctric (com en un fototransistor), etc. Aquest senyal pot ser llegit per un observador o instrument.

El sensor pot ser, analògic o digital.

En cas de ser digital, aquest només podrà tornar com a resultat (a la sortida), dos valors, 0 i 1 parlant en termes de lògica digital, el que equivaldria per exemple físicament a dues tensions, com podrien ser 0V i 5V.

El sensor analògic, ens dona com a sortida, una senyal compresa entre un camp de valors instantanis que varien amb el temps.

3.2 Tipus de sensors

En la taula següent s'indiquen alguns dels tipus i exemples de sensors electrònics existents.

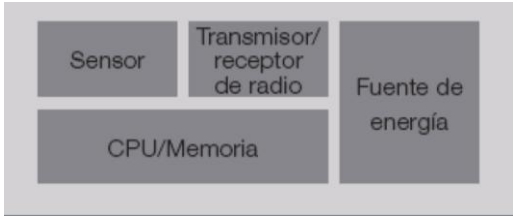
Magnitud	Transductor	Característica
Posició lineal o angular	Potenciòmetre	Analògica
	Encoder	Digital
Desplaçament i deformació	Transformador diferencial de variació lineal	Analògica
	Galga extensiomètrica	Analògica
	Magnetoestrictius	A/D
	Magnetorresistius	Analògica
	LVDT	Analògica
Pressió	Membranes	Analògica
	Manòmetres Digitals	Digital
cabal hidràulic	Turbina	Analògica
	Magnètic	Analògica
Temperatura	RTD	Analògica
	Termistor NTC	Analògica
	Termistor PTC	Analògica

Taula 9. Tipus de sensors existents

3.2 Xarxa de sensors inalàmbrics

Una xarxa de sensors inalàmbrics (WSN) és una xarxa formada per una sèrie de dispositius autònoms, distribuïts en coordenades diferents, que prenen dades de les condicions físiques o ambientals d'un sistema, i les comuniquen inalambricament.

Com ja s'ha comentat, els dispositius són unitats autònomes, de baix cost, que consten de microcontrolador, font d'energia (gaire bé sempre bateria), un radio transceptor més l'element sensor.



(Figura 12. Diagrama de blocs. Dispositiu WSN)

La xarxa acostuma a estar formada, per diversos nodes i un gateway o node central, a través del qual es proveeix al sistema de connectivitat inalàmbrica.

Els protocols inalàmbrics que s'acostumen a emprar, poden ser depenent dels requeriments del sistema, estàndards com IEEE 802.15.4 (ZigBee), o IEEE 802.11 (Wi-Fi) o ràdios propietaris. Més endavant es detalla el funcionament dels estàndards citats.

Capítol 6. Infraestructura de la xarxa telemàtica

6.1 Situació general de la infraestructura

Per entendre la situació de la infraestructura de la xarxa WAN que es vol instal·lar, cal veure on es situa cada punt de la xarxa d'aigua potable que es vol controlar.

En veure la distribució dels punts a controlar, s'obra un ventall de possibilitats, de les quals analitzarem les tres més favorables:

- Creació d'un radioenllaç WI-FI.
- Creació d'un radioenllaç WIMAX.
- Emprar xarxes 2G/3G.

Donades les tres possibilitats, es presenta en un quadre les característiques a favor i en contra de cadascuna de les tres opcions esmentades:

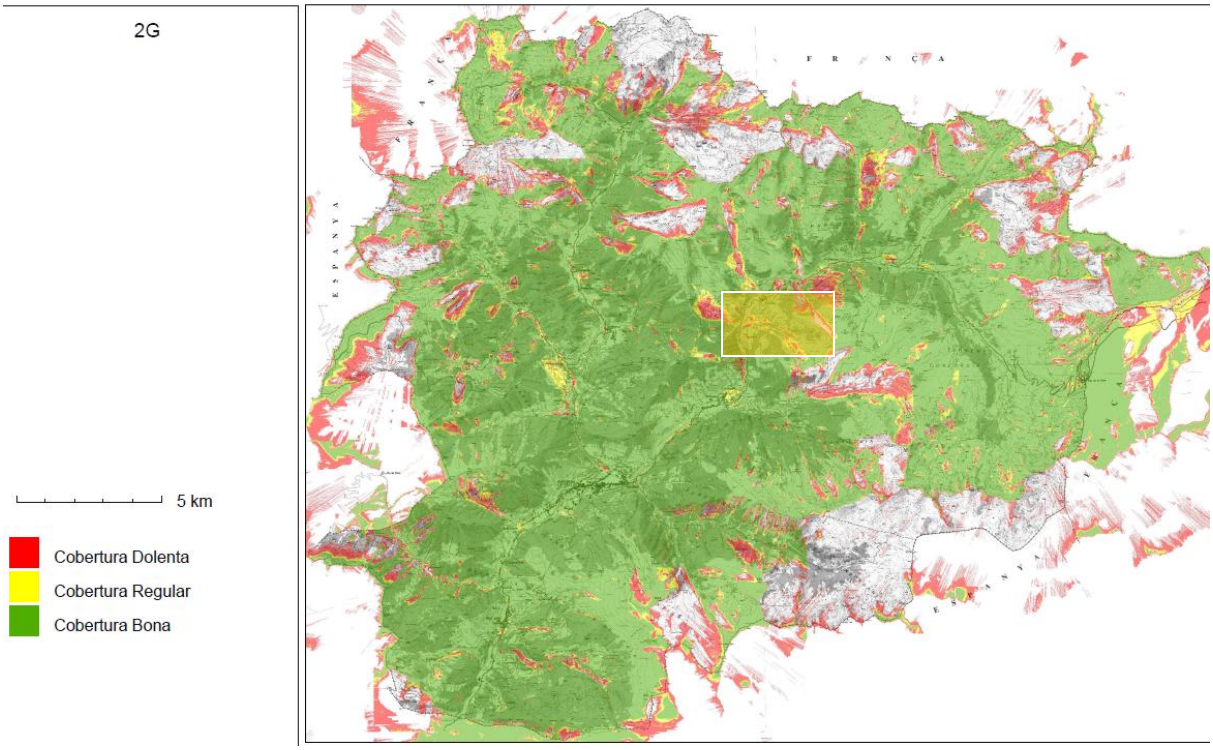
TIPUS	A FAVOR	EN CONTRA
Radioenllaç WI-FI	*Inversió inicial mitja. *Velocitat de transmisió alta. *Preu del MB.	* Requereix preferiblement LOS *Díficil alineació de antenes al no tenir LOS. *Es requereix crear diversos radioenllaços.
Radioenllaç WIMAX	* Facilitat d'instal.lació. *Velocitat de transmisió alta. *Gran abast sense LOS. *Preu del MB.	* Inversió inicial mitja. *Es requereix crear diversos radioenllaços.
2G / 3G	*Instal·lacions existents.	*Baixa velocitat de transmissió. *Preu del MB.

Taula 10. Comparativa opcions radioenllaç

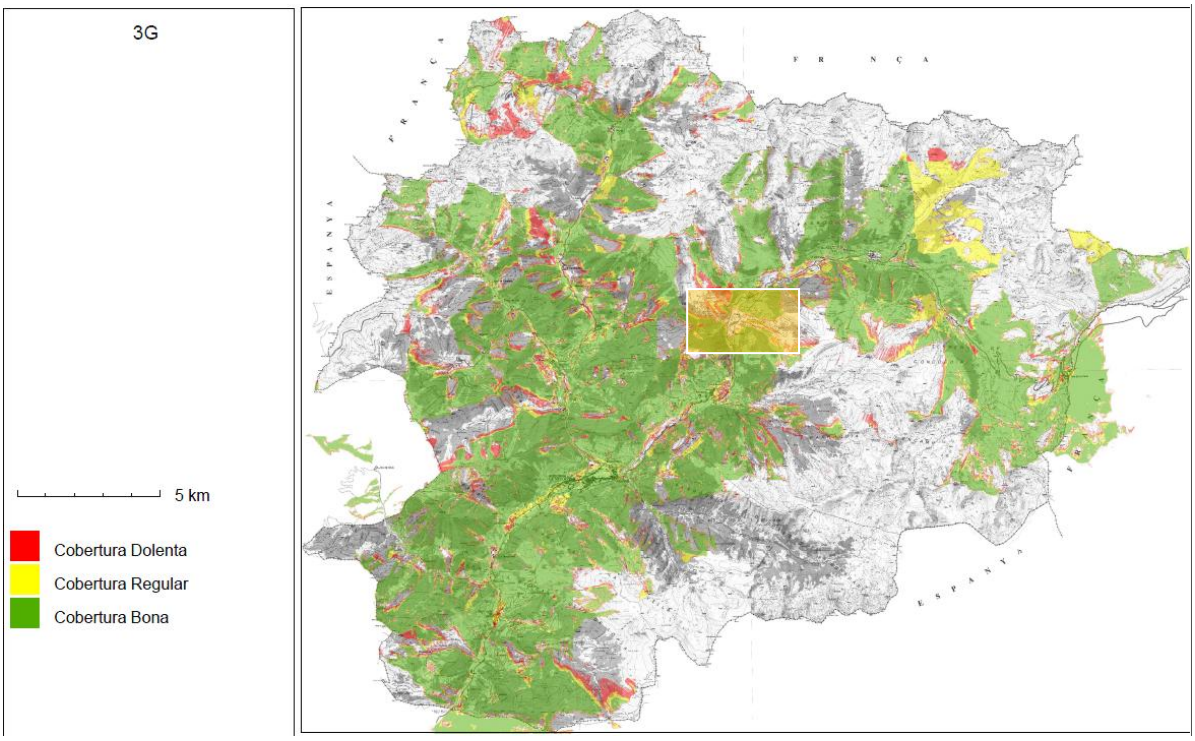
En vista dels arguments exposats anteriorment, es tria emprar un enllaç mòbil 2G/3G, per dos motius que tenen un pes rellevant:

- El primer dels motius, és que actualment trobem una operadora al país que ofereix cobertura 2G/3G, per tant, no caldria fer cap inversió en quant a instal·lacions de l'enllaç.
- El segon, és la velocitat de transmissió que es requereix pel sistema que es vol implantar.
  Donat que únicament es volen rebre dades de sensors, i el nombre d'aquests no és extremadament gran, el volum de dades a transportar, tampoc ho és.

Per tal de justificar adientment la opció triada, s'han realitzat consultes amb alguns dels tècnics de l'operadora del país, perquè em facilitessin plànols de cobertura de les xarxes 2G i 3G, que s'annexen a continuació.



(Figura 13. Cobertura 2G)



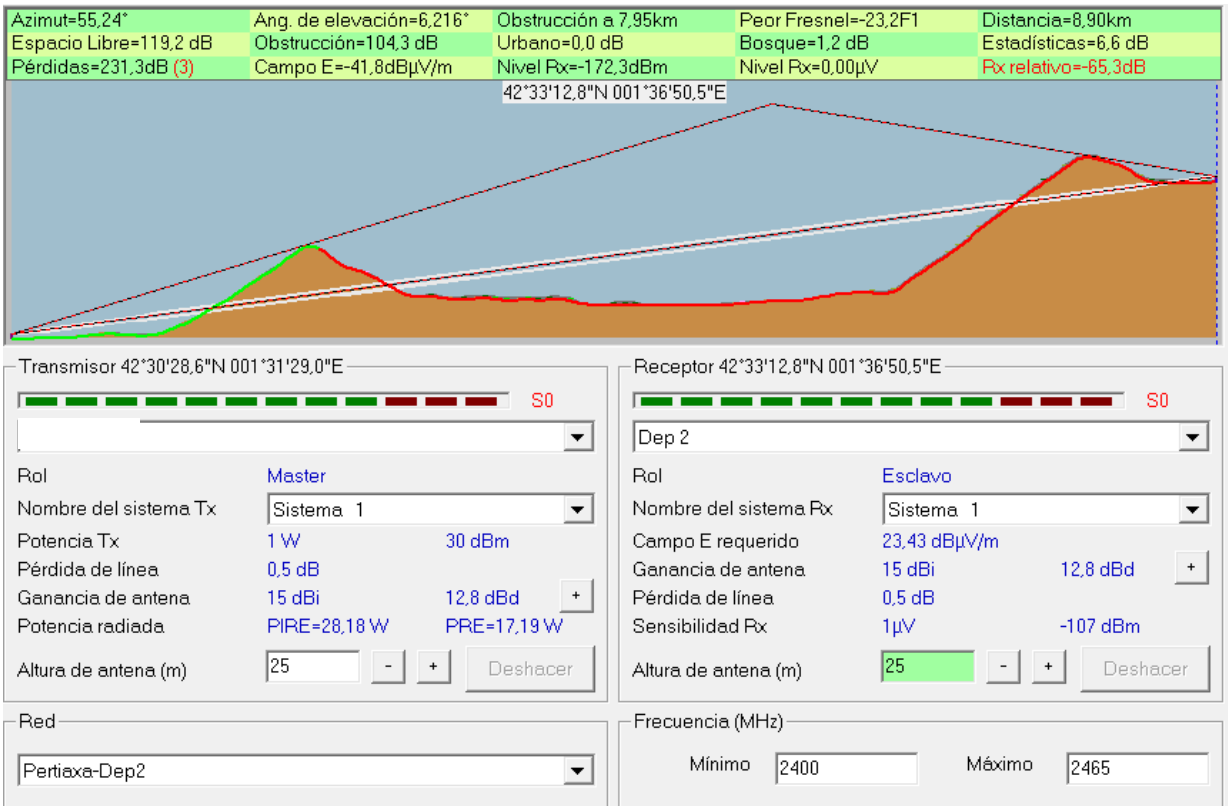
(Figura 14. Cobertura 3G)

* Es poden apreciar amb més detall el resultat de les cobertures 2G i 3G als annexes del present document.

De la mateixa manera, es realitza un estudi aproximat amb el Software Radio Mobile per determinar la possible qualitat d'un radio enllaç WI-FI, i conèixer si seria necessari instal·lar repetidors.

Els paràmetres que s'han triat són els següents:

- Potència Tx 1W
- Guany antena Yagi 15dBi
- Alçada emissor/receptor 25m
- Freqüència mínima 2,4Ghz
- Sensibilitat Rx -107 dBm



(Figura 15. Captura resultat Radio Mobile)

Tot i que les dades triades són aproximades, ens dona una idea de les característiques que haurà de tenir l'enllaç.

Es pot observar que existeixen un parell d'obstacles molt propers a les fonts d'emissió i recepció, per aquest motiu caldria l'ús de repetidors, motiu principal pel qual es descarta aquesta opció.

6.2 Estàndards sense fils

L'accés a Internet del sistema de telegestió serà sense fils, donat que és un dels objectius inherents a la present memòria.

Un sistema sense fils pot representar una sèrie d'avantatges en front un sistema cablejat com ara, mobilitat, flexibilitat, o la facilitat d'instal·lar-los, i són adequats quan el lloc d'instal·lació és de difícil accés.

Ara bé, també poden presentar inconvenients, com ara, el preu o la inestabilitat per les interferències.

Tot seguit es descriuran els estàndards més importants que s'han analitzat i que poden intervenir, en el correcte funcionament de la solució que es presenta en aquest document.

6.2.1 IEEE 802.11

IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) és un estàndard internacional que defineix les característiques d'una xarxa d'àrea local sense fils (WLAN). Wi-Fi (que significa "Fidelitat sense fils") és el nom de la certificació atorgada per la Wi-Fi Alliance, anteriorment WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grup que garanteix la compatibilitat entre dispositius que utilitzen l'estàndard 802.11.

Amb Wi-Fi principalment, es poden crear xarxes d'àrea local sense fils d'alta velocitat sempre i quan l'equip que es vol connectar no es trobi molt llunyà, tot i que, existeix la possibilitat de crear un radioenllaç, amb distàncies que formarien xarxes de gran abast, fent cura de com es projecta el senyal.

L'estàndard 802.11 estableix els models inferiors del model OSI per a connexions sense fils que utilitzen ones electromagnètiques.

El primer estàndard 802.11, permetia un ample de banda de 1 a 2 Mbps, però aquest estàndard original s'ha anat modificant per optimitzar-lo. A continuació s'annexa una taula amb les modificacions més importants:

Nom de l'estándar	Nom	Descripció
802.11a	Wifi5	Permet ample de banda de fins a 54Mbps. Proveeix de vuit canals de radio en la banda de freqüència de 5 GHz
802.11b	Wifi	6Mbps d'ample de banda i arriba fins als 300 metres en aire lliure. Freqüència de 2,4 GHz amb tres canals de radio disponibles.
802.11g		Permet ample de banda de fins a 54Mbps. Banda de freqüència de 2,4 GHz Compatible amb l'anterior estàndard 802.11b
802.11n		Permet ample de banda de fins a 600Mbps. Pot funcionar en les bandes de freqüències de 2,4 i 5 GHz.

Taula 11. IEEE 802.11, modificacions més importants

6.2.2 IEEE 802.15.4

També conegut per ZigBee, és una tecnòloga sense fils de curt abast i baix consum. L'objectiu d'aquesta tecnòloga no es obtenir velocitats de transmissió molt altes, si no obtenir dispositius amb un baix consum energètic.

ZigBee opera en 2,4Ghz sota l'estàndard reconegut 802.15.4.

Fa servir una modulació d'espectre expandit DSSS que permet fins a una velocitat de transmissió de 255Kbps. La gestió del control d'accés al medi es fa mitjançant CSMA/CA. Permet fins a 254 nodes amb tipologia d'estrella, en malla o en grup de arbres.

En ZigBee hi ha tres tipus de dispositius:

- Coordinador. Només un per xarxa i és el coordinador de PAN.
- Router. Pot actuar com a coordinador. És l'encarregat de l'encaminament i/o salts múltiples dels missatges.
- Dispositiu final.

ZigBee pot treballar en dos modes:

- Mode sense balisa: cada dispositiu és autònom i inicia la comunicació en el moment que vol. Els elements "desperten" regularment per anunciar que segueixen estant a la xarxa. Si es produeix un esdeveniment, es desperta instantàniament i ho transmet al coordinador, que està alimentat a través de la xarxa elèctrica (el seu consum elèctric és moderat, perquè sempre ha d'estar mirant l'estat de la xarxa –no es pot adormir–). Aquest és el mode típic en sistemes de seguretat.
- Mode amb balisa: permet controlar el consum, ja que cada dispositiu sap en quin instant pot transmetre. És ideal si el coordinador ha d'anar alimentat amb bateries, ja que un cop ha fet l'abalisament dels dispositius que controla, el coordinador pot tornar a dormir.

6.2.3 Xarxes mòbils 3G

6.2.3.1 UMTS

UMTS és l'acrònim de Universal Mobile Telecomunication System o en català, Sistema Universal de Telecomunicacions Mòbils. Forma part de la família global IMT-2000 del sistema de comunicacions mòbils de tercera generació (3G), successora del sistema GSM i coneguda també per W-CDMA.

UMTS és l'estàndard europeu de tercera generació per a les xarxes de gran abast sense fils. El 3GPP (3 generation partnership project) és un grup de treball de l'ETSI que va actualitzant les versions d'UMTS.

Proporciona serveis d'ús fàcil i adaptable per proporcionar les necessitats i preferències dels usuaris.

Possibilita també els serveis multimèdia d'alta qualitat en àrees on manca aquesta possibilitat amb xarxa física com les zones de difícil accés.

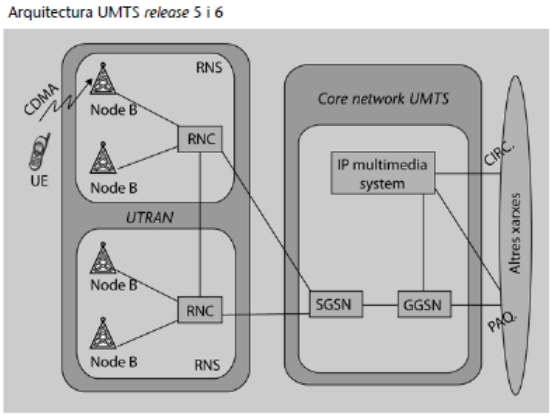
Suporta altes velocitats de transmissió de dades en moltes situacions, espais oberts, interiors d'edificis.

Fa un ús total del Protocol (IP) la qual cosa permet, juntament amb la velocitat, la prestació de serveis multimèdia interactius i noves aplicacions de banda ampla com videotelefonia i videoconferència.

Algunes de les seves característiques principals:

- Alta densitat d'usuaris.
- Igual qualitat i cost que la xarxa fixa per veu.
- Pot arribar a una velocitat de transmissió de dades de fins a 2Mb/s.
- Banda freqüencial: l'any 1992 es va acordar reservar, a partir de l'any 2000, les bandes freqüencials 1.885-2.025 GHz i 2.110-2.200 GHz.
- 5 MHz d'amplada de banda per canal.

La seva arquitectura és semblant a GSM, però amb algunes diferències:



(Figura 16. Arquitectura UMTS)

6.2.3.1 HSDPA

HSDPA (high speed downlink packet access) és una tecnologia disponible en el release 5 d'UMTS/3GPP però que no es va començar a implantar fins al 2006.

Per a un operador només implica una actualització del programari de la xarxa.

HSDPA usa:

- Canals compartits downlink d'alta velocitat (HS-DSCH, high speed downlinkshared channel).
- En UMTS les transmissions d'un usuari s'assignen durant 10-20 ms; en HSDPA ho fan cada 2 ms, i això permet adaptar-se millor a l'entorn (permet adaptar-se a les condicions instantànies del canal).
- QPSK (com UMTS), però si les condicions de ràdio són bones, disposa de 16QAM.
- Taxa de codificació variable, d'1/4 (1/4 dels bits són d'usuari i 3/4 de correcció) fins a 4/4 (no hi ha redundàncies).

	Velocitat teòrica	Velocitat pràctica
GPRS	115 kbps	40 kbps
EDGE	470 kbps	120 kbps
UMTS	2 Mbps	200-300 kbps
HSDPA	14 Mbps	500-1000 kbps

(Figura 17. Velocitats de transmissió)

6.3 Antenes

Una antena és un conductor elèctric, que s'encarrega d'enviar o de captar de l'espai els senyals electromagnètics tractats prèviament (modulats i amplificats). Una antena és l'element físic capaç de generar un camp electromagnètic a partir d'una tensió subministrada i també, capaç de captar un camp electromagnètic i convertir-lo en tensió. Hi ha molts tipus d'antena, la més elemental és l'antena dipol, formada per dues barilles rectes. Les antenes capten o emeten una determinada freqüència o banda de freqüències, depenent de les seves dimensions i construcció física.

