

Centelles FTTH

IRENE POLO DOMÍNGUEZ

Barcelona, 6 de novembre de 2009

Aggaros

Àvila 112 | 08018 Barcelona | Tel. +34 933 941 925 | Fax +34 933 941 926 | aggaros@aggaros.com

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins a la llar a Centelles

Agraïments

Ha sigut un llarg camí des de l'inici de la carrera als 18 anys acabats de complir fins el dia d'avui on veig aconseguit el meu objectiu de convertir-me en enginyera, a la que li queda molt camí per recórrer, però que ha donat el seu primer pas.

Personalment he pogut tirar endavant aquest projecte gràcies a la inestimable col·laboració de professors, superiors i companys de feina. A més del valuosíssim suport rebut desinteressadament per part de la meva família, amics i en especial la meva parella.

Cada una d'aquestes persones ha aportat el seu millor coneixement i disponibilitat. Per això a tots ells els vull agrair la seva col·laboració i suport. Sense ells aquest projecte avui no seria una realitat.

Taula de continguts

1	Introducció del projecte	9
2	Introducció sobre el Municipi de Centelles	11
3	Anàlisi situació actual	14
3.1	Impacte de la liberalització de les telecomunicacions	14
3.2	Anàlisi del mercat de serveis de telecomunicacions a Centelles	19
3.2.1	Gigadsl - Servei d'accés indirecte al bucle d'abonat	20
3.2.2	Desagregació del parell de coure des de la central	22
3.2.2.1	Desagregació compartida	22
3.2.2.2	Desagregació completa	23
3.2.3	Guifi.net	24
3.3	Volum del mercat de telecomunicacions al municipi de Centelles	25
3.4	Fractura Digital	29
4	Línies estratègiques / Propostes d'actuació	32
4.1	Infraestructures comuns: xarxa oberta	32
4.1.1	Què és una xarxa oberta?	32
4.1.2	Criteris de la xarxa	33
4.2	Alternatives tecnològiques d'implantació d'una xarxa oberta	34
4.2.1	Xarxa d'accés basada en els parells de coure de Telefònica i tecnologia ADSL2+ / VDSL	34
4.2.2	Xarxa d'accés basada en tecnologia ràdio (WiFi / WiMAX)	35
4.2.3	Xarxa de nova generació (NGN) basada en l'accés amb fibra òptica ..	36
4.2.4	Conclusions	38
5	Experiències específiques a Centelles	40
5.1	Introducció a la xarxa elèctrica	41
5.2	PLC	44
6	Xarxes de Fibra fins la llar - FTTH	50
6.1	Definicions FTTX	51
6.1.1	Introducció	51
6.1.2	FTTH	52
6.1.3	FTTB	52
6.1.4	FTTN	52
6.1.5	Arquitectures FTTN + VDSL	53
6.1.5.1	FTTN + VDSL versus FTTH/FTTB	55
6.2	Alternatives de xarxes d'accés FTTH	56
6.2.1	Topologia de xarxa PaP	56
6.2.1.1	Comparativa PaP PON versus PmP PON	57
6.2.2	Topologia de xarxa PmP	58
6.2.2.1	Arquitectures de xarxa AON	58
6.2.2.2	Arquitectures de xarxa PON	59
6.2.2.2.1	Tecnologies PON	61
6.2.2.2.1.1	BPON	61
6.2.2.2.1.2	GPON	62
6.2.2.2.1.3	EPON	63
6.2.2.2.1.4	Comparativa GPON versus EPON	64

6.3	Estat actual de les xarxes FTTH al món	65
6.3.1	Desplegaments de xarxes FTTH	65
6.3.1.1	Àsia	65
6.3.1.2	Amèrica del Nord	66
6.3.1.3	Europa.....	68
6.3.1.4	Espanya	71
6.3.1.4.1	Proves pilot de grans operadors nacionals:	71
6.3.1.4.2	Xarxa neutra del Principat d'Astúries	71
6.3.1.4.3	Projecte en fase de maduració.....	72
6.3.2	Serveis sobre xarxes FTTH	72
6.3.2.1	Àsia	72
6.3.2.2	Amèrica del Nord	73
6.3.2.3	Europa.....	73
6.3.2.4	Espanya	74
7	Arquitectura de xarxa	76
7.1	Criteris de Disseny	76
7.2	Selecció de tecnologia	78
7.3	Definicions	80
7.4	Topologia i esquema de xarxa	81
7.5	Arquitectura.....	83
7.5.1	Node Primari	83
7.5.2	Xarxa de distribució.....	83
7.5.3	Implantació de la xarxa troncal i d'accés a Centelles: la xarxa de l'operador elèctric.....	85
7.5.4	Xarxa d'accés: zonificació	87
7.5.4.1	Sectors	89
7.5.4.2	Tipologies de sector tipus	94
7.5.4.3	Criteris de disseny per la xarxa d'accés.....	98
7.5.5	Criteris de disseny per la ubicació de repartidors final d'usuari	98
7.6	Criteris de redundància i disponibilitat de servei.....	108
7.6.1	Criteris de seguretat en les esteses de fibra òptica	109
7.6.2	Criteris de seguretat en locals.....	109
7.7	Criteris constructius	110
7.7.1	Canalització soterrada	110
7.7.2	Prisma tradicional.....	111
7.7.3	Mini-rasa	112
7.7.4	Arquetes.....	114
7.7.5	Sortides a façana	117
7.7.6	Cablejat per façana	117
7.7.7	Materials.....	118
7.7.8	Caixes terminals.....	119
7.8	Criteris mediambientals	120
7.9	Adequació del local.....	120
7.9.1	Energia	120
7.9.2	Climatització.....	121
7.9.3	Detecció i protecció contra incendis.....	121