Els paràmetres bàsics d'aquestes acostumen a ser: diagrama de radiació o patró de radiació, directivitat, impedància, ample de banda i tipus de polarització.

- Diagrama de radiació

No és més que una representació de la radiació d'una antena, que acostuma a presentar-se de dues formes diferents; podem trobar un diagrama d'elevació; o el diagrama de azimuth. Si es combinen ambdues gràfiques obtenim una representació tridimensional de com es radia l'energia des de l'antena.

- Guany

El guany és la relació de la potència que entra a l'antena i la que surt d'aquesta. Aquest guany s'expressa en DB o DBi i es refereix a la comparació de l'energia que surt de l'antena en qüestió, comparada amb una antena de comportament ideal (Isotròpica).

- Directivitat

La directivitat de l'antena és una mida de la concentració de la potència radiada en una direcció particular. És usualment, una relació de la intensitat de radiació en una direcció particular en comparació a la intensitat promig isotròpica.

- Tipus de polarització

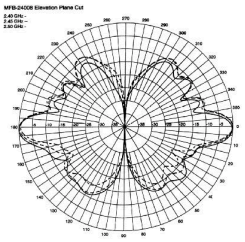
És l'orientació de les ones electromagnètiques al sortir de l'antena. Poden haver de tres tipus: lineal, circular i el·líptic. Aquest paràmetre pren important rellevància si es vol obtenir el màxim rendiment de les antenes, doncs tant l'antena receptora com l'emissora hauran de tenir el mateix tipus de polarització.

6.3.1 Tipus d'antenes

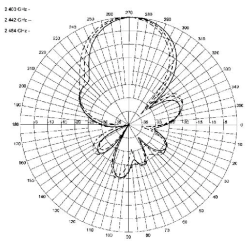
En funció de les necessitats, es produeixen de diverses formes i maneres, per així, millorar algun dels paràmetres típics d'aquest element. Per exemple, si es vol una directivitat de tipus omnidireccional, s'hauria d'optar per una antena dipol, en canvi si el que es vol és guany i que l'ona es propagui en una sola direcció, tindrem les antenes de Panell pla (Flat Panel).

A continuació es citen alguns dels tipus d'antenes més comuns i s'annexa els diagrames de radiació "tipus", per elevació o azimut:

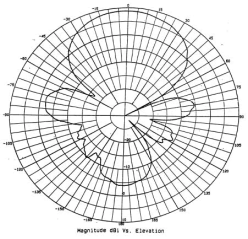
- Antena dipol.
- Antena dipol multi-element.
- Antena Yagi.
- Antena panell pla.
- Antena parabòlica.



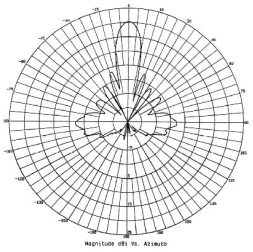
(Figura 18. Antena dipol)



(Figura 20. Panell pla)



(Figura 19. Antena Yagi)



(Figura 21. Parabòlica)

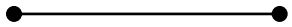
6.4 Topologies de xarxa

En aquest apartat, es descriuran les diferents topologies lògiques i físiques que es poden donar en una xarxa telemàtica, fent especial atenció a la topologia que s'ha triat per donar solució al present problema.

6.4.1 Punt a punt

En una topologia de xarxa punt a punt, els dispositius actuen com socis igual o parells entre si i es poden classificar en funció del sentit en què es transmet la informació.

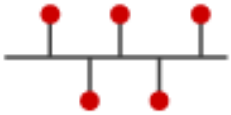
- Símplex: la transacció es transmet en un sol sentit.
- Half-dúplex: la transacció es transmet en ambdós sentits, però mai de manera simultània.
- Full-Dúplex: la transacció es transmet en ambdós sentits i de manera simultània.



(Figura 22. Topologia punt a punt)

6.4.2 Bus

És aquella en què tots els equips estan connectats al mateix medi de transmissió, el qual comparteixen. Aquests equips estan connectats un darrere l'altre de forma lineal. Per aquest motiu, una errada al cablejat en alguna de les seves parts, faria fallar tot o part del sistema.



(Figura 23. Topologia bus)

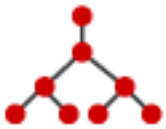
6.4.3 Punt a multipunt (Estrella)

Aquesta forma de connectar equips necessita d'un node central (encaminador), que s'encarrega de gestionar la recepció i enviament de dades. Aquesta topologia tindria el seu punt feble en què si el node central, o encaminador falla, tota la xarxa fallaria.

(Figura 24. Topologia punt a multipunt)

6.4.4 Arbre

Aquest tipus de xarxa, seria una barreja entre una xarxa de bus i una xarxa en forma d'estrella. Un equip es connecta a un encaminador i aquest es pot connectar amb més encaminadors o més equips, però sense formar bucles.



(Figura 25. Topologia en arbre)

6.4.5 Malla

En aquest tipus de xarxa, tots els equips es connecten entre si. Serà la que disposi de més redundància i la més segura davant de possibles fallades d'algun node, però no sense presentar alguns problemes, com els bucles que es poden formar, on els aparells poden estar reenviant indefinidament trames, ocupant l'ample de banda de la xarxa.

(Figura 26. Topologia en malla)

6.4.6 AdHoc

Les xarxes AdHoc, són estructures atribuïdes a les xarxes inalàmbriques on cada node està preparat per enviar dades als nodes veïns i a on no cal emprar cap node central, com encaminadors per gestionar la comunicació entre nodes.

(Figura 27. AdHoc)

6.5 Esquema de la xarxa plantejada

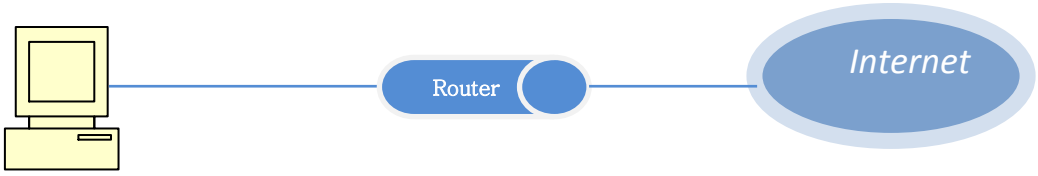
En aquest capítol es detallaran els equips triats, ubicacions, el disseny de xarxa, així com altres propietats de la solució triada.

En quant el disseny de xarxa, haurem de diferenciar 2 situacions:

- La primera, és aquella que descriu la xarxa en el nostre lloc de treball, és a dir l'oficina on es vol realitzar el monitoreig de la xarxa d'aigua potable.
- La segona, és aquella que descriu la xarxa sobre les instal·lacions de la xarxa d'aigua potable, per anomenar-la d'alguna manera, la xarxa de camp.

6.5.1 Xarxa al lloc de treball

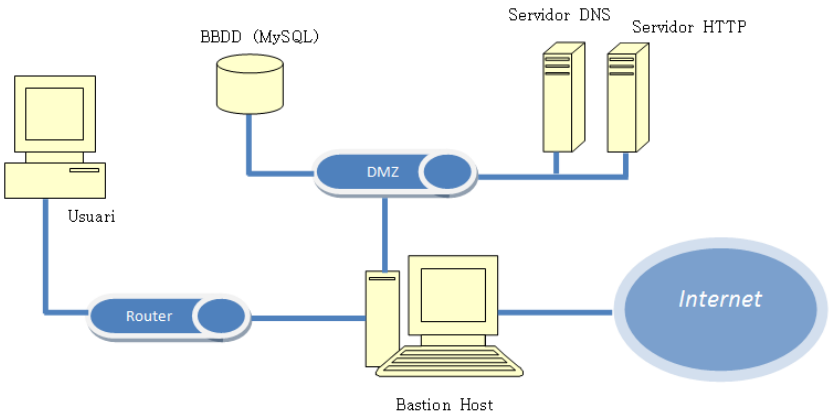
La solució que es presenta, és la més senzilla i la que representa un cost menys elevat. Consta d'un equip personal i un router. La base de dades, sobre la que es bolcaran totes les dades recollides per l'exèrcit de sensors, es situa al mateix PC.



(Figura 28. Xarxa al lloc de treball)

Es podia haver optat per una xarxa una mica més complexa, on es dissenya una DMZ, per donar cabuda als diferents servidors, i on es separa els equips interns dels externs, mitjançant un encaminador i un bastion host.

Però aquesta solució no és recomanable si l'estructura de l'empresa no es prou gran, donat l'elevat cost de manteniment que implica disposar d'un centre de dades propi. De totes maneres, s'annexa un possible esquema, en cas de disposar dels recursos necessaris per donar-hi cabuda.



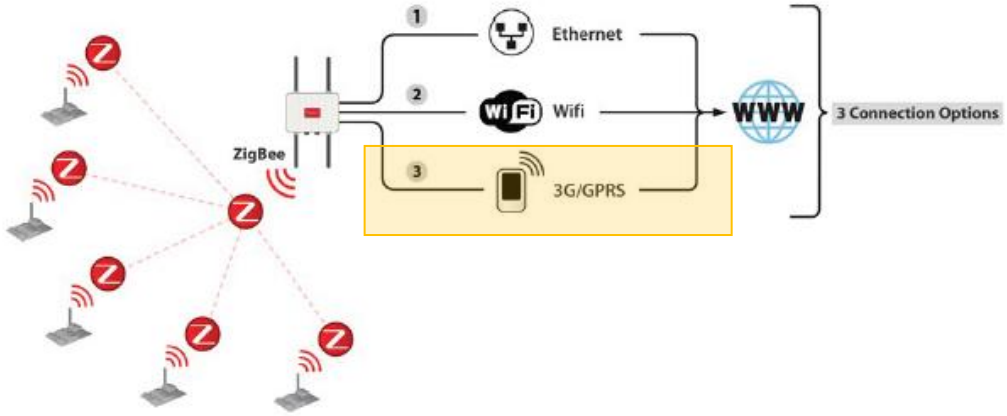
(Figura 29. Xarxa al lloc de treball. *Empresa)

6.5.2 Xarxa de camp

En aquest cas, el que es pretén muntar, respon al següent disseny en tipologia d'estrella, punt a multipunt, on trobem un encaminador, o gateway central, que s'encarrega de comunicar, la resta de nodes.

L'encaminador pot disposar d'accés a Internet, per via 3G/GPRS, via Wi-Fi, o Ethernet.

Seguint el raonament exposat en apartats anteriors, la solució triada dotarà d'Internet al sistema mitjançant 2G.



(Figura 30. Tipologia xarxa de camp)

6.5.3 Equips triats. Router Meshlium Xtreme

Un dels objectius principals que es descriu en la present memòria, és obtenir una solució plug & play via Wireless.

Per tant, tenint en compte aquest objectiu, s'han triat una gamma de productes oferts per una empresa espanyola de recent creació, però que en els darrers anys ha obtingut multitud de reconeixements per part de la comunitat.

Dit això, el primer dels productes triats, és Meshlium ZigBee-Mesh-3G/GPRS-AP. Meshlium és un router, que permet la connexió amb altres nodes sensors, emprant l'estàndard de ràdio 802.15.4, a més de disposar d'un mòdul que permet dotar-lo d'accés a Internet mitjançant 3G/GPRS.

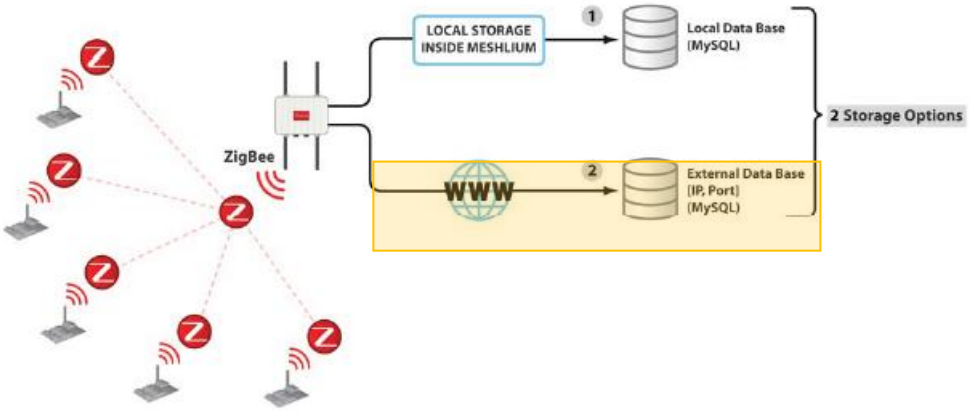
Algunes de les seves característiques principals es poden veure a la següent figura:

Processor	500MHz (x86)	
RAM memory	256MB (DDR)	
Disk memory	8GB / 16GB / 32GB *	
Power	5W (18V)	
Power Source	POE (Power Over Ethernet)	
Normal Current Consumption	270mA	
High Current Consumption	450mA	
Max Supply Current	1'5A	
Enclosure	Material	Aluminium
	Dimensions	210x175x50mm
	Weight	1,2Kg
	External protection	IP65
Temperature Range	-20ºC / 50ºC	
Response Time to ethernet ping	60s	
Time to have all the services running	90s	
Types of power supply ** for POE	AC-220V	
	Battery – solar panel (DC-12V)	
	Car lighter (DC-12V)	
System	Linux, Debian. OLSR Mesh communication protocol. Madwifi Drivers.	
Management software	Meshlium Manager System (open source)	
Security	Authentication WEP, WPA-PSK, HTTPS and SSH access.	

(Figura 31. Router Meshlium)

Permet dos tipologies en quant a emmagatzematge de les dades rebudes pels nodes:

- Local: Donat que disposa de memòria interna de fins a 32 Gb, permet enregistrar les dades que envien els nodes sensors.
- Data base externa: Dona la possibilitat d'establir una connexió remota a una base de dades externa, facilitant l'IP i el port on es situarà la base de dades.



(Figura 32. Tipus d'emmagatzematge)

Cal mencionar que la solució que es presenta, emprarà una base de dades externa en primera instància. Per tant, una de les possibles millores a implantar, és disposar tant de la base de dades externa com interna. D'aquesta manera, disposaríem d'una primera còpia de seguretat de les dades generades.

Les seves característiques de propagació amb el protocol 802.15.4, són:

Model	XBee - PRO - 802.15.4
Frequency	2.4GHz
Tx-Power	100mW
Rx Sensitivity	-100dBm
Antenna	5dBi Dipole
Distance	7km *

(Figura 33. Propagació Zigbee)

Amb el mòdul 3G:

3G/GPRS Module

Protocols	3G *, WCDMA, HSPA, UMTS, GPRS, GSM
Quad Band	850MHz/900MHz/1900MHz/2100MHz
Output power	UMTS 850/900/1900/2100: 0.25W GSM850/GSM900: 2W DCS1800/PCS1900: 1W
Rx Rate	7.2Mb/s
Tx Rate	5.5Mb/s
Antenna	3dBi

(Figura 34. característiques 3G)

Amb el mòdul Wi-Fi:

WIFI RADIO	
Chipset	Atheros AR5213A - IEEE 802.11b/g
Tx-Power	100mW - 20 dBm
Distance	500m *

(*) Depending on antenna and line of sight

ANTENNA	
Type	Omnidirectional
Gain	5dBi
Dimensions	224 x 22 mm

(Figura 35. característiques Wi-Fi)

Per últim, cal mencionar l'opció de crear un enllaç anomenat Mesh que permet dues bandes i serveix per interconnectar, diversos routers Meshlium. Exposem les seves característiques a continuació:

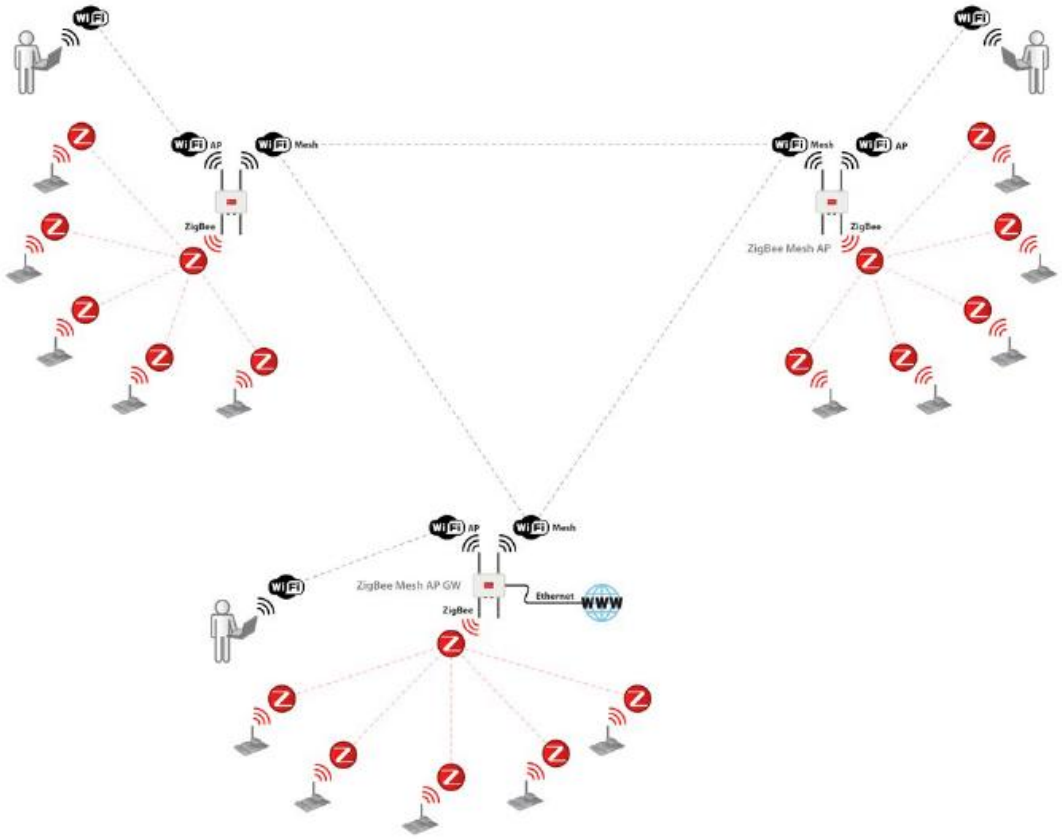
WIFI RADIO	
Chipset	Atheros AR5213A - IEEE 802.11a/b/g
Tx-Power	20dB - 802.11b/g / 18dB - 802.11a
Distance	2-50km *

(*) Depending on antenna and line of sight

ANTENNA	
Type	Omnidirectional
Gain	5dBi - 2.4GHz / 8dBi - 5GHz
Dimensions	224 x 22 mm

(Figura 36. característiques Wi-Fi mesh)

La topologia de la xarxa emprant aquest tipus de radio enllaç presentat podria quedar de la següent manera:

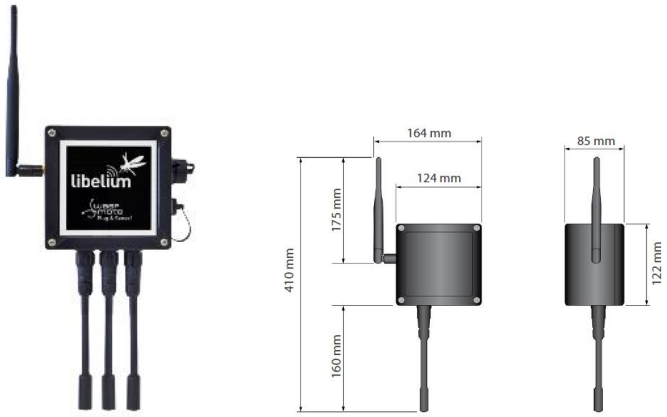


(Figura 37. Possible topologia de xarxa)

6.5.4 Equips triats. Waspmote plug&play

Els següents productes que es presenten són els nodes sensors que es comunicaran mitjançant l'estàndard 802.15.4 amb el router Meshlium.

Algunes de les seves característiques principals es poden veure a les següents figures:



- **Material:** polycarbonate
- **Sealing:** polyurethane
- **Cover screws:** stainless steel
- **Ingress protection:** IP66 / IP67
- **Impact resistance:** IK08
- **Rated insulation voltage AC:** 690 V
- **Rated insulation voltage DC:** 1000 V
- **Heavy metals-free:** Yes
- **Weatherproof:** true - nach UL 746 C
- **Ambient temperature (min.):** -10 °C
- **Ambient temperature (max.):** 50 °C
- **Approximated weight:** 800 g

(Figura 38. Waspmote plug&play)

En quant a les seves característiques de propagació amb el protocol 802.15.4, són:

Module	Frequency	TX power	Sensitivity	Channels	Distance
PRO	2,40 – 2,48GHz	63.1mW	-100dBm	13	7000m

The frequency used is the free band of 2.4GHz, using 16 channels with a bandwidth of 5MHz per channel.

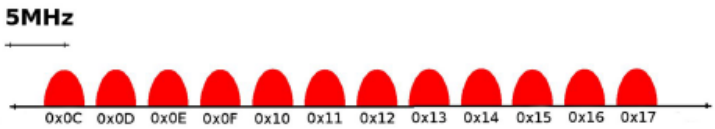


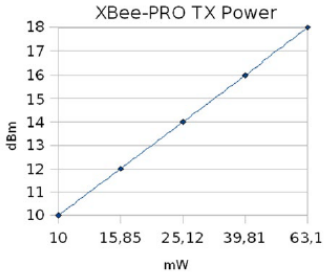
Figure 42: Frequency channels in the 2.4GHz band

Channel Number	Frequency
0x0C – Channel 12	2,405 – 2,410 GHz
0x0D – Channel 13	2,410 – 2,415 GHz
0x0E – Channel 14	2,415 – 2,420 GHz
0x0F – Channel 15	2,420 – 2,425 GHz
0x10 – Channel 16	2,425 – 2,430 GHz
0x11 – Channel 17	2,430 – 2,435 GHz
0x12 – Channel 18	2,435 – 2,440 GHz
0x13 – Channel 19	2,440 – 2,445 GHz
0x14 – Channel 20	2,445 – 2,450 GHz
0x15 – Channel 21	2,450 – 2,455 GHz
0x16 – Channel 22	2,455 – 2,460 GHz
0x17 – Channel 23	2,460 – 2,465 GHz

(Figura 39. Característiques Waspmote)

A més, es pot regular la potència de transmissió del senyal, facilitant 5 nivells d'energia disponibles:

Parameter	Tx XBee-PRO
0	10dBm
1	12dBm
2	14dBm
3	16dBm
4	18dBm



(Figura 40. Potències de treball, Waspmote)

6.5.5 Equips triats. Complements

Tal com s'ha comentat en apartats anteriors, alguns dels nodes, no disposaran d' un punt pròxim amb corrent elèctric, per tant, aquests hauran de ser autònoms en quant a energia.

Això s'aconsegueix amb els complements, basats en instal·lar plaques fotovoltaiques en sèrie amb un inversor i la bateria.

Les següents figures representen les dos opcions disponibles i les característiques del complement.

Internal solar panel features

- **Max power:** 1.3 W
- **Max power voltage:** 6,5 V
- **Max power current:** 205 mA
- **Dimensions:** 111 x 91 x 3 mm

(Figura 41. Panell intern)

- **Max power:** 3W
- **Max power voltage:** 5,8 V
- **Max power current:** 520 mA
- **Dimensions:** 234 x 160 x 17 mm
- **Weight:** 0.54 Kgs

(Figura 42. Panell extern)

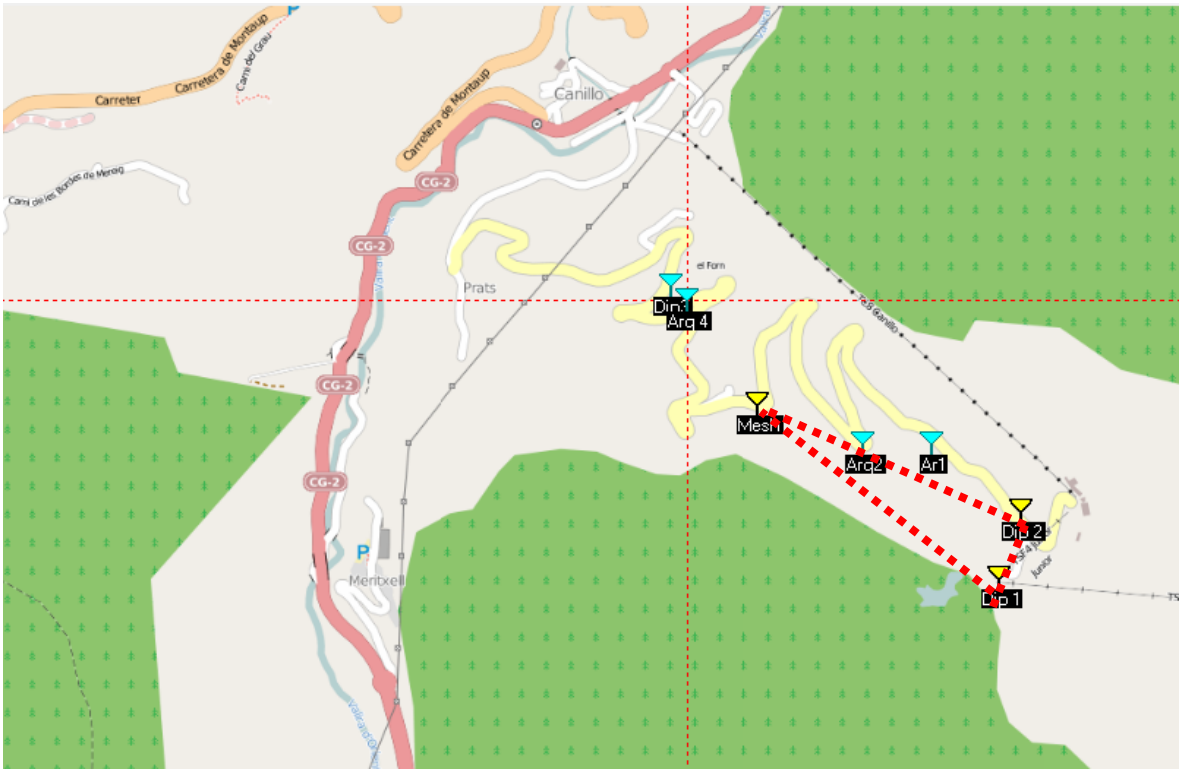
6.6 Estudi de propagacions dels senyals

Per obtenir la ubicació dels equips abans esmentats i que tots aquests es puguin connectar a la xarxa plantejada, s'empra el software gratuït, Radio Mobile, que ens permetrà simular en base a les característiques dels aparells seleccionats, la qualitat de l'enllaç.

6.6.1 Situació dels elements que formaran part de la xarxa

Després de realitzar diverses proves, es considera que la millor de les simulacions obtingudes, en resulta de formar una primera topologia en la que s'enllaçarien 3 estacions del tipus Meshlium ZigBee-Mesh-3G/GPRS-AP, mitjançant enllaç Wi-Fi mesh de 2,4 GHz, per després connectar a aquest sistema principal, els nodes sensors, que hem mencionat (Waspmote, plug&sense), emprant Zigbee.

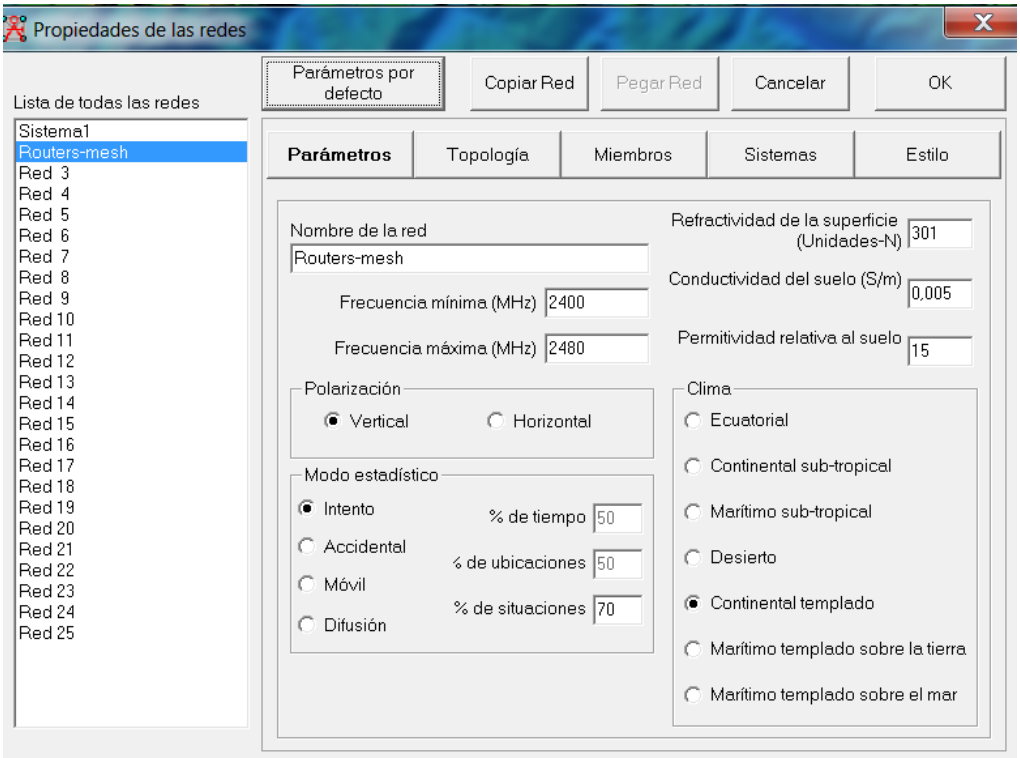
En la següent figura es mostra la situació de cada node sobre l'aplicatiu Radio Mobile:



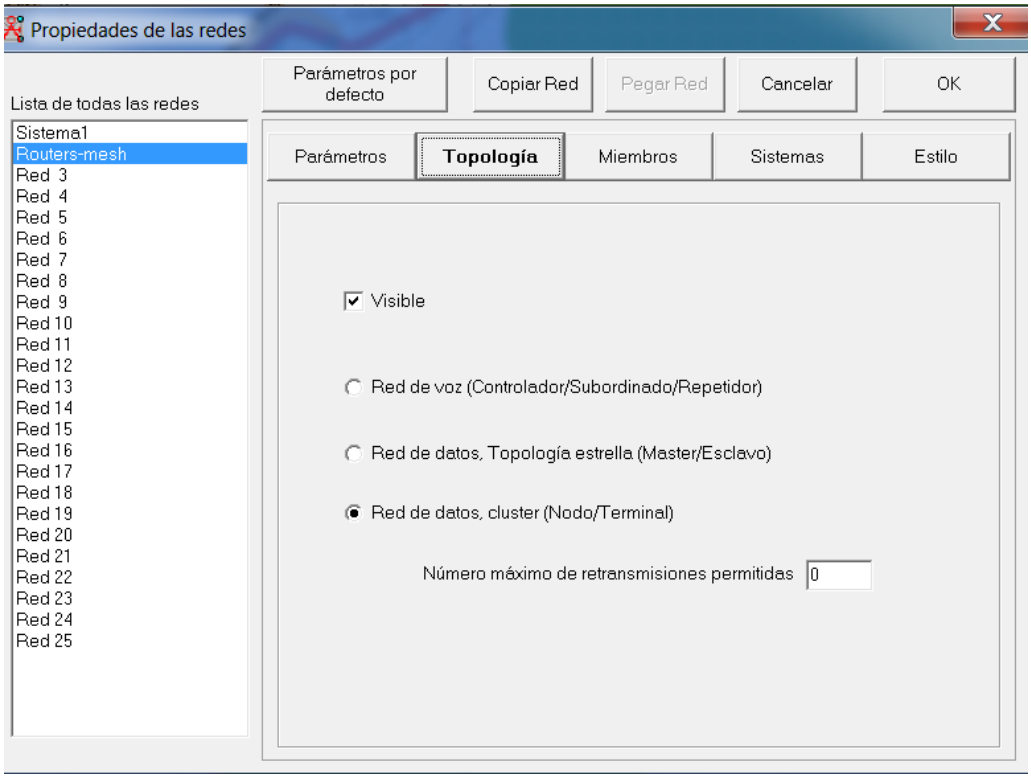
(Figura 43. Plànol de situació dels nodes i estacions)

Com s'ha mencionat, la xarxa que es simularà és la que s'ha anomenat router-mesh i és la formada per 3 routers connectats amb un radio enllaç de 2,4 Ghz, que empren antenes omnidireccionals de 5dBi, amb una potència de transmissió de 20 dBm.

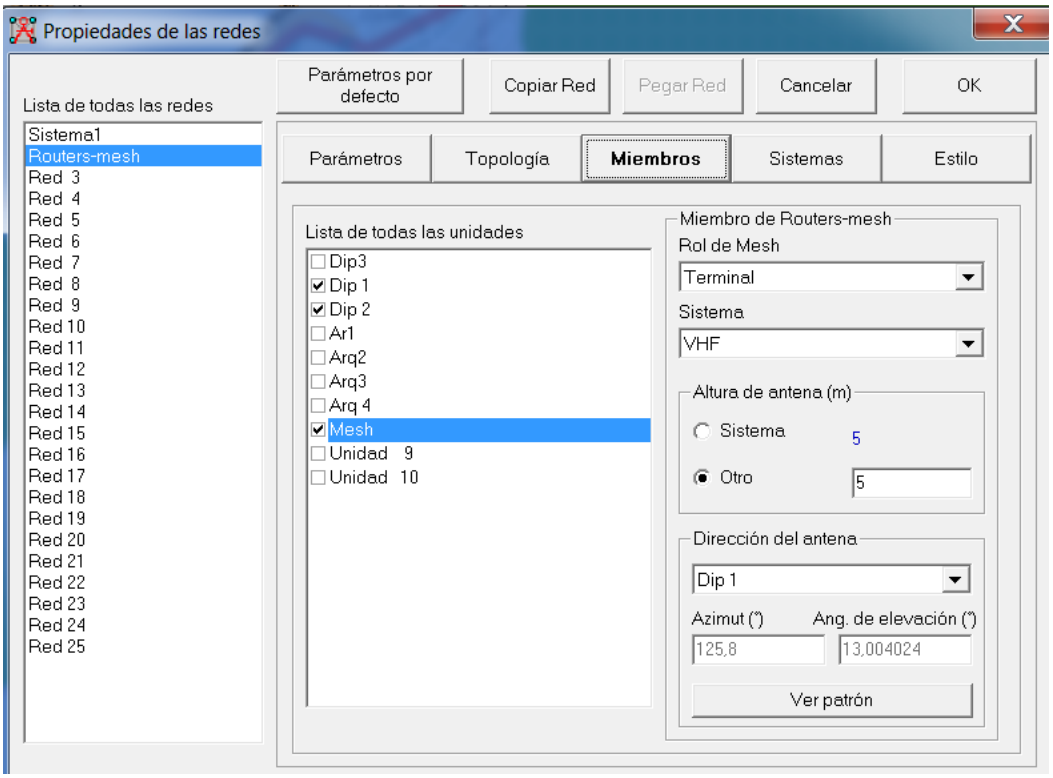
Els passos seguits i el resultat obtingut és el següent:



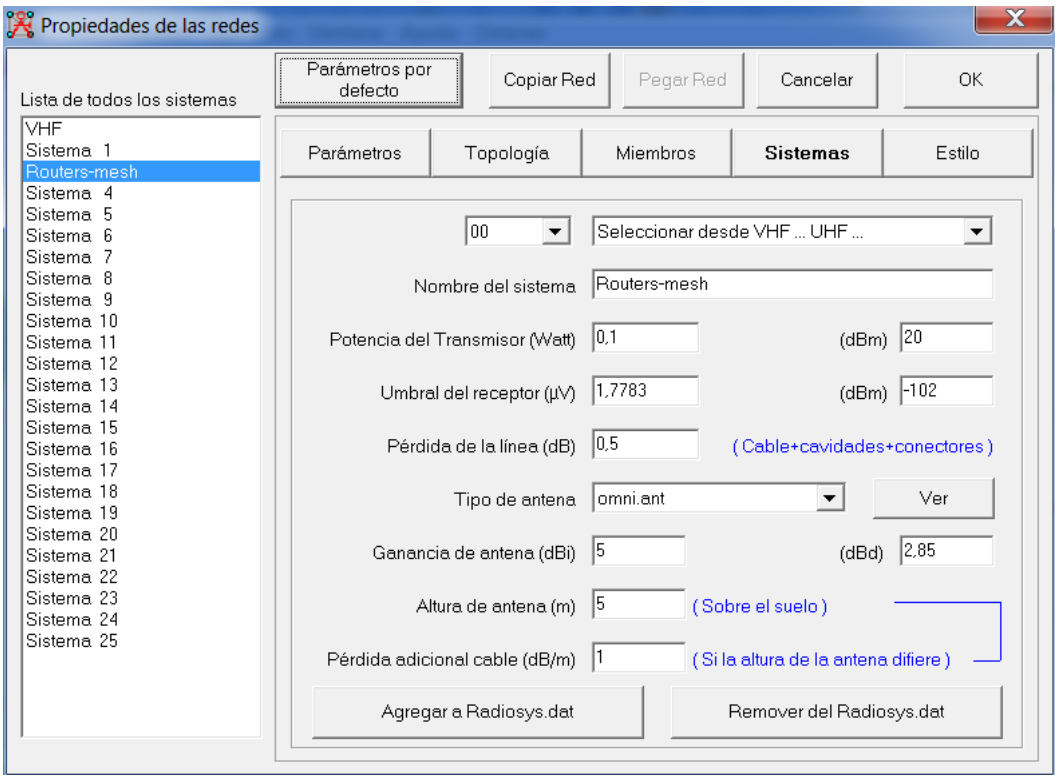
(Figura 44. Configuració simulació xarxa routers-mesh)



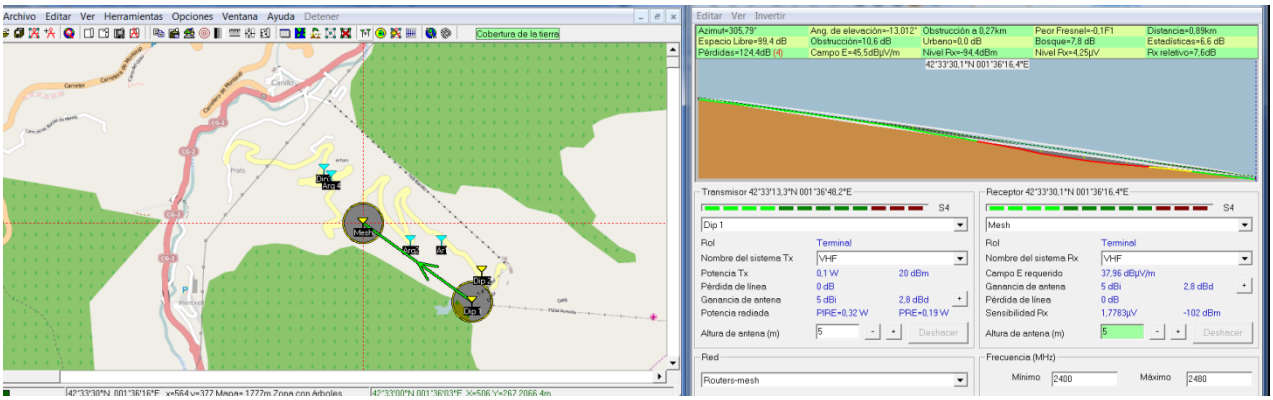
(Figura 45. Configuració simulació xarxa routers-mesh)



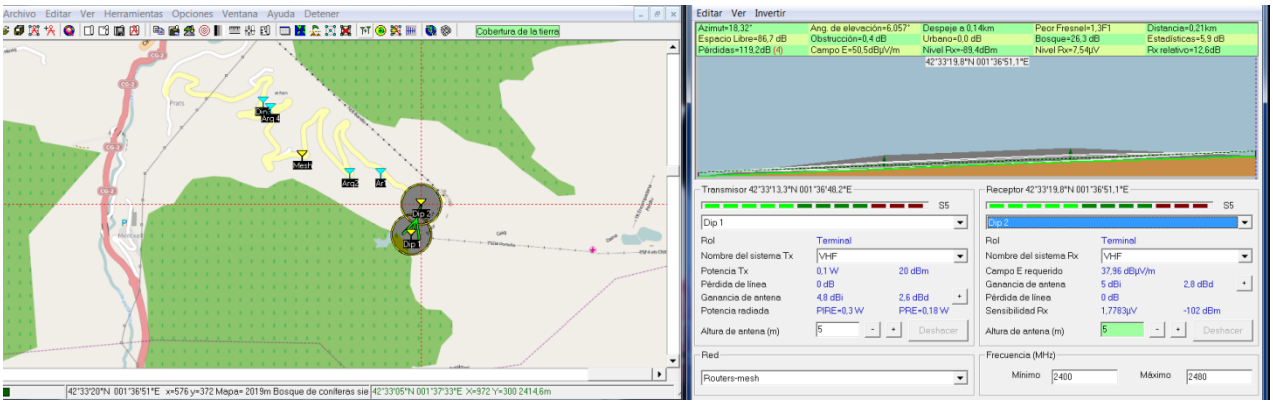
(Figura 46. Configuració simulació xarxa routers-mesh)



(Figura 47. Configuració simulació xarxa routers-mesh)



(Figura 48. Resultats simulació xarxa routers-mesh)



(Figura 49. Resultats simulació xarxa routers-mesh)

Queda demostrat que disposaran de connectivitat els 3 nodes que podem anomenar principals i que dotaran de connexió a la resta de nodes sensors situats ens els diferents punts de captació.

6.6.2 Coordenades geogràfiques

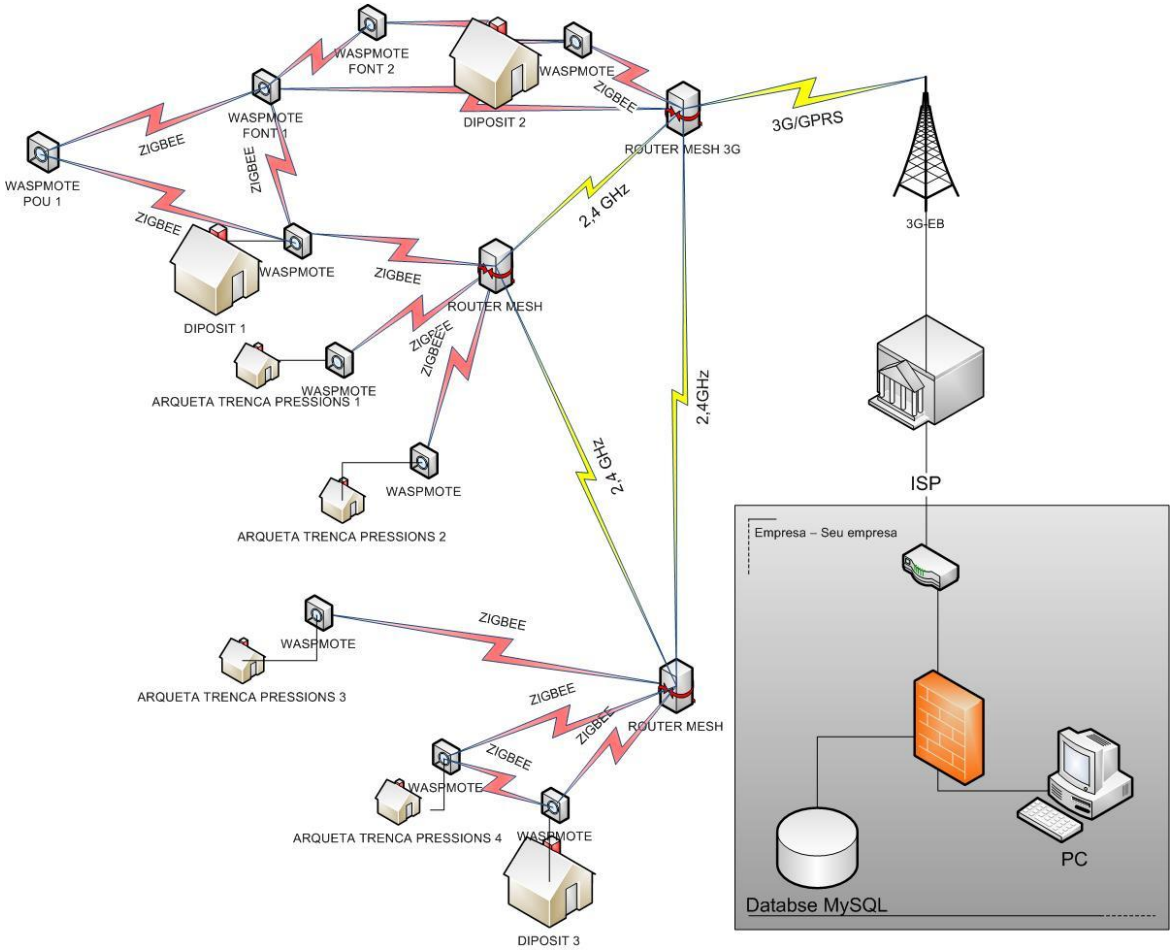
Les coordenades geogràfiques s'han extret del Google maps. Per tant són aproximades. Per més precisió, caldria desplaçar-se al lloc que es vol controlar amb un GPS i anotar la coordenada.

		Coordenades	
Situació	Equip	Nord	Sud
Dip 1	Estació Mesh	42º 33' 13,26"	1º36'48,15"
Dip 3	Waspmote	42º 33' 41,59"	1º36'5,18"
Dip 2	Estació Mesh	42º 33' 19,76"	1º36'51,12"
Arqueta 1	Waspmote	42º 33' 27,26"	1º36'39,38"
Arqueta 2	Waspmote	42º 33' 26,28"	1º36'30,37"
Arqueta 3	Waspmote	42º 33' 30,14"	1º36'16,41"
Arqueta 4	Waspmote	42º 33' 40,22"	1º36'7,19"
Arqueta 3	Estació Mesh	42º 33' 30,14"	1º36'16,41"
Pou	Waspmote	42º 33' 12,50"	1º36'5,18"
Font 1	Waspmote	42º 33' 14,93"	1º36'55,87"
Font 2	Waspmote	42º 33' 14,26"	1º36'53,94"

Taula 12. Situació geogràfica equips triats

6.6.3 Esquema de la xarxa

Per tancar aquest capítol, en què s'ha estudiat i analitzat la xarxa, s'annexa un esquema general de com quedaria la xarxa de nodes i routers que es volen ubicar arreu del sistema que es vol monitoritzar.



(Figura 50. Esquema general de la xarxa)

*Tot i que es grafia un servidor independent per a la base de dades, cal recordar que en la solució que es proposa, la base de dades es troba allotjada al mateix PC.

Capítol 7. Configuració dels mòduls

7.1 Router Meshlium

El router disposa d'un firmware que ens permetrà afegir els nodes Waspmote, que controlen els sensors, a la xarxa que volem crear, així com, configurar els enllaços Wi-Fi mesh, que s'ha comentat a l'apartat anterior, o configurar el que serà el router principal o gateway de la xarxa, que no és més que un router amb un mòdul 3G/GPRS.

Per poder accedir al firmware del router, serà necessari connectar el router Meshlium a la nostra xarxa activa a través d'un cable ethernet.

Tot seguit caldrà ingressar al navegador la URL següent:

- URL: http://10.10.10.1/ManagerSystem

Llavors apareixerà una pàgina on haurem d'entrar el nom d'usuari i la contrasenya, que per defecte són, root i libelium, respectivament.

(Figura 51. Pàgina inici configuració router mesh)

En aquest moment haurem ingressat al router mesh i podrem controlar el firmware de configuració de l'aparell.

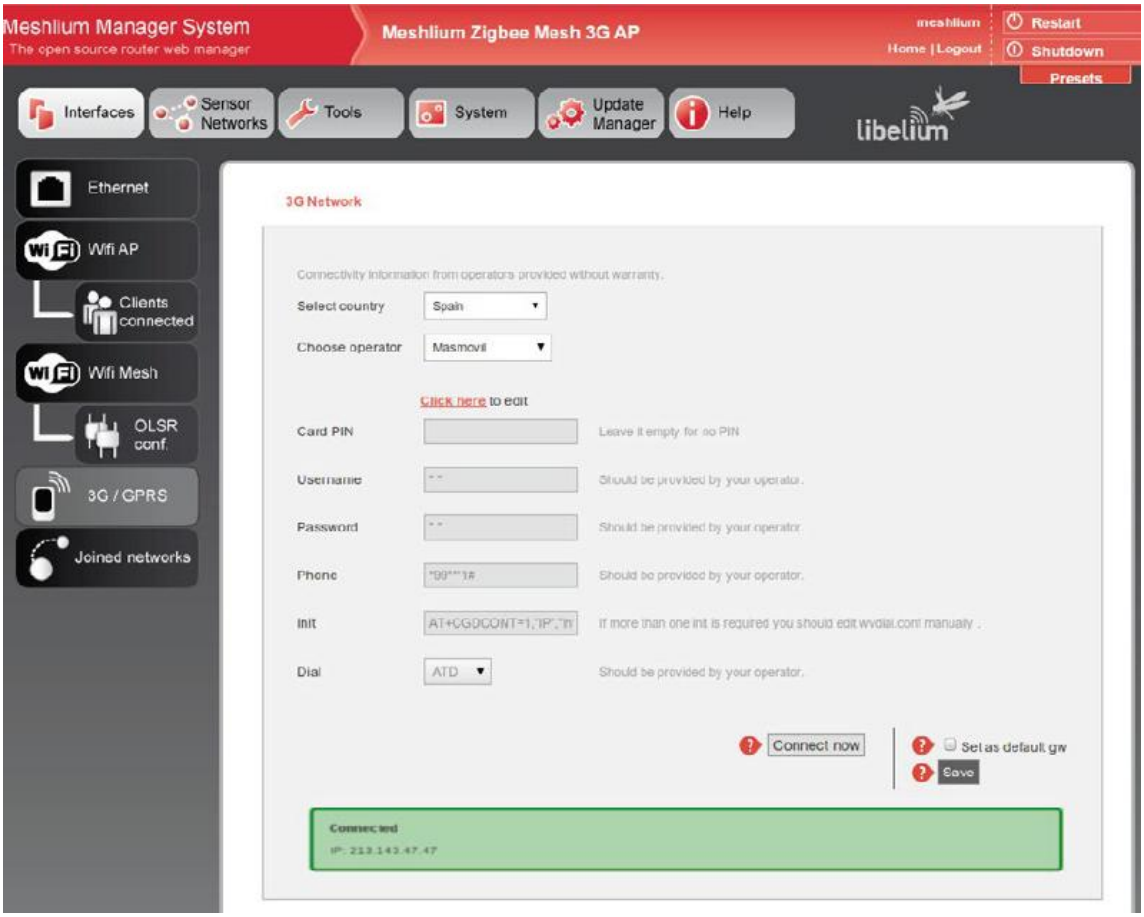
7.1.1 Configuració del gateway 3G/GPRS

Serà necessari, en primera instància adquirir un contracte amb l'operadora telefònica del país.

L'operadora ens lliurarà una targeta SIM i les següents dades:

- Nom usuari.
- Contrasenya.
- Núm. Telèfon.
- Dial.

Aquestes dades s'hauran d'introduir a l' interfície gràfica del router.

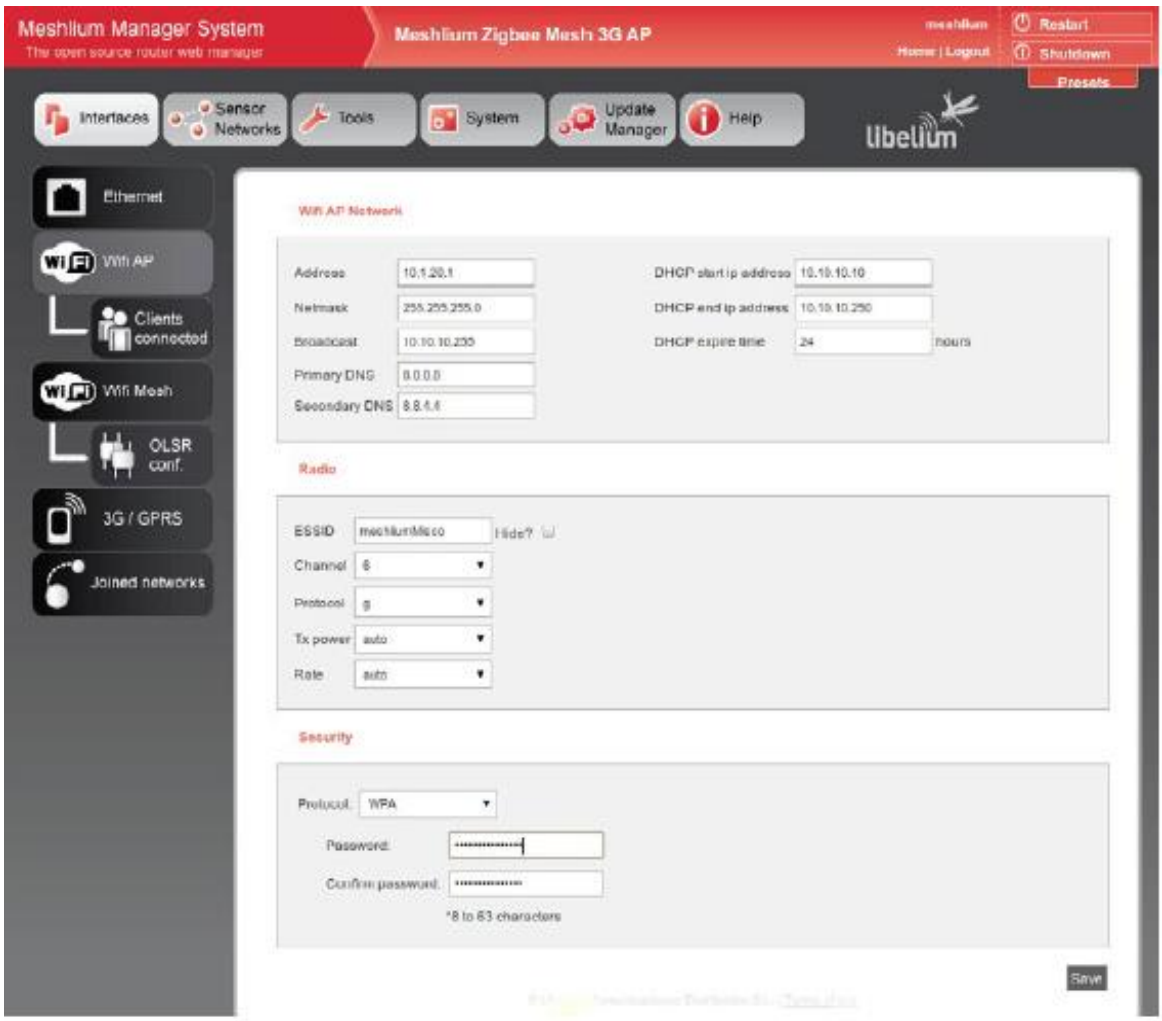


(Figura 52. Pàgina configuració 3G/GPRS)

Si s'han entrat les dades de configuració 3G/GPRS correctament, en testar la nostra connexió amb el botó de connect now, la màquina ens imprimirà un missatge, com el que apareix subratllat en verd, i ens facilitarà la IP.

7.1.2 Configuració dels enllaços mesh

Aquesta configuració radio, normalment ve configurada de fàbrica. En adquirir diversos routers mesh, un d'ells vindrà etiquetat com a gateway, que serà el que dotarà de connexió a Internet a la resta de routers mesh, a través de radio freqüència 2,4Ghz sobre protocol WI-FI, que lliurarà una IP entre els rangs de valors 10.10.10.10-10.10.10.250.



(Figura 53. Pàgina configuració WIFI)

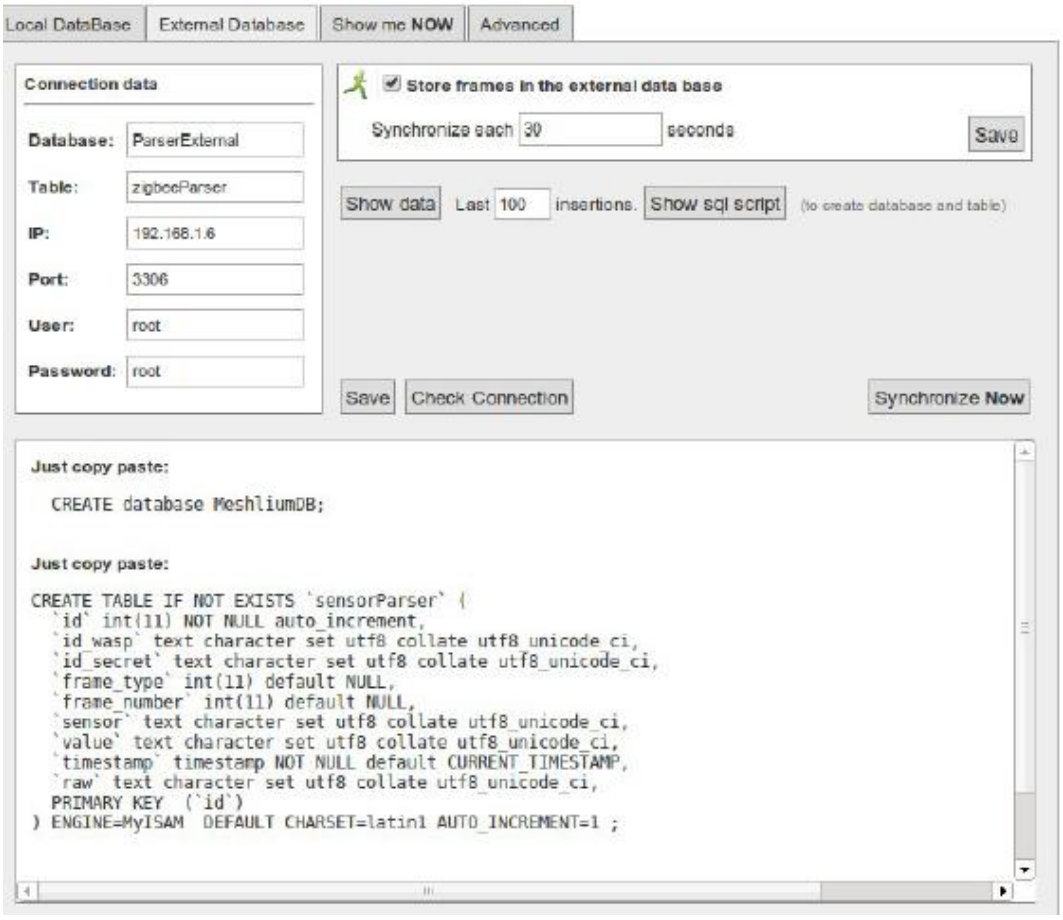
De totes maneres es podran modificar paràmetres com el canal o la potència o fins i tot, triar entre models de seguretat WEP o WPA.

7.1.3 Configuració per a la BD externa

En aquest punt, serà necessari disposar d'algun software per a gestionar una base de dades, en concret caldrà disposar de MySQL.

Aquest haurà d'estar instal·lat al PC de la nostra seu central.

Llavors s'hauran de crear les següents taules, que podrem trobar a l' interfície del router mesh:



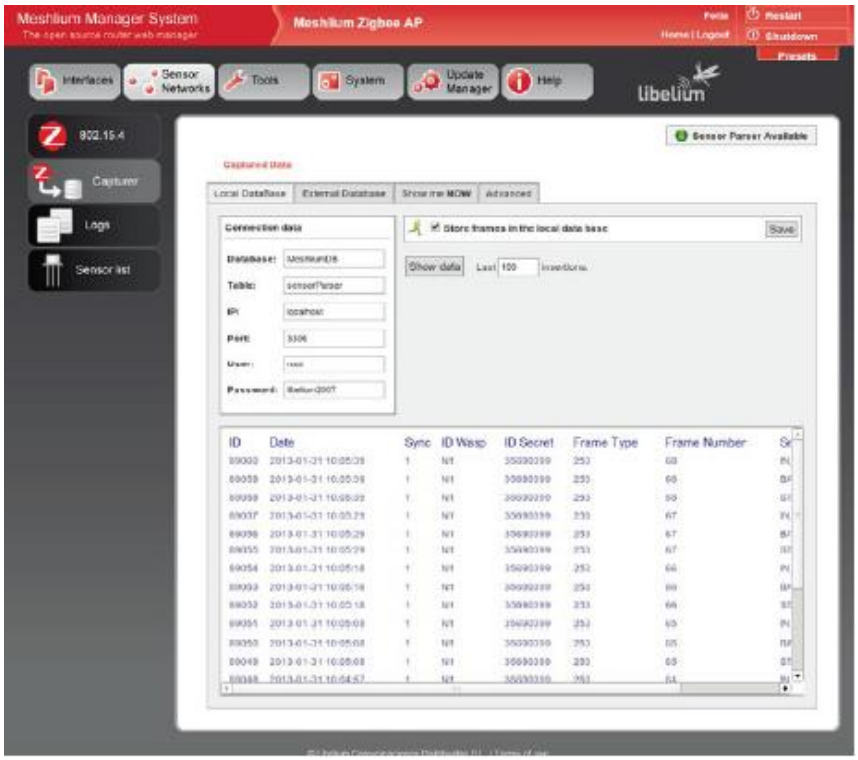
(Figura 53. Pàgina configuració BD externa)

Com es pot apreciar, es disposa de les sentències necessàries per poder crear una nova base de dades, amb el nom MeshliumDB, que disposarà de la taula sensorParser, amb tots els elements que la defineixen.

Un cop creada la base de dades amb la nostra aplicació de gestió MySQL, podrem connectar el nostre router, indicant el número de port que necessitarem i l'adreça IP de la màquina on es troba la base de dades.

7.1.4 Configuració per afegir waspmotes a la xarxa

Per últim, ens manca saber com es poden afegir nodes Waspmote a la xarxa.



(Figura 54. Pàgina configuració xarxa de sensors)

Caldrà completar una llista que disposarà dels següents paràmetres:

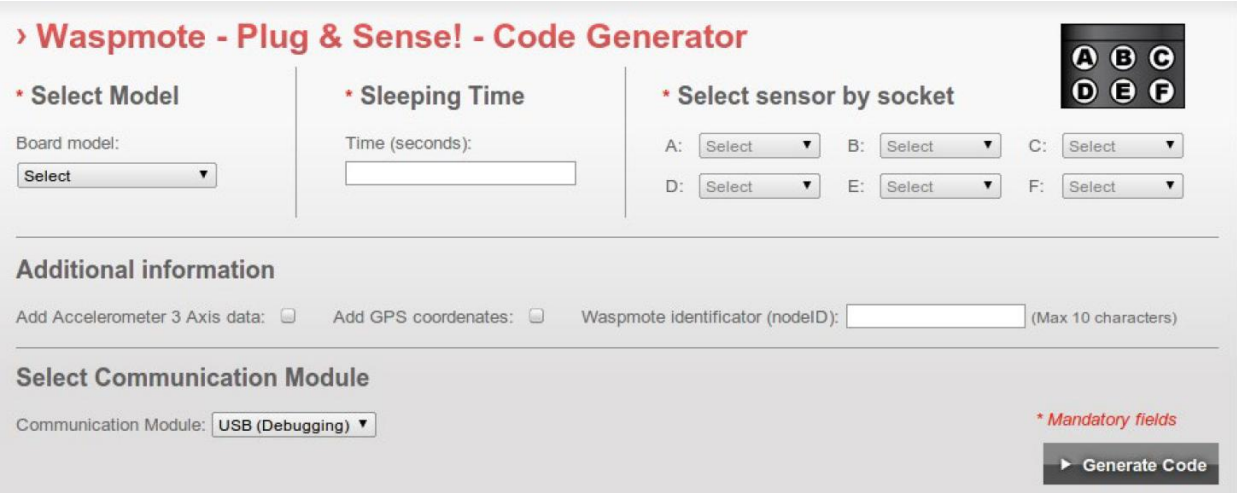
- Network ID
- Channel
- Network Address
- Node ID
- Power level
- Encrypted mode
- Encryption Key
- MAC: 64b hardware address.

7.2 Nodes sensors (Waspmote plug&sense)

Com s'ha comentat al llarg de la memòria, el que es pretén és una solució senzilla i ràpida d'implementar.

En aquest cas, el fabricant, ens dona facilitats per poder configurar els nostres aparells de la manera més ràpida possible i sense haver d'escriure cap línea de codi.

Això es possible a través d'un generador de codi, disponible al lloc web del fabricant.



(Figura 54. Generador de codi)

Un cop triada la configuració de sensors adient a les funcions de cada node, ens genera un codi, que haurem de copiar i que és totalment funcional.

A través d'un software que es pot descarregar al mateix web i mitjançant el port USB del Waspmote podrem configurar el firmware d'aquest d'una manera ràpida i senzilla.

(Figura 55. Connexió del waspmote al PC)

Capítol 8. Seguretat

Un dels problemes d'emetre informació via ràdio és, sens dubte, la seguretat. El missatge s'envia en totes direccions i poden aparèixer receptors no desitjats als quals no va dirigit el missatge.

Per tal de protegir el nostre missatge i assegurar que només el receptor desitjat el pugui llegir, i sobre tot entendre, apareixen les tècniques de criptografia.

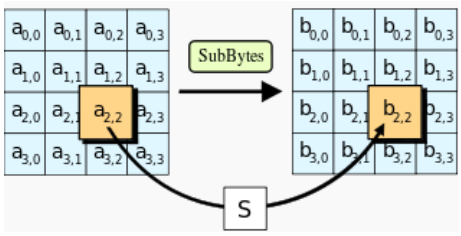
En aquest apartat en descriurem aquelles que farà servir el nostre sistema per tal de protegir-nos de lectures de tercers, no convidats, i per tant, no autoritzats.

8.1 AES 128/256

És una tècnica criptogràfica basada en el criptosistema de Rijndael, que bàsicament xifra blocs de text en clar de 128 bits de longitud, aplicant sobre aquests una sèrie de iteracions i transformacions fins arribar a xifrar-lo.

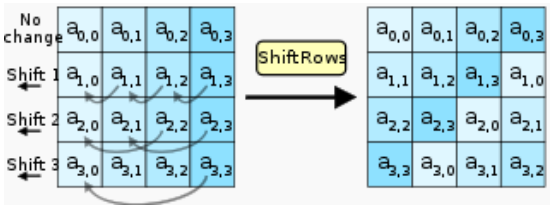
Les etapes per les quals passa la matriu inicial i és transformada en el que es coneixen com matrius estat, són les següents:

- SubBytes. En aquest pas es realitza una substitució no lineal on cada byte és reemplaçat amb un altre d'acord amb una taula de cerca.



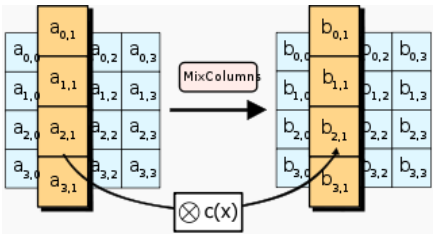
(Figura 56. Etapa SubByte)

- ShiftRows. En aquest pas es realitza una transposició on cada fila del "state» és Rotat de manera cíclica un nombre determinat de vegades.



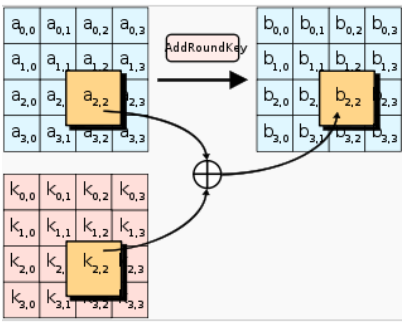
(Figura 57. Etapa ShiftRows)

- MixColumns. Operació de barreja que opera a les columnes del «state», combinant els quatre bytes en cada columna utilitzant una transformació lineal.



(Figura 58. Etapa MixColumns)

- AddRoundKey. Cada byte de l'«state» és combinat amb la clau «round»; cada clau «round» es deriva de la clau de xifrat utilitzant una iteració de la clau.



(Figura 59. Etapa AddRoundKey)

8.2 RSA

És un dels criptosistemes de clau pública més emprats en la actualitat. Aquest criptosistema s'atribueix a Rivest, Shamir i Adleman a l'any 1978 i està basat en matemàtica modular i el problema de factorització de nombres enters.

El seu funcionament és el següent:

Cada usuari, tria dos nombres primers, que anomenarem "p" i "q". Llavors es calcula n = pq, amb la qual cosa el grup multiaplicatiu serà Zn. L'ordre d'aquest grup és Ø(n)= Ø (pq)= (p−1)(q−1).

L'usuari tria un enter positiu, "e", que compleixi les relacions:

1 ≤ e < Ø(n) i mcd(e,Ø (n))=1.

Amb l'algorisme d'Euclides estès, l'usuari calcula l'invers d de e a Z Ø (n)*.

Tenim, doncs, ed mod Ø (n)=1.

La clau pública de l'usuari és el parell (n,e), mentre que la seva clau privada és "d".

En aquest moment amb les claus generades, ja es pot passar a xifrar i desxifrar el missatge, o text en clar.

8.2.1 Xifratge

L'emissor A, envia al receptor la seva clau pública (n,e) i guarda la clau privada en secret.

Llavors l'emissor A, converteix el missatge M en un nombre enter "m", menor que "n" mitjançant un protocol reversible acordat. Normalment es codifica cada lletra, amb el número corresponent a l'ordre en què apareix la lletra a l'abecedari.

Tot seguit es calcula el text xifrat mitjançant l'operació $C \equiv m^e (mod\ n)$

8.2.2 Desxifratge

El receptor pot recuperar el missatge "m", a partir de "C" emprant el seu exponent "d", de la clau privada mitjançant el següent càlcul. $m \equiv C^d (mod\ n)$

Un cop recuperat "m", es pot recuperar el missatge original "M", invertint l'esquema de traducció de text en clar a número que s'ha aplicat i acordat.

8.3 SSL/TLS

SSL proporciona autenticació i privacitat de la informació entre extrems sobre Internet mitjançant l'ús de criptografia. Habitualment, només el servidor és autenticat (és a dir, es garanteix la seva identitat) mentre que el client es manté sense autenticar.

SSL implica una sèrie de fases bàsiques:

- Negociar entre les parts l'algorisme que s'usarà en la comunicació.
- Intercanvi de claus públiques i autenticació basada en certificats digitals.
- Xifrat del trànsit basat en xifrat simètric.

El flux normal d'informació consisteix a intercanviar paquets amb dades xifrades mitjançant claus simètriques. A l'inici de la comunicació client-servidor es posen d'acord en quines claus empraran per xifrar les dades.

Quan els paràmetres de xifratge són coneguts pel client i servidor, el servidor envia certificat si en té, amb el que el client respon amb el seu certificat o, en cas de no tenir-ne, un missatge anomenat Client Key Exchange. A partir d'aquest intercanvi es munten les claus de xifratge simètric.

8.4 Seguretat del sistema proposat

El sistema proposat ens garanteix l'ús de biblioteques de xifratge, definides per protegir el missatge en tres nivells diferents:

- Primer nivell. Tots els nodes de la xarxa comparteixen una clau privada comuna que s'empra per xifrar la informació mitjançant AES 128. Aquest procés es du a terme per hardware específic integrat en la mateixa ràdio 802.15.4/ZigBee.

Per tant el que es pretén amb aquesta primera capa és que no hi hagi dispositius de tercers que es puguin connectar a la xarxa, és a dir, que controla l'accés al medi.

- Segon nivell. Cada node mitjançant RSA, intercanvia amb la porta d'enllaç, és a dir, amb el router Meshlium, una clau pública, per tal que quan enviï el missatge al gateway, la resta de nodes de la xarxa no puguin entendre'l. D'aquesta manera, només pot llegir el missatge un únic destinatari que és la porta d'enllaç.
- Tercer nivell. Aquest nivell defineix la seguretat entre la porta d'enllaç i les connexions HTTP per enviar informació al servidor on es troba la base de dades.

Capítol 9. Ampliacions i millores

Fins ara, la solució proposada, només aconsegueix rebre informació de certs sensors a una base de dades que es troba allotjada a un PC.

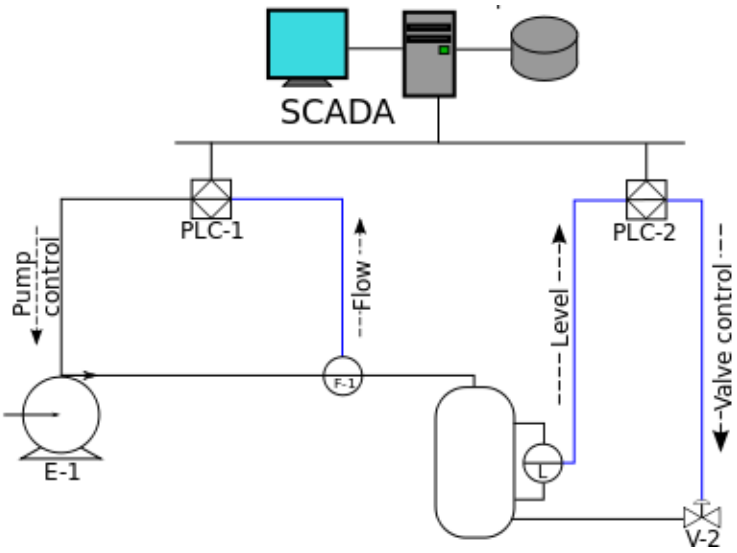
Per tant, la visió de les dades, bàsicament es faria a través de MySQL i en forma de taula.

9.1 Software de control

Les dades que envien la xarxa de sensors a través del gateway, fins arribar a la base de dades es poden tractar i endreçar creant un software amb una interfície gràfica per a la millor comprensió i anàlisis de la situació de la xarxa d'aigua potable.

Dins aquest àmbit trobem el programari SCADA, una aplicació de programari especialment dissenyada per funcionar sobre ordinadors en el control de producció, proporcionant comunicació amb els dispositius de camp (controladors autònoms) i controlant el procés de forma automàtica des de la pantalla de l'ordinador. També, proveeix de tota la informació que es genera en el procés productiu a diversos usuaris, tant del mateix nivell, com d'altres usuaris supervisors dins de l'empresa (supervisió, control qualitat, control de producció, emmagatzematge de dades, etc.).

La major part de les vegades, el sistema SCAD, ve muntat sobre una xarxa com la que es grafia a continuació:



(Figura 60. Xarxa amb SCADA)

SCADA, és un exemple d'una aplicació per a la gestió i control, tant de sensors, com PLC. Ara bé, en aquesta memòria es proposa crear una aplicació a mida sobre la xarxa de sensors que s'ha muntat, sent així, propietaris del nostre propi software i estalviant-nos una llicència a tercers.

Els avantatges d'aquesta solució són evidents:

- Aplicació adaptada a les necessitats del client.
- Estalvi de llicència SCADA.
- Possibilitat de crear un nou negoci.

Per altre costat, els desavantatges que podem trobar:

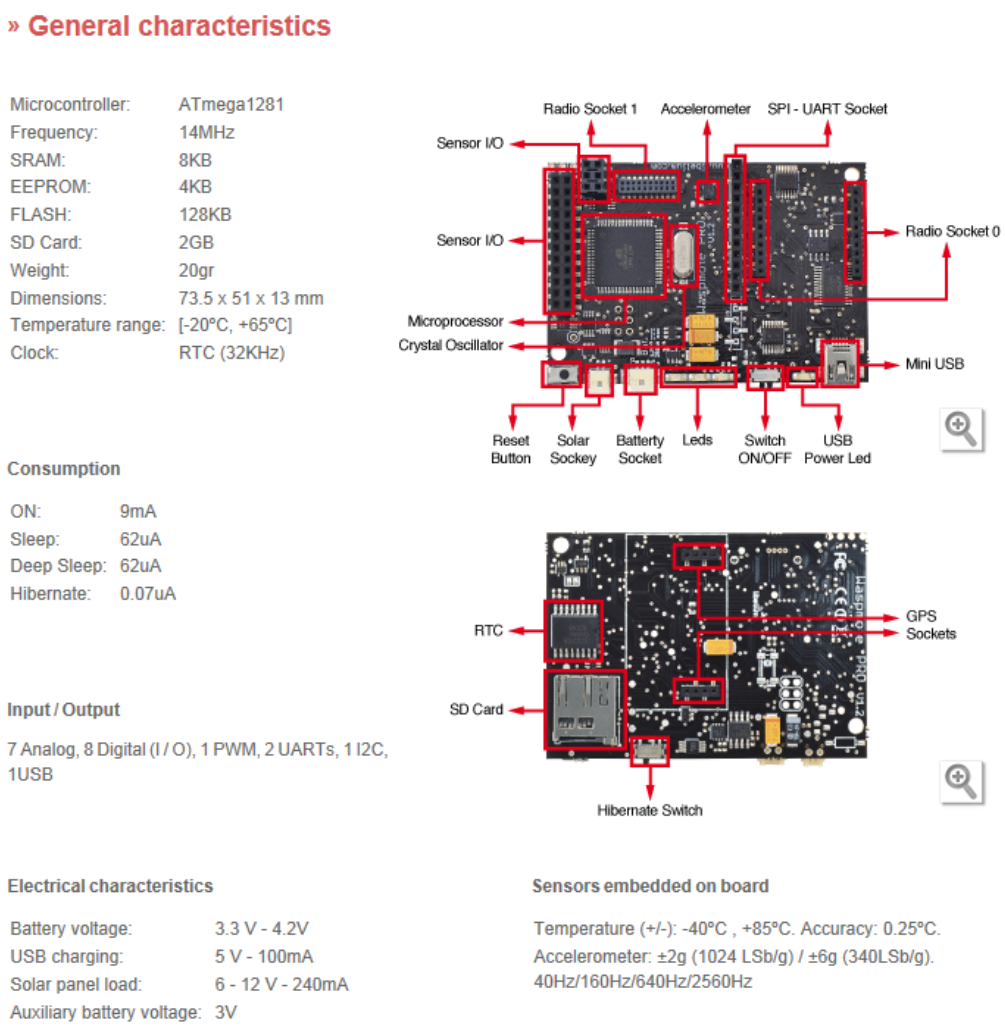
- Alt cost en la creació de l'aplicatiu.
- Aplicació que no arriba a complir les expectatives i objectius marcats.

9.2 Actuar sobre la xarxa d'aigua potable

A l'inici del present document, es marcava com a un objectiu secundari, la possibilitat, d'actuar sobre la xarxa d'aigua potable remotament, per tal de poder-la gestionar i manipular per evitar el desplaçament dels tècnics.

Doncs bé, l'industrial triat per dotar de nodes i routers a la xarxa telemàtica plantejada, dóna la possibilitat de cuinar les nostres pròpies solucions sobre el que ells anomenen Waspmote.

Les principals característiques del hardware són les següents:



(Figura 61. Hardware Waspmote)

Es pot veure que la placa base, entre d'altres, disposa de 7 entrades analògiques, 8 digitals(I/0) i 1 PWM, per tant, es considera que compleix amb els requisits mínims per poder pilotar qualsevol màquina preparada per ser pilotada mitjançant senyals elèctrics.

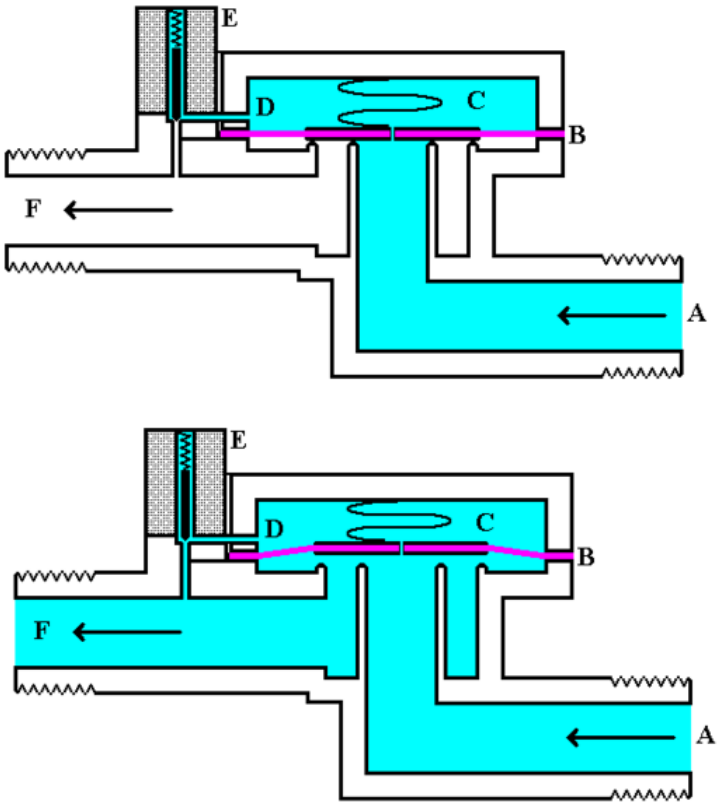
9.2 Altres dispositius a instal·lar (electrovàlvules)

Em parlat de la necessitat de controlar el sistema per evitar així el desplaçament dels tècnics a les instal·lacions.

Em parlat de la possibilitat de controlar el flux de les canonades mitjançant el que hem anomenat electrovàlvules, de fet a la figura 6 del present document, assenyalàvem dos.

L'enginy mecànic consta fonamentalment d'un cos, un grup operador amb un nucli mòbil i una bobina o solenoide. Funciona segons el principi del camp magnètic creat en l'eix d'un bobinat quant a través d'ell hi circula una certa intensitat de corrent creant

un camp magnètic; aquest camp magnètic fa desplaçar un pistó mòbil, que és ferromagnètic, i que fa la funció d'obrir i tancar el pas del cos.



(Figura 62. Electrovàlvula)

9.3 Les sondes de pressió

Actualment, el fabricant no disposa d'aquest producte, però en breu en disposarà, pel que el sistema podria funcionar i complir amb l'objectiu d'endollar i llest.

Cal destacar, que de totes maneres existeix la possibilitat de comprar el sensor a un altre fabricant i implantar-ho programant un node Waspmote perquè en pugui llegir els valors i enviar-los a través de la xarxa de sensors.

Capítol 10. Valoració econòmica de la solució

En aquest aparat, es presenta el pressupost aproximat del cost de la solució proposada.

Cal mencionar que el pressupost és aproximat i no inclou el cost del contracte de la tarja SIM a l'operador del país. També cal recordar que el pressupost de la mà d'obra és aproximat.

També el cost dels sensors "sonda de pressió" són aproximats.

10.1 Pressupost

Sensors				TOTAL
Tipus	Model sensor	Quantiat	Preu	
Cabal	FS400	8 ut.	25 €	
Contacte	PLA41201	3 ut.	12 €	
Sonda ultrasó	XL-MAXSonar-WRA1	2 ut.	30 €	
Terbolímetre		4 ut.	30 €	
Sonda pressió		8 ut.	30 €	656,00 €
Waspmotes // Waspmotes plug&play				
Tipus	Model	Quantiat	Preu Quantiat	
Waspmote	Waspmote ZB-PRO SMA 2dBi	2 ut.	155 €	
Smart security	Plug & Sense! SE Digimesh-PRO 5dBi	10 ut.	415 €	
Smart water	Plug & Sense! AC ZB-PRO 5dBi	4 ut.	425 €	
Smart Metering	Plug & Sense! SM Digimesh-PRO 5dBi	2 ut.	425 €	7.010,00 €
Complements				
Tipus	Model	Quantiat	Preu	
Solar kit	Solar kit (12V - 20W): solar panel 20W + 220V	3 ut.	350 €	
Solar-Panel	6600mAh rechargeable battery + external solar panel 7V - 500mA	18 ut.	65 €	2.220,00 €
Routers				
Tipus	Model	Quantiat	Preu	
Meshlium AP	Meshlium 802.15.4-PRO-Mesh-3G-AP	1 ut.	1.150 €	
Meshlium mesh	Meshlium 802.15.4-PRO-Mesh-AP	2 ut.	750 €	2.650,00 €
Instal.lació equips i configuració				
Descripció		Temps	Operaris	
Treball de camp per situar tots els equips a lloc.		5 dies	2 persones	
Treball de configuració de tots els equips		5 dies	2 persones	5.600,00 €
				18.136,00 €
		4,5% entrada a la Vall		
				18.952,12 €

Taula 13. Pressupost

*No es té en compte l'IVA perquè el país destí es troba exempt d'aquest impost, ara bé, s'ha contemplat l'entrada a la Vall, que és del 4,5 %.

Capítol 11. Estudi de viabilitat

Després d'explicar la solució per la qual s'ha optat, al present punt es pretén contraposar els resultats econòmics obtinguts a una segona solució (solució 2).

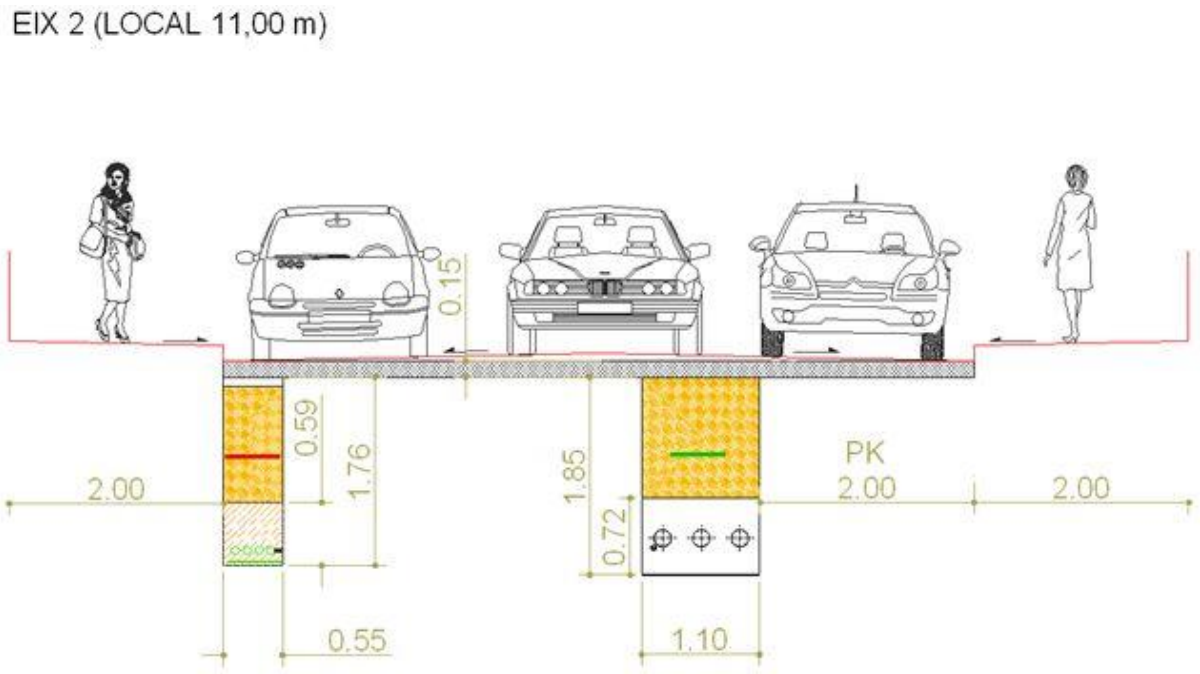
També es compararà el resultat obtingut amb la situació actual de les instal·lacions, les quals no disposen de cap xarxa de telemetria i que obliga a fer desplaçaments periòdics per tal de mantenir les instal·lacions en les condicions òptimes.

Començaré doncs, analitzant el cost de solució 2, que tracta de fer arribar els serveis com llum i telèfon fins als diferents punts de la xarxa, per després poder avaluar els resultats obtinguts.

11.1 Avaluació del cost solució 2

Per poder fer arribar els serveis als diferents punts de les instal·lacions, serà necessària la construcció de dues rases. La primera portarà el servei de llum i la segona el servei telefònic.

La següent figura grafia unes rases tipus, pel que fa als serveis de llum i telèfon:



(Figura 63. Rasa tipus)

Entre d'altres, es pot observar que seria necessari realitzar dos rases, perquè els serveis han d'anar separats.

Es pot observar fondàries i amplada, així com el nombre de tubs que es volen passar per cada rasa.

Seguint aquest model, s'ha procedit a fer un càlcul aproximat del cost de l'obra civil, així com del cost del material necessari, per dur-la a terme.

Els resultats obtinguts són els següents:

RECAPITULATIU	
PRELIMINARS	1.150,00
EXCAVACIÓ	177.520,00
REOMPLERT DE LA RASA	146.086,00
INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES	36.550,00
PLÀNOLS "AS BUILT"	600,00
PROVES I POSTA EN MARXA	410,00
TOTAL	**362.316,00**
10% IMPREVISTOS A JUSTIFICAR	36.231,60
TOTAL PRESSUPOST	**398.547,60**

(Figura 64. Rasa STA. Telèfon)

RECAPITULATIU	
PRELIMINARS	1.150,00
EXCAVACIÓ	85.894,75
REOMPLERT DE LA RASA	38.514,00
INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES	10.710,00
PLÀNOLS "AS BUILT"	600,00
PROVES I POSTA EN MARXA	410,00
TOTAL	137.278,75
10% IMPREVISTOS A JUSTIFICAR	13.727,88
TOTAL PRESSUPOST	**151.006,63**

(Figura 65. Rasa FEDA. Llum)

Es pot observar que en les dues rases, el cost associat per obra civil, és la despesa principal.

El total de la inversió necessària, només per fer arribar els serveis necessaris als diferents punts de la xarxa d'aigua, és de 549.554,23 €.

A aquest número caldria afegir el cost del disseny de la xarxa telemàtica, cosa que no es realitzarà, perquè arribats a aquest punt, les conclusions que es poden extreure són prous aclaridores.

11.2 Anàlisis dels resultats obtinguts

11.2.1 Solució proposada en front realitat de les instal·lacions

En aquest apartat, no es pretén fer una quantificació de la millora que representa disposar d'un servei de telemetria sobre la xarxa d'aigua potable, entre d'altres, perquè no es disposa de les dades necessàries per valorar-ho, ara bé, si que s'intenta explicar la millora qualitativa que representaria fer aquesta inversió.

Un cop implantada la solució discutida al llarg del present document, obtindrem cert control sobre la xarxa d'aigua potable, que ens permetrà entre d'altres:

- Consultar l'estat de la instal·lació en qualsevol moment del dia.
- Actuar sobre la xarxa remotament.
- Donat que a través del programari, es podrien establir alarmes en funció dels valors retornats per la xarxa de sensors, això ens permetria estalviar en manteniment, doncs es podria prevenir en temps real gaire bé qualsevol incident que succeís.
- No seria necessari realitzar inspeccions oculars a les instal·lacions, pel que evitaríem molts desplaçaments.

11.2.2 Solució proposada en front solució 2

Tal com es pot apreciar al punt 11.1, el cost de la solució 2, es dispara perquè és necessari realitzar dues rases, amb els treballs que això representa.

La inversió requerida per implantar la solució triada i descrita en aquesta memòria, representa d'entrada 3,4 % de la inversió de la solució 2.

Tot i que el rendiment de la solució 2, seria millor, doncs ens estalviaríem els problemes energètics i els provocats per la propagació de les ones de ràdio i la conseqüent atenuació del senyal, una inversió tan elevada difícilment es pot justificar.

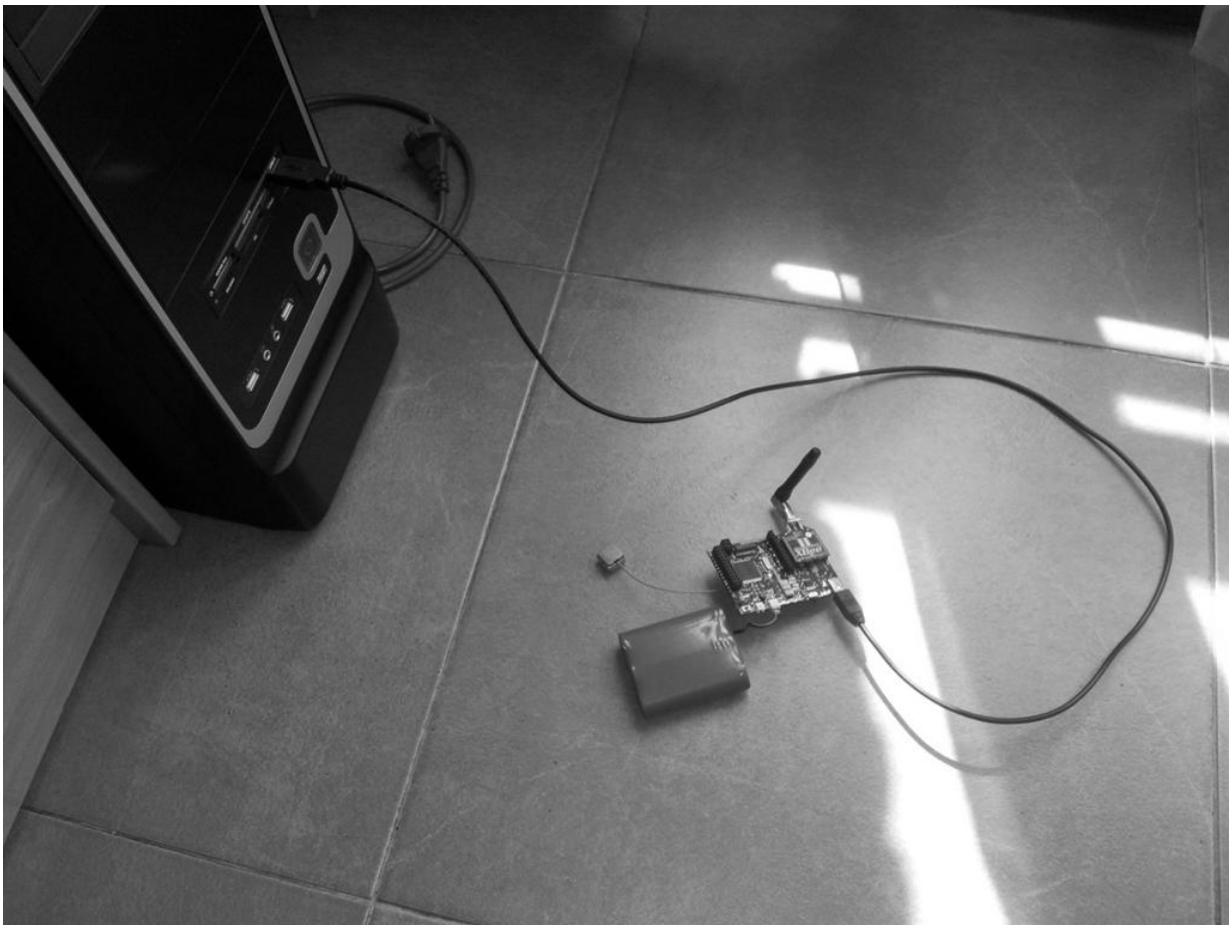
Per tant, queda demostrat que l'enfocament donat a la solució plantejada al llarg del present document, és coherent, i el més important, viable.

Capítol 12. Exemple d'ús de Waspmote pro

Tot i que no ha estat marcat com a un objectiu de la present memòria, en aquest darrer capítol abans de les conclusions, vull exemplificar el funcionament del Waspmote pro.

Be doncs, el que s'explicarà a continuació, és una simple comunicació sèrie entre placa i ordinador, a través del bus USB.

El primer pas que haurem de seguir serà connectar el Waspmote mitjançant el cable USB a un port de l'ordinador, de la següent manera:



(Figura 66. Imatge Waspmote pro amb PC)

12.1 Codi

En instal·lar l'aplicació en Java que es pot descarregar des de la pàgina web, trobem un repositori, amb molts exemples d'ús. En el meu cas, exemplificaré la sortida dels següents valors, en el que anomenem frame.

- Str
- Nivell de la bateria.
- Temperatura.
- Coordenades ACC del accelerador.

El codi emprat és el següent:

FRAME_01_ascii_miki | Waspmote-IDE 02

File Edit Sketch Tools Help

Verify

FRAME_01_ascii_miki §

```
#include <WaspFrame.h>

void setup()
{
  // Init USB port & RTC
  USB.ON();
  RTC.ON();
  ACC.ON();

  delay(2000);
}

void loop()
{
  USB.println(F("Creating an ASCII frame"));

  //----------Check Register-----------------------
  // should always answer 0x32, it is used to check
  // the proper functionality of the accelerometer
  byte check = ACC.check();
  // Create new frame (ASCII)
  frame.createFrame(ASCII,"Waspmote_Pro");
  // set frame fields (String - char*)
  frame.addSensor(SENSOR_STR, (char*) "XBee frame");
  // set frame fields (Battery sensor - uint8_t)
  frame.addSensor(SENSOR_BAT, (uint8_t) PWR.getBatteryLevel());
  // set frame fields (Temperature in Celsius sensor - float)
  frame.addSensor(SENSOR_IN_TEMP, (float) RTC.getTemperature());
  // set eje X
  // set frame fields (Acceleromete uint8_t)
  frame.addSensor(SENSOR_ACC, (uint8_t) ACC.getX());
  //set eje Y
  // set frame fields (Acceleromete uint8_t)
  frame.addSensor(SENSOR_ACC, (uint8_t) ACC.getY());
  //set eje Z
  // set frame fields (Acceleromete uint8_t)
  frame.addSensor(SENSOR_ACC, (uint8_t) ACC.getZ());

  // Prints frame
  frame.showFrame();

  // Wait for five seconds
  delay(5000);
}
```

Done compiling.

(Figura 67. Codi d'exemple)

12.2 Resultat

Després de compilar el codi i comprovar que no hi ha errors lògics, ni gramaticals, s'ha de pujar el codi al Waspmote. Un cop ha quedat enregistrar dins el Waspmote, aquest està llest per transmetre. El resultat obtingut és el següent:

```
COM7

Creating an ASCII frame
================================
Current ASCII Frame:
Length:  87
Frame Type (decimal): 128
HEX:     3C 3D 3E 80 06 23 33 35 36 39 30 37 36 32 23 57 61 73 70 6D 6F 74 65 5F 50 72 6F 23 35 23 53 54 52
String:  <=> #35690762#Waspmote_Pro#5#STR:XBee frame#BAT:41#IN_TEMP:27.50#ACC:2#ACC:126#ACC:20#
================================
Creating an ASCII frame
================================
Current ASCII Frame:
Length:  88
Frame Type (decimal): 128
HEX:     3C 3D 3E 80 06 23 33 35 36 39 30 37 36 32 23 57 61 73 70 6D 6F 74 65 5F 50 72 6F 23 36 23 53 54 52
String:  <=> #35690762#Waspmote_Pro#6#STR:XBee frame#BAT:41#IN_TEMP:27.50#ACC:241#ACC:64#ACC:17#
================================
D#
Creating an ASCII frame
================================
Current ASCII Frame:
Length:  88
Frame Type (decimal): 128
HEX:     3C 3D 3E 80 06 23 33 35 36 39 30 37 36 32 23 57 61 73 70 6D 6F 74 65 5F 50 72 6F 23 30 23 53 54 52
String:  <=> #35690762#Waspmote_Pro#0#STR:XBee frame#BAT:40#IN_TEMP:27.75#ACC:26#ACC:100#ACC:16#
================================
Creating an ASCII frame
================================
Current ASCII Frame:
Length:  87
Frame Type (decimal): 128
HEX:     3C 3D 3E 80 06 23 33 35 36 39 30 37 36 32 23 57 61 73 70 6D 6F 74 65 5F 50 72 6F 23 31 23 53 54 52
String:  <=> #35690762#Waspmote_Pro#1#STR:XBee frame#BAT:41#IN_TEMP:27.75#ACC:27#ACC:94#ACC:18#
================================
```

(Figura 68. Sortida dels valors pel port sèrie)

Capítol 13. Conclusions

La redacció del present document tècnic ha representat un gran desafiament tant pels coneixements que s'havien d'assolir, com pel propi objectiu, que segons la meva opinió era molt ambiciós.

La falta d'experiència i la desconeixença dels industrials que es mouen en aquest marc d'aplicació de les telecomunicacions, han dificultat l'elecció dels productes generats.

Tot i que en general considero els objectius principals assolits, crec que hagués estat una experiència més complerta haver pogut desenvolupar el software de control o el que he anomenat en algun punt del memòria, interfície gràfica pel tractament de les dades enviades per la xarxa de sensors, així com, haver pogut experimentar amb el Waspmote pro i desenvolupar-lo per poder arribar a controlar les electrovàlvules i els motors de les bombes d'aigua.

Tot i això, personalment crec que el resultat és òptim i que compleix amb els principals objectius establerts a l'inici de la redacció de la memòria.

En darrera instància, vull exposar les conclusions més significatives a les quals he arribat:

- Els protocols de les famílies 802.11 i 802.15 respectivament, faciliten l'absència de cablejat en la implantació d'una xarxa telemàtica.
- L'estalvi que representen solucions basades en la transmissió de dades via aire, com a ara WI FI, WIMAX o 3G/GPRS, en projectes de telecomunicacions desvinculats de nuclis urbans, és molt gran.

13.1 Observacions importants

El treball presentat, tot i estar dissenyat i pensat per aplicar sobre una xarxa d'aigua potable que és real, no deixa de ser un cas hipotètic.

Capítol 14. Glossari

LAN: (Local Area Network): xarxa d'àrea local. Interconnexió directa de sistemes informàtics dins d'una extensió reduïda i controlada.

WAN: (Wide Area Network): xarxa d'àrea àmplia. Interconnexió directa de sistemes informàtics dins d'una àmplia extensió.

NTU: Entre els sistemes més usats per mesurar la terbolesa d'un líquid, hi ha el de l'atenuació, és a dir, la mesura de la reducció de la llum que passa en mostra de columna d'aigua. Un nefelòmetre és un aparell que detecta la terbolesa mitjançant la mesura de la dispersió de la llum que fan les partícules en suspensió, les unitats de mesura obtingudes amb al nefelòmetre s'anomenen Nephelometric Turbidity Units (NTU).

RTD: Detector de temperatura resistiu, és a dir, sensor de temperatura basat en la variació de la resistència d'un conductor amb la temperatura.

Ad-hoc: Disposat especialment per a un fi.

AES: esquema de xifratge per blocs.

AP: Dispositiu d'ubicació, normalment fixa, que permet la connexió d'equips de comunicació inalàmbrics para formar una xarxa de dades no cablejada.

CA: Corrent Alterna.

CC: Corrent Continua.

db: Decibel.

dBi: Decibel isòtrop és una unitat per mesurar el guany d'una antena en referència a una antena isòtropa teòrica.

dBm: Nivell de potència en decibels en relació a un nivell de referència de 1 mW.

DES (Data Encryption Standard): És un algoritme de xifrat, és a dir, un mètode per a xifrar informació.

Firewall: Dispositiu de xara denominat també com a tallafocs.

Gateway: Porta d'enllaç, equip informàtic configurat per dotar a las màquines d'una xarxa d'àrea local connectades a ell, d'accés cap a una xarxa exterior.

IEEE: Institut d'estàndards electrònics a nivell internacional.

ISP: proveïdor de serveis d'Internet.

GPRS (General Packet Radio Service): sistema que, afegit al GSM, permet l'ús de la commutació de paquets. D'aquesta manera es millora la capacitat de la tecnologia mòbil 2G.

UMTS: acrònim de Universal Mobile Telecomunications System o Sistema Universal de Telecomunicacions Mòbils.

PWM: La modulació per amplària d'impuls o PWM (sigles de l'anglès Pulse-Width Modulation) d'un senyal o font d'energia, és una tècnica en la qual es modifica el cicle de treball d'un senyal periòdic (una ona sinusoïdal o ona quadrada, per exemple), ja sigui per transmetre informació a través d'un canal de comunicacions o per controlar la quantitat d'energia que s'envia a una càrrega.

STA: Acrònim de Servei de telecomunicacions d'Andorra.

FEDA: Acrònim de Forces elèctriques d'Andorra.

Capítol 15. Bibliografia

Material docent de la UOC:

Mecanismes de prevenció, per Joaquím García Alfaro P07/05070/02623, matèria: Seguretat en xarxes de computadors.

Comunicacions sense fils, per Antonio Satué Villar, P07/19015/00419, matèria: Sistemes telemàtics.

Xarxes personals sense fils, per Antonio Satué Villar, P07/19015/00420, matèria: Sistemes telemàtics.

Xarxes de gran abast sense fils, per Antonio Satué Villar, P07/19015/00420, matèria: Sistemes telemàtics.

Xifratge de clau compartida: xifres de bloc, per Jordi Herrera Joancomartí P05/05024/00979, matèria: Criptografia

Xifres de clau pública, per Josep Domingo Ferrer P05/05024/00980, matèria: Criptografia

Enllaços Web:

WSN

http://www.ni.com/white-paper/7142/es

http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf

Catàleg de Simatic

http://www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/content/es/Pages/order_form.aspx

Catàleg de Building Technologies

https://hit.sbt.siemens.com/HIT/fs_global.aspx?lang=en&RC=HQEU&WINX=1259&WINY=828

kits solars

http://grupsolar.com/18-kit-solar-n3-para-pequenos-consumos.html

http://grupsolar.com/inversores/34-inversor-onda-senoidal-pura-de-180w-12v.html

Topologies de xarxa

http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Archivo:Topologias-de-red.png

Dataloggers Tinytag's 900Mhz

http://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-wireless/tgrf-3201

Dataloggers 2,4Ghz

http://www.campbellsci.co.uk/index.cfm?id=11

Datalogger amb node 802.15 2,4 Ghz

http://www.tempcon.co.uk/data-loggers/wireless-data-loggers/hobo-zw-rcvr-eu-wireless-data-node-receiver-inc-hoboware-3-software-zw-rcvr-eu

Datalogger WI-FI

http://www.dataloggerinc.com/products/SQ20402F16WiFi_Portable_Wireless_Universal_Input_Data_Logger/20/

Datalogger

http://www.3gtrack.com/

Els Sensors

http://ca.wikipedia.org/wiki/Sensor

Libelium sensors

http://www.libelium.com/development/plug-sense/documentation/?cat=sensors

Plaques fotovoltaiques

http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/12/cuando-las-placas-fotovoltaicas-son-mas-baratas-que-la-red-electrica/comments/page/4/

http://www.solarizate.org/

http://www.idae.es/

Estàndards 802.11

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

http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3

Antenes

http://ca.wikipedia.org/wiki/Antena

http://ca.wikipedia.org/wiki/Azimut

http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79

NTU

http://ca.wikipedia.org/wiki/Terbolesa

AES-128//256

http://ca.wikipedia.org/wiki/Advanced_Encryption_Standard

RSA

http://es.wikipedia.org/wiki/RSA

SSL

https://ca.wikipedia.org/wiki/Transport_Layer_Security

SCADA

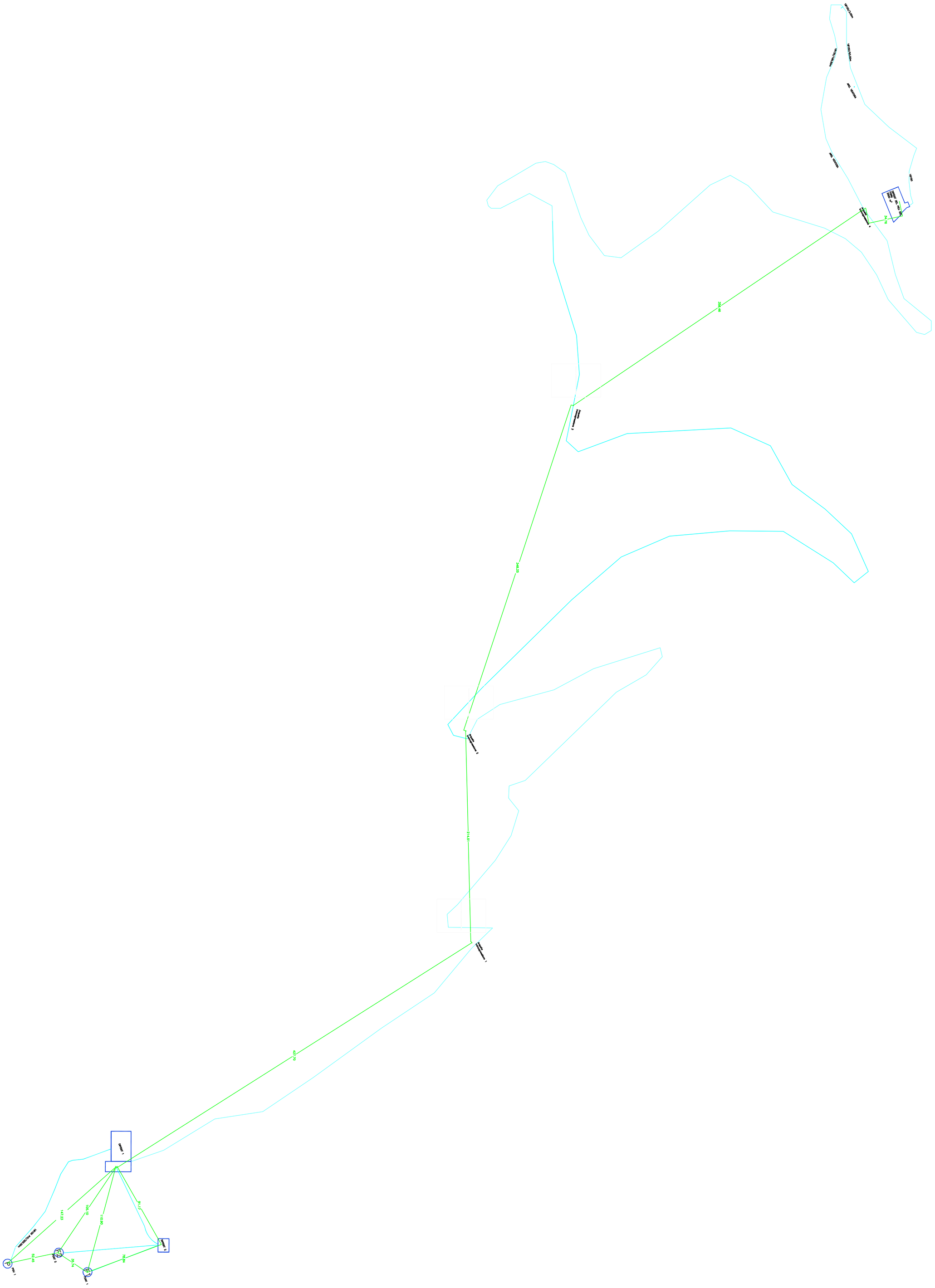
http://www.infoplc.net/documentacion/10-hmi-scada/996-3-razones-por-las-cuales-los-software-scada-tradicionales-iran-en-declive-

http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA

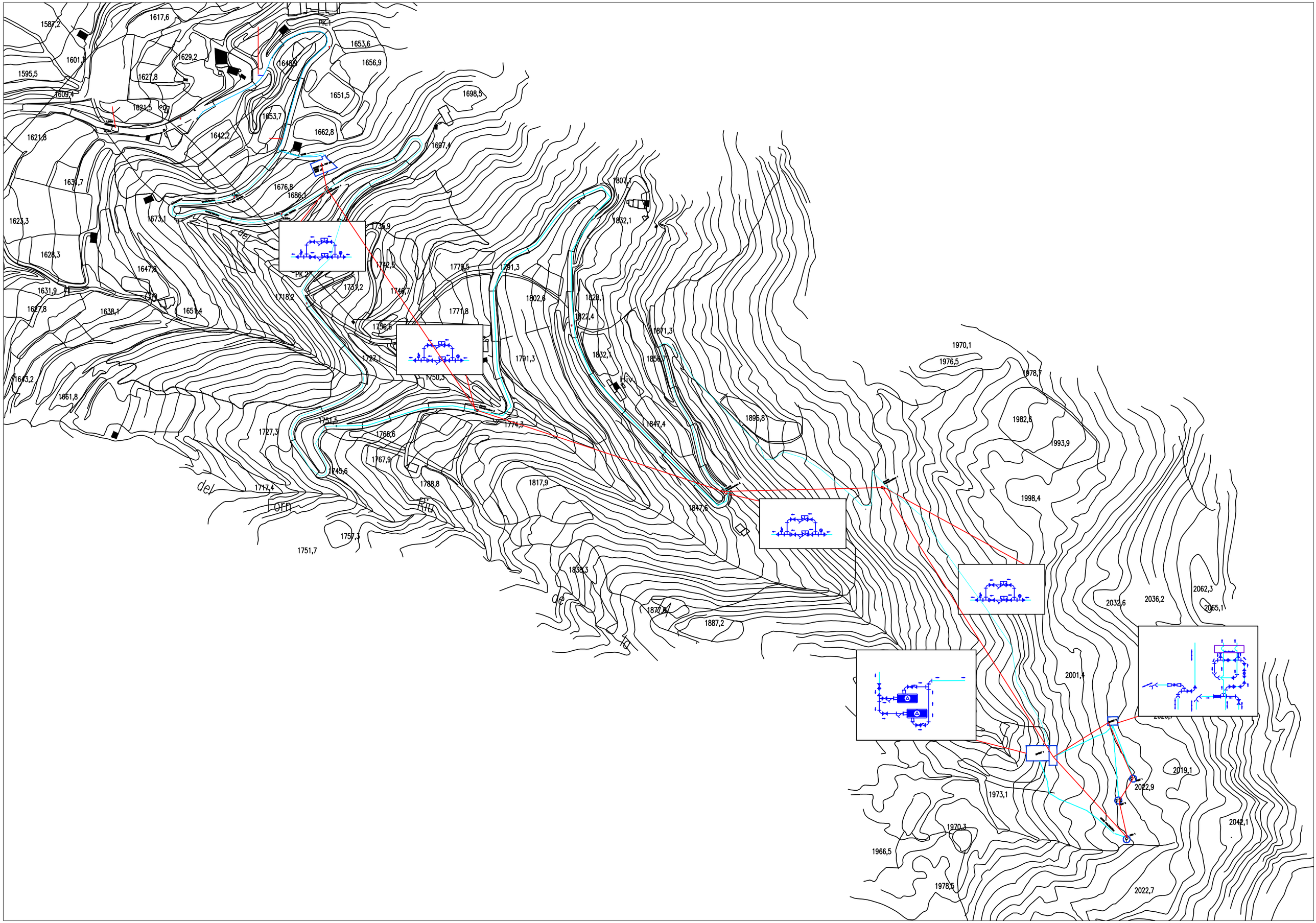
Electrovàlvula

http://ca.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A0lvula

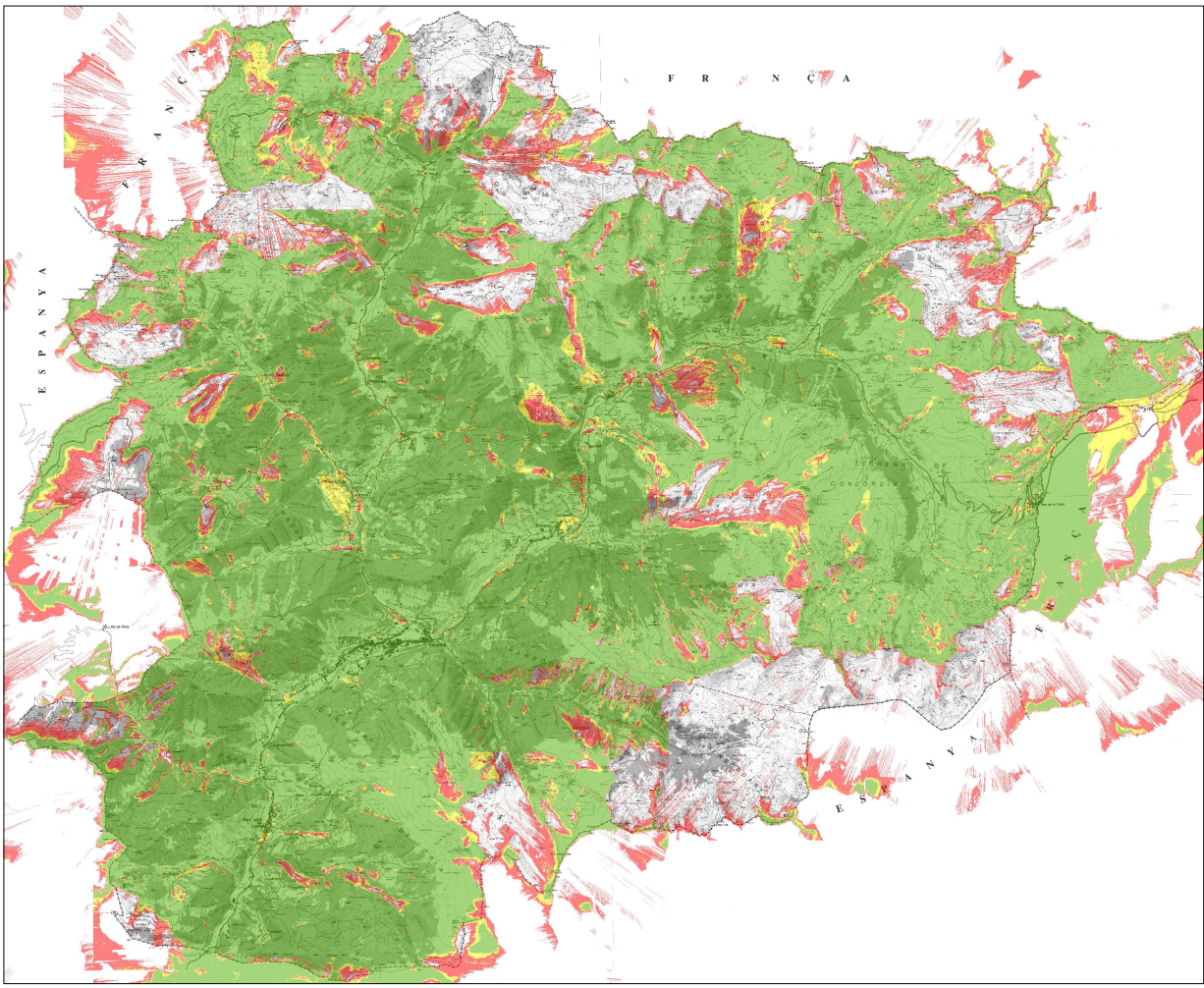
Capítol 16. Annexes



FONT 1
F1
FONT 2
F2
POU 1
P
DIPÒSIT 2
DIPÒSIT 1
78.84
35.74
52.45
110.90
105.10
91.17
147.23
1Ø100 PVC/320.00m
427.70
Arqueta trencapressions 1
214.51
Arqueta trencapressions 2
348.25
Arqueta trencapressions 3
358.46
Arqueta trencapressions 4
34.76
DIPÒSIT DEL PEU DEL FORN 2500 m³
1Ø150
ARQ. VENTOSA
ARQ. VENTOSA
1Ø150/93.00m
1Ø150/160.50m
1Ø100/3.00m


1587,2
1617,6
PK.1
1653,6
1629,2
1656,9
1601,8
1595,5
1627,8
1609,4
1651,5
1698,5
1621,5
1653,7
1662,8
1621,8
1642,2
1697,4
1631,7
1676,8
1686,1
1807,1
1623,3
1675,1
1832,1
1736,9
1628,3
1742,8
1779,5
1791,3
1647,8
PK.2
1739,2
1749,7
1631,9
1718,2
1802,6
1828,1
1627,8
1638,1
1651,4
1771,8
1822,4
1756,8
1671,3
1970,1
1727,1
1791,3
1832,1
1856,7
1976,5
1878,7
1643,2
N50,3
1661,8
1751,5
1774,3
1847,4
1896,8
1982,5
1727,3
1766,6
1993,9
1767,9
1745,6
1788,8
1817,9
1998,4
1717,4
1847,6
1757,3
1751,7
1838,3
2062,3
2032,6
2036,2
2065,1
1877,8
1887,2
2001,4
2019,1
2022,9
1973,1
2042,1
1970,3
1966,5
1978,5
2022,7

2G



5 km

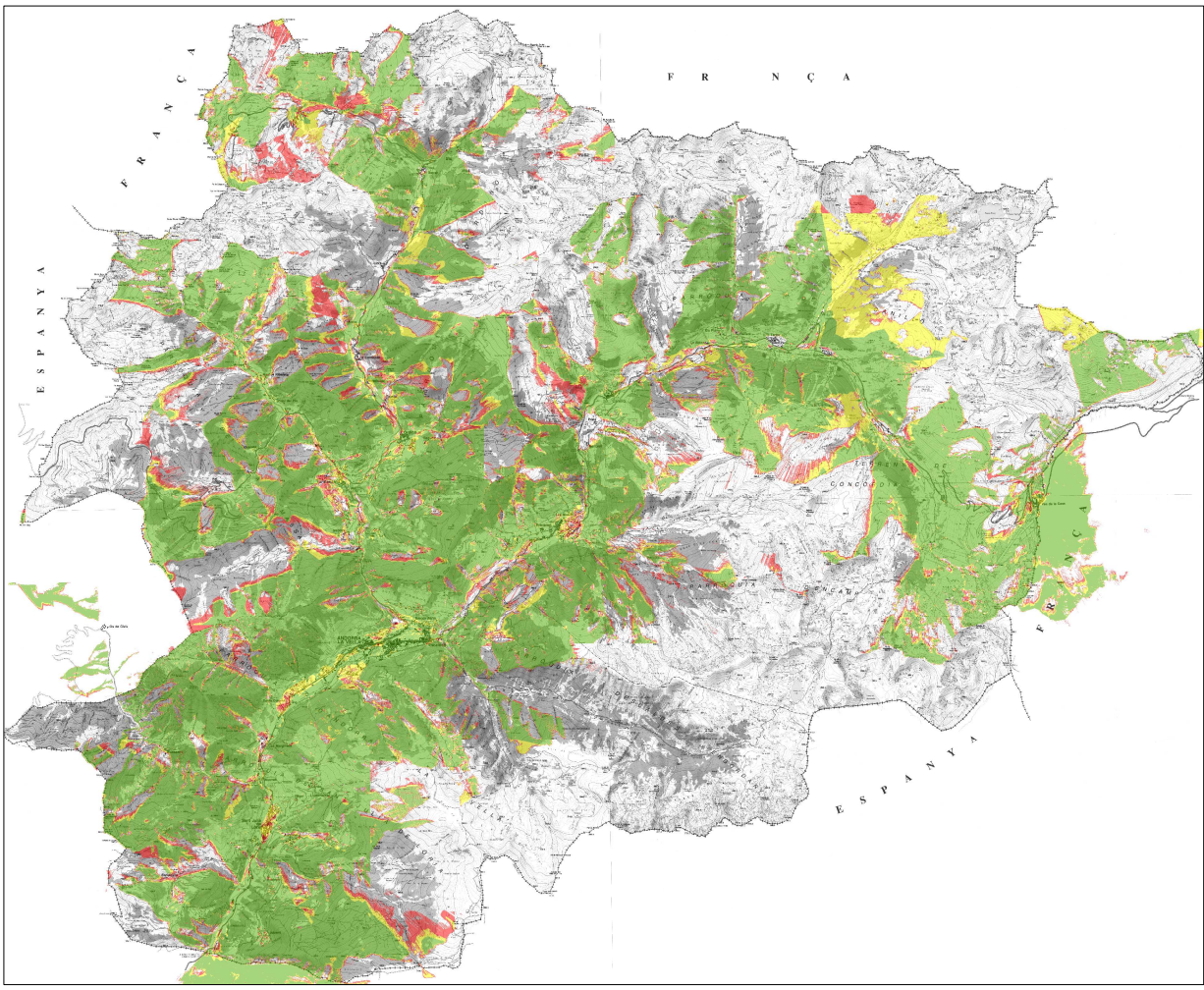
Cobertura Dolenta

Cobertura Regular

Cobertura Bona

ATDI

3G



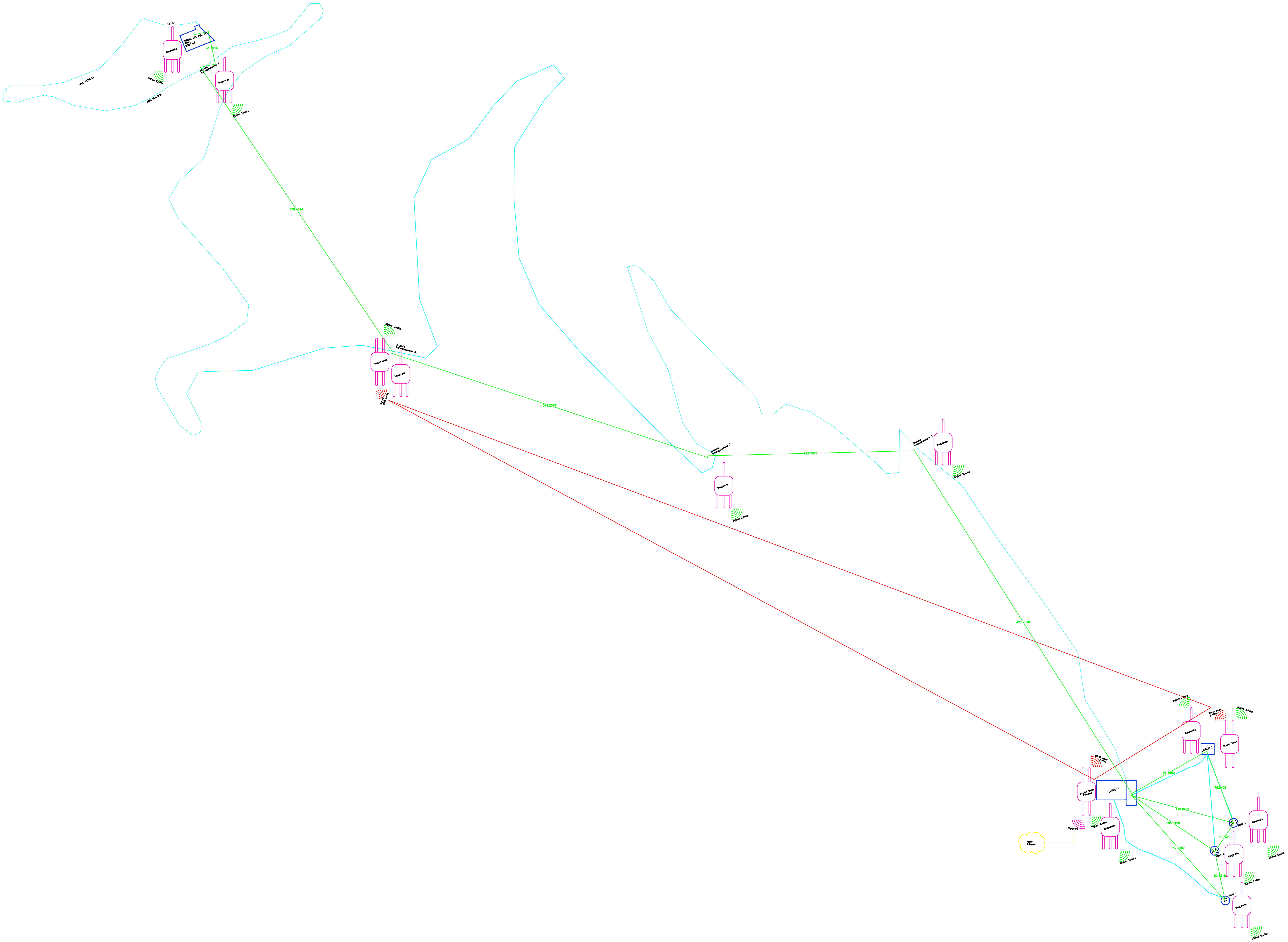
5 km

Cobertura Dolenta

Cobertura Regular

Cobertura Bona

ATDI



Meshlium Xtreme

Datasheet

libelium

Specifications

Processor	500MHz (x86)	
RAM memory	256MB (DDR)	
Disk memory	8GB / 16GB / 32GB *	
Power	5W (18V)	
Power Source	POE (Power Over Ethernet)	
Normal Current Consumption	270mA	
High Current Consumption	450mA	
Max Supply Current	1'5A	
Enclosure	Material	Aluminium
	Dimensions	210x175x50mm
	Weight	1,2Kg
	External protection	IP65
Temperature Range	-20ºC / 50ºC	
Response Time to ethernet ping	60s	
Time to have all the services running	90s	
Types of power supply ** for POE	AC-220V	
	Battery – solar panel (DC-12V)	
	Car lighter (DC-12V)	
System	Linux, Debian. OLSR Mesh communication protocol. Madwifi Drivers.	
Management software	Meshlium Manager System (open source)	
Security	Authentication WEP, WPA-PSK, HTTPS and SSH access.	

(*) Depends on the options chosen
(**) Only with the accessories supplied by Libelium

Wifi AP - 2.4GHz Radio

WIFI RADIO	
Chipset	Atheros AR5213A - IEEE 802.11b/g
Tx-Power	100mW - 20 dBm
Distance	500m *

(*) Depending on antenna and line of sight

ANTENNA	
Type	Omnidirectional
Gain	5dBi
Dimensions	224 x 22 mm

Wifi Mesh Dual Band 2.4 GHz / 5GHz Radio

WIFI RADIO	
Chipset	Atheros AR5213A - IEEE 802.11a/b/g
Tx-Power	20dB - 802.11b/g / 18dB - 802.11a
Distance	2-50km *

(*) Depending on antenna and line of sight

ANTENNA	
Type	Omnidirectional
Gain	5dBi - 2.4GHz / 8dBi - 5GHz
Dimensions	224 x 22 mm

Zigbee Radio

Model	XBee - PRO - 802.15.4
Frequency	2.4GHz
Tx-Power	100mW
Rx Sensitivity	-100dBm
Antenna	5dBi Dipole
Distance	7km *

Model	XBee - PRO - ZigBee
Frequency	2,4GHz
Tx-Power	50mW
Rx Sensitivity	-102dBm
Antenna	5dBi Dipole
Distance	7km *

Model	XBee - PRO - 868
Frequency	868MHz
Tx-Power	315mW
Rx Sensitivity	-112dBm
Antenna	5dBi Dipole
Distance	12km *

Model	XBee - PRO - 900
Frequency	900MHz
Tx-Power	50mW
Rx Sensitivity	-100dBm
Antenna	5dBi Dipole
Distance	10km *

(*) Depending on antenna and line of sight

Zigbee Radio (continuation)

Model	XBee - PRO - Digimesh
Frequency	2.4GHz
Tx-Power	100mW
Rx Sensitivity	-100dBm
Antenna	5dBi Dipole
Distance	7km *

(*) Depending on antenna and line of sight

Wifi Scanner

Chipset	Atheros AR5213A - IEEE 802.11b/g
Distance	50-200m *
Antenna	5dBi Dipole

(*) Depending on antenna and line of sight

Bluetooth Scanner

Protocol	Bluetooth 2.1 + EDR. Class 2
Tx-Power	3dBm
Antenna	5dBi
Power	3dBm
Distance	20-100m *

(*) Depending on antenna and line of sight

3G/GPRS Module

Protocols	3G *, WCDMA, HSPA, UMTS, GPRS, GSM
Quad Band	850MHz/900MHz/1900MHz/2100MHz
Output power:	UMTS 850/900/1900/2100: 0.25W GSM850/GSM900: 2W DCS1800/PCS1900: 1W
Rx Rate	7.2Mb/s
Tx Rate	5.5Mb/s
Antenna	3dBi

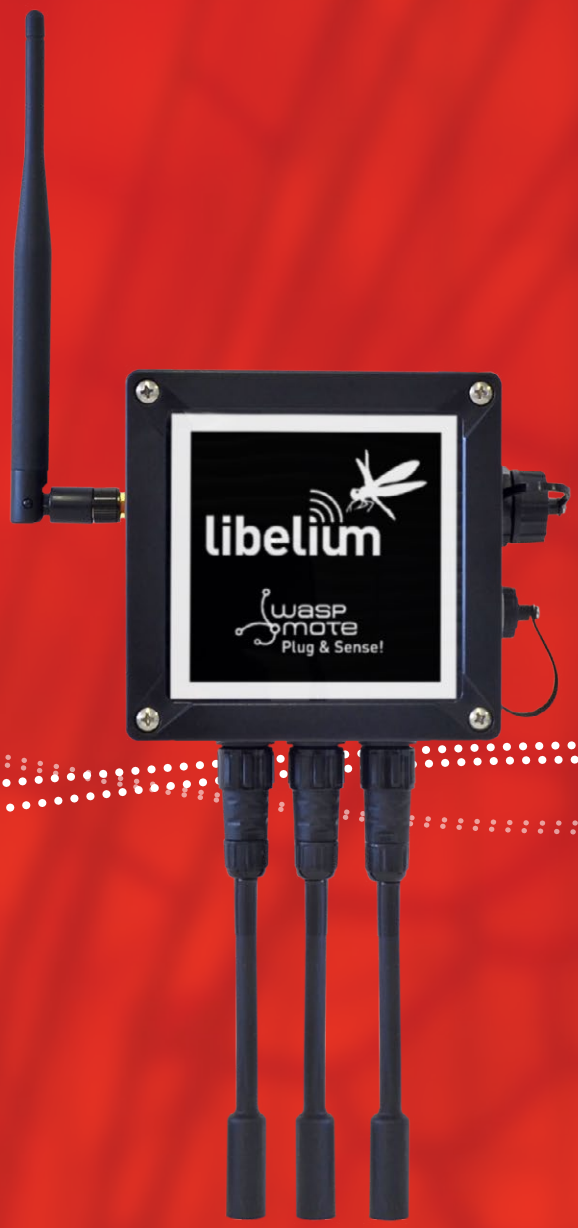
(*) Note for US users: We have tested the new 3G shield with the AT&T network which supports nativelly the GSM and 3G protocolos. With other carriers may also work although we haven't tried and thus we can not ensure it. For this reason we recommend to use AT&T SIM cards.

GPS Module

Modes	Assisted GPS (A-GPS), Standalone mode (NMEA frames)
Server	Server enabled to perform even indoor location ins A-GPS and S-GPS modes
Antenna	26dBi (+-4.5dBi) - 3m cable. Magnetic

Waspmote Plug & Sense!

Technical Guide



libelium

wasp mote
Plug & Sense!

4. General view

This section shows main parts of Waspmote Plug & Sense! and a brief description of each one. In later sections all parts will be described deeply.

4.1. Specifications

- **Material:** polycarbonate
- **Sealing:** polyurethane
- **Cover screws:** stainless steel
- **Ingress protection:** IP66 / IP67
- **Impact resistance:** IK08
- **Rated insulation voltage AC:** 690 V
- **Rated insulation voltage DC:** 1000 V
- **Heavy metals-free:** Yes
- **Weatherproof:** true - nach UL 746 C
- **Ambient temperature (min.):** -10 °C
- **Ambient temperature (max.):** 50 °C
- **Approximated weight:** 800 g

In the pictures included below it is shown a general view of Waspmote Plug & Sense! main parts. Some elements are dedicated to node control, others are designated to sensor connection and other parts are just identification elements. All of them will be described along this guide.

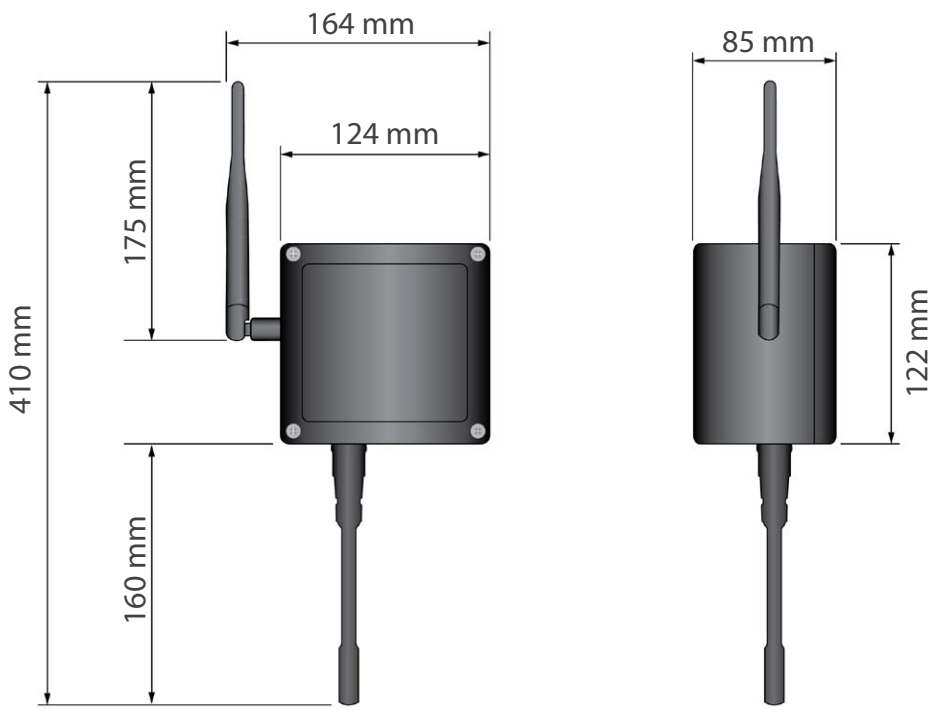


Figure 3: Main view of Waspmote Plug & Sense!

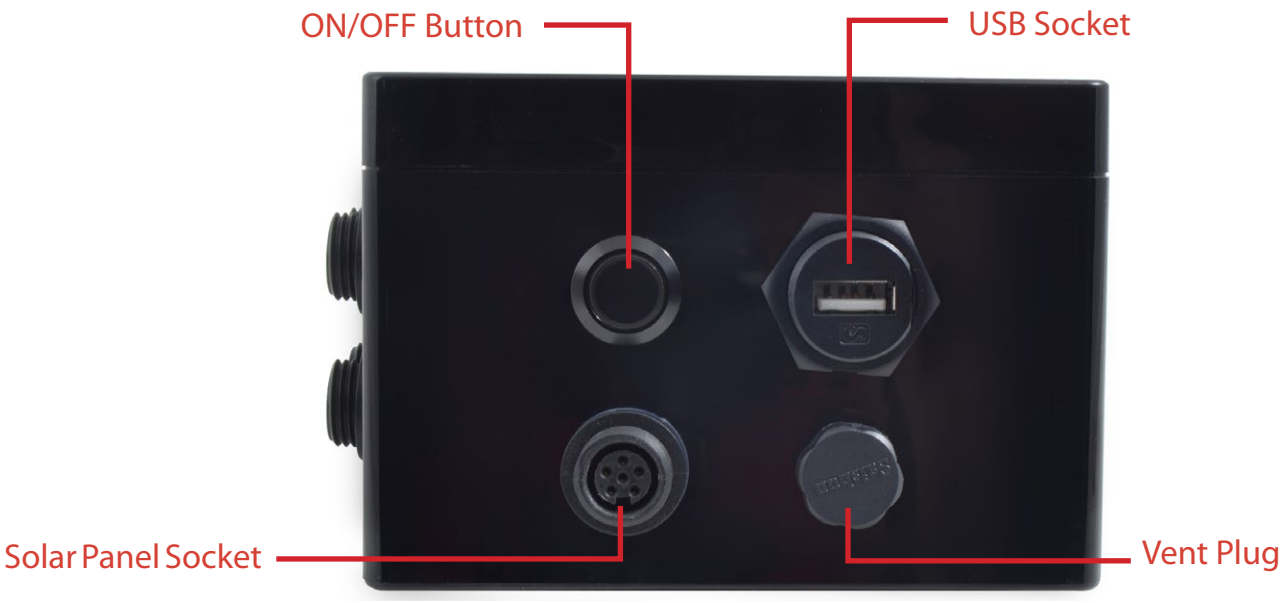


Figure 4: Control side of the enclosure

Figure 5: Sensor side of the enclosure

Figure 6: Antenna side of the enclosure

Figure 7: Front view of the enclosure

Figure 8: Back view of the enclosure

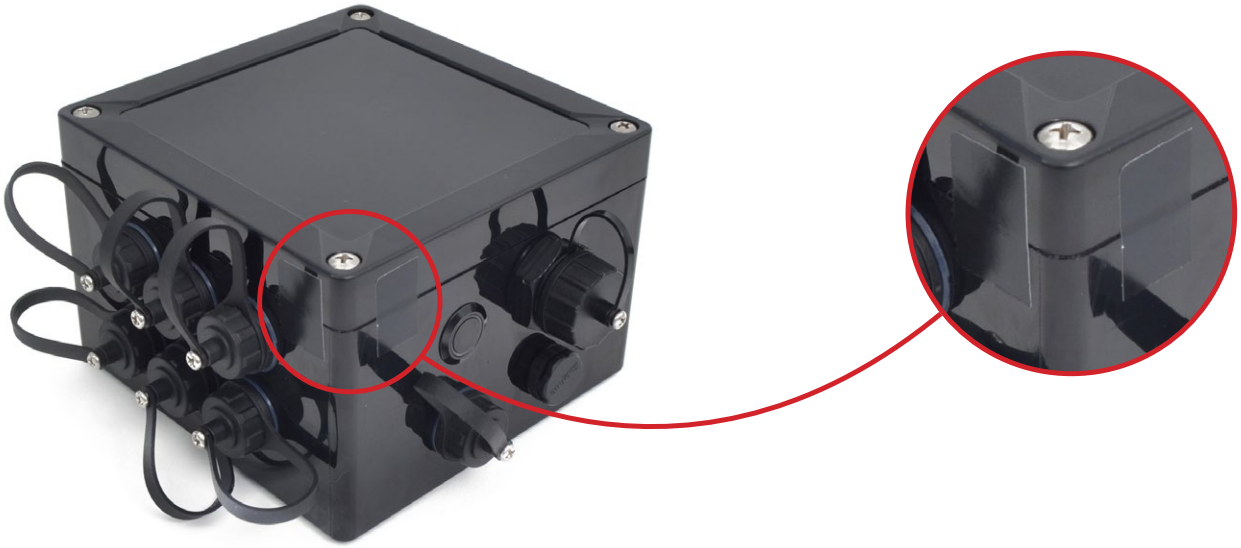


Figure 9: Warranty stickers of the enclosure

Important note: *Do not handle black stickers seals of the enclosure (Warranty stickers). Their integrity is the proof that Waspmote Plug & Sense! has not been opened. If they have been handled, damaged or broken, the warranty is automatically void.*

4.2. Parts included

Next picture shows Waspmote Plug & Sense! and all of its elements. Some of them are optional accessories that may not be included.

Figure 10: Waspmote Plug & Sense! accessories: 1 enclosure, 2 sensor probes, 3 external solar panel, 4 USB cable, 5 antenna, 6 cable ties, 7 mounting feet, 8 extension cord, 9 solar panel cable, 10 wall plugs & screws

7. Radios

Waspmote Plug & Sense! may integrate up to 6 radio modules for communication in the ISMB (Industrial Scientific Medical Band) bands.

Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10Km
Wifi	802.11b/g	2.4GHz	0dBm - 12dBm	-83dBm	50m-500m
GPRS	-	850MHz/900MHz/ 1800MHz/1900MHz	2W(Class4) 850MHz/900MHz, 1W(Class1) 1800MHz/1900MHz	-109dBm	

** Line of sight, Fresnel zone clearance and 5dBi dipole antenna.*

These modules have been chosen for their high receiving sensitivity and transmission power, as well as for being 802.15.4 compliant (XBee-802.15.4 model) and ZigBee-Pro v2007 compliant (XBee-ZB model). The XBee modules integrated in Waspmote include RPSMA antenna connectors.

7.1. 802.15.4 PRO

Module	Frequency	TX power	Sensitivity	Channels	Distance
PRO	2,40 – 2,48GHz	63.1mW	-100dBm	13	7000m

The frequency used is the free band of 2.4GHz, using 16 channels with a bandwidth of 5MHz per channel.

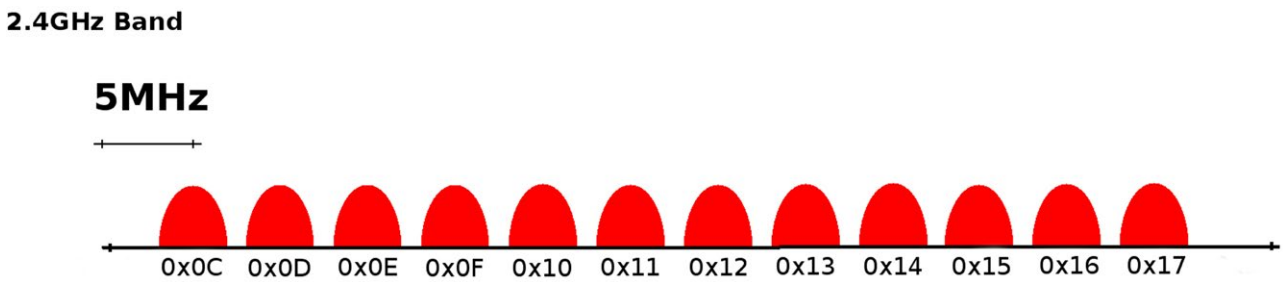


Figure 42: Frequency channels in the 2.4GHz band

Channel Number	Frequency
0x0C – Channel 12	2,405 – 2,410 GHz
0x0D – Channel 13	2,410 – 2,415 GHz
0x0E – Channel 14	2,415 – 2,420 GHz
0x0F – Channel 15	2,420 – 2,425 GHz
0x10 – Channel 16	2,425 – 2,430 GHz
0x11 – Channel 17	2,430 – 2,435 GHz
0x12 – Channel 18	2,435 – 2,440 GHz
0x13 – Channel 19	2,440 – 2,445 GHz
0x14 – Channel 20	2,445 – 2,450 GHz
0x15 – Channel 21	2,450 – 2,455 GHz
0x16 – Channel 22	2,455 – 2,460 GHz
0x17 – Channel 23	2,460 – 2,465 GHz

Figure 43: Channels used by the XBee modules in 2.4GHz

XBee 802.15.4 modules comply with IEEE 802.15.4 standard which defines physical and link level (MAC layer). The XBee modules add certain functionalities to those contributed by the standard, such as:

- **Node discovery:** certain information has been added to packet headers so that they can discover other nodes on the same network. It allows a node discovery message to be sent, so that the rest of the network nodes respond indicating their data (Node Identifier, @MAC, @16 bits, RSSI).
- **Duplicated packet detection:** This functionality is not set out in the standard and is added by the XBee modules.

Encryption is provided through the AES 128b algorithm. Specifically through the AES-CTR type. In this case the Frame Counter field has a unique ID and encrypts all the information contained in the Payload field which is the place in the 802.15.4 frame where data to be sent is stored.

Extra information about the encryption systems in 802.15.4 and ZigBee sensor networks can be accessed reading "Security in 802.15.4 and ZigBee networks" document located in **Development section** of Libelium website.

Common topology in 802.15.4 Networks is Star topology, where nodes send directly the sensor data to the Gateway.

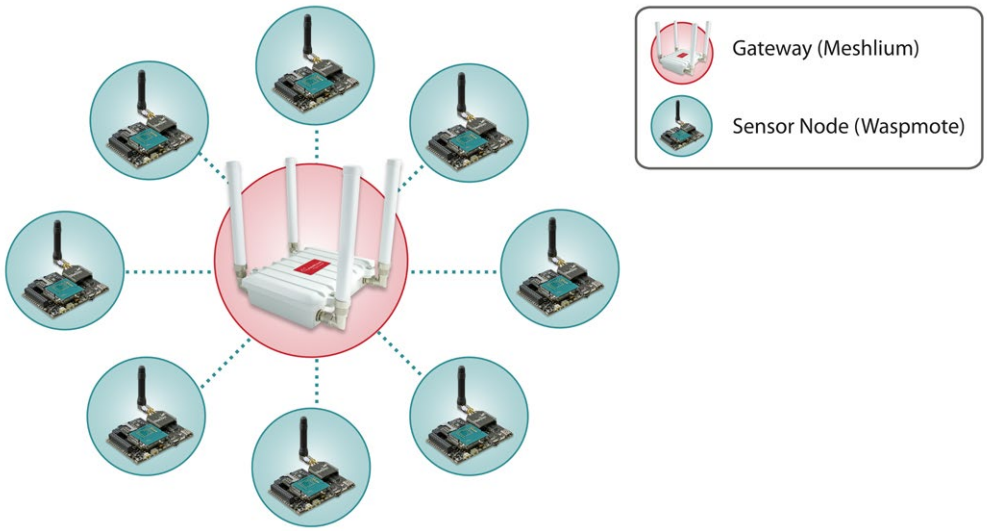


Figure 44: Star topology

Regarding energy , the transmission power can be adjusted to several values:

Parameter	Tx XBee-PRO
0	10dBm
1	12dBm
2	14dBm
3	16dBm
4	18dBm

Figure 45: Transmission power values

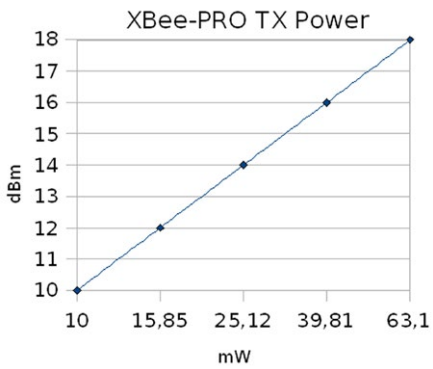


Figure 46: XBee-PRO TX Power

All information about their programming and operation can be found in the 802.15.4 Networking Guide available at **Development section** of Libelium website.

7.2. ZigBee PRO

Module	Frequency	Transmission Power	Sensitivity	Number of channels	Distance
XBee-ZB-PRO	2,40 – 2,48GHz	50mW	-102dBm	13	7000m

As ZigBee is supported in the IEEE 802.15.5 link layer, it uses the same channels as described in previous section, with the peculiarity that the XBee-ZB-PRO model limits the number of channels to 13.

XBee-ZB modules comply with the ZigBee-PRO v2007 standard. These modules add certain functionalities to those contributed by ZigBee, such as:

- **Node discovery:** some headings are added so that other nodes within the same network can be discovered. It allows a node discovery message to be sent, so that the rest of the network nodes respond indicating their specific information (Node Identifier, @MAC, @16 bits, RSSI).
- **Duplicated packet detection:** This functionality is not set out in the standard and is added by the XBee modules.

The topologies in which these modules can be used are star and tree.

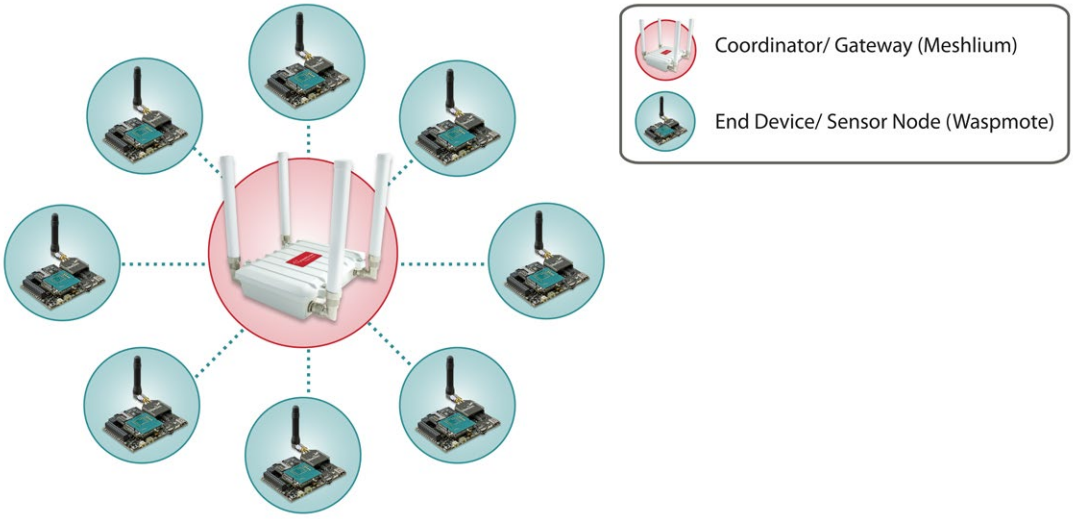


Figure 47: Star topology

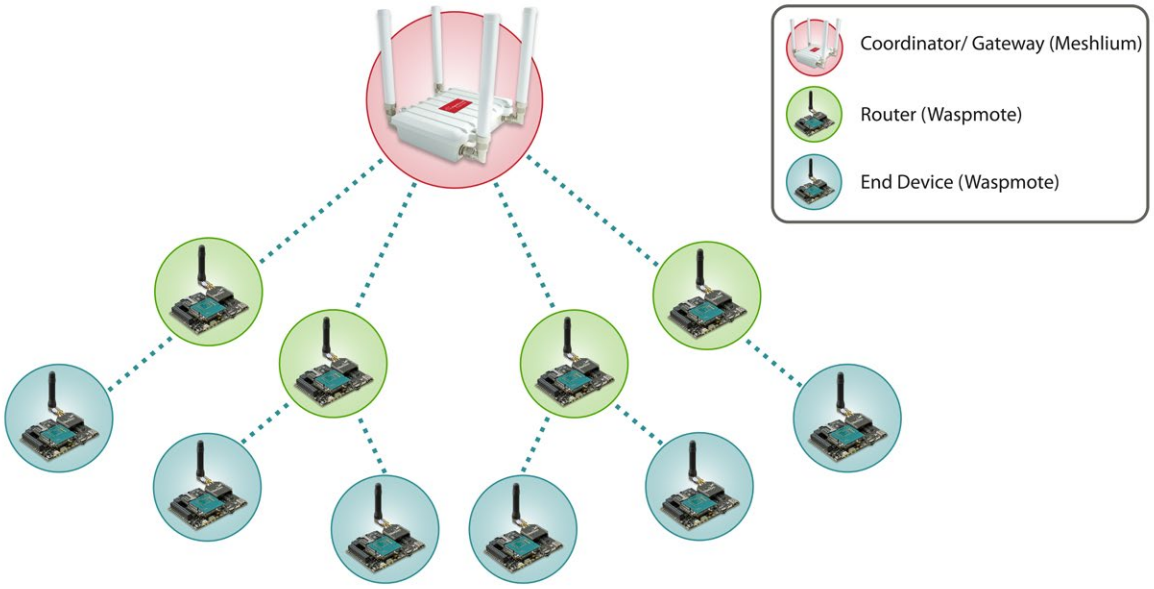


Figure 48: Tree topology

All information about their programming and operation can be found in the ZigBee Networking Guide available at **Development section** of Libelium website.