7.9.4	Inundació.....	122
7.10	Fibra òptica i materials.....	122
7.10.1	Fibra òptica	122
7.10.1.1	Element central	123
7.10.1.2	Codi de colors	124
7.10.1.3	Coberta del cable	125
8	Definició de serveis	127
8.1	Serveis d'Internet	127
8.2	Serveis de veu	127
8.3	Serveis d'imatge	128
9	Pla de negoci	129
9.1	Organització	129
9.2	Models de negoci.....	130
9.3	Escenaris de contractació.....	132
9.4	Model econòmic.....	133
9.4.1	Estimació de les inversions.....	133
9.4.2	Previsió d'ingressos i despeses	134
9.4.2.1	Ingressos.....	134
9.4.2.2	Despeses	136
9.4.3	Compte de resultats	138
9.4.4	Estructura del balanç	139
10	Conclusions	140
11	Bibliografia	142

Taula de figures

Figura 1.	Poble de Centelles	11
Figura 2.	Situació de Centelles.....	11
Figura 3.	Centelles sobre el mapa de la comarca d'Osona	12
Figura 4.	Subscriptors de banda ampla als països OECD al període 2000-2007	14
Figura 5.	Penetració de la banda ampla (línies/100 habitants)	15
Figura 6.	Penetració de PCs a la llar i connexió d'aquests a banda ampla (PCs/llar)..	15
Figura 7.	Evolució de la banda ampla a Espanya – Línies per cada 100 habitants	16
Figura 8.	Penetració de la banda ampla a Espanya (línies/100 habitants)	16
Figura 9.	Adopció de les TIC a Catalunya	17
Figura 10.	Model tècnic del servei Gigadsl.....	20
Figura 11.	Catàleg i modalitats de serveis.....	21
Figura 12.	Distribució de preus del servei Gigadsl	21
Figura 13.	Model de desagregació compartida	22
Figura 14.	Distribució de preus del model de desagregació compartida.....	23
Figura 15.	Model de desagregació completa.....	23
Figura 16.	Distribució de preus del model de desagregació completa	23
Figura 17.	Xarxa WiFi a Centelles	24
Figura 18.	Nodes de la xarxa de Guifi.net	24
Figura 19.	Quotes de mercat de banda ampla (línies ADSL) segons operadors	26

Figura 20. Distribució de línies de banda ampla per tipus d'operador (percentatges) .	26
Figura 21. Paquetització per tipus d'operador	28
Figura 22. Fractura Digital	29
Figura 23. Oferta de serveis a client final	30
Figura 24. Limitacions del parell de coure	31
Figura 25. Model tècnic de prestació del servei	34
Figura 26. Model d'arquitectura de xarxa WiMAX	36
Figura 27. Resum comparatiu entre tecnologies	38
Figura 28. Esquema de la xarxa de MT amb els CT i la interconnexió entre ells.....	43
Figura 29. Arquitectura de xarxa PLC	45
Figura 30. Anell de fibra òptica entre els CT Capçalera	46
Figura 31. Xarxa de distribució amb fibra òptica i amb PLC.....	47
Figura 32. Xarxa de distribució amb fibra òptica i PLC i xarxa d'accés amb PLC.....	48
Figura 33. Diferències entre tecnologies	52
Figura 34. Evolució de les xarxes d'accés.....	53
Figura 35. Característiques ADSL2+, VDSL i VDSL2.	54
Figura 36 Esquema xarxa FTTH amb topologia PaP entre Node Primari i usuaris finals	56
Figura 37 Esquema xarxa FTTH amb fibra compartida entre Node Primari i usuaris finals	58
Figura 38. GEM encapsulat de trama GPON	64
Figura 39. Predicció de cobertura de projectes d'accés de nova generació	65
Figura 40. Gràfica estat de la connexió d'accés en els EEUU	66
Figura 41. Nombre de llars amb infraestructura disponible per a connectar-se als EEUU.....	66
Figura 42. Nombre de llars connectades als EEUU	67
Figura 43. Tecnologies escollides als EEUU.....	68
Figura 44. Xarxa troncal i d'accés en les conques mineres d'Astúries.....	71
Figura 45. Topologia de xarxa	80
Figura 46. Esquema lògic de la xarxa de Centelles	82
Figura 47. Distribució interna del local.....	83
Figura 48. Desplegament de la xarxa de distribució.....	84
Figura 49. Esquema de la xarxa de MT amb els CT i la interconnexió entre ells.....	85
Figura 50. Xarxa troncal	86
Figura 51. Distribució de centres de transformació al municipi i xarxa d'accés	87
Figura 52. Xarxa troncal amb distribució de fibres òptiques.....	90
Figura 53. Xarxa troncal i d'accés amb distribució de fibres òptiques.....	91
Figura 54. Sectorització del municipi de Centelles	92
Figura 55. Tipologia de sector	93
Figura 56. Sector de llars unides.....	94
Figura 57. Sector de llars semiaïllades.....	95
Figura 58. Sector de llars aïllades	96
Figura 59. Sector industrial.....	97
Figura 60. Prisma calçada.....	111
Figura 61. Prisma vorera	112
Figura 62. Esquema arqueta tipus B	114

Figura 63. Tapa i marc arqueta tipus B	115
Figura 64. Esquema arqueta tipus C.....	115
Figura 65. Tapa i marc arqueta tipus C	116
Figura 66. Sortida a façana	117
Figura 67. Exemple cablejat per façana	118
Figura 68. Exemple caixes terminals de 24 i de 8 usuaris	119
Figura 69. Model de relacions	129
Figura 70. Models de negoci	131
Figura 71. Evolució de la penetració	132
Figura 72. Evolució dels clients	132
Figura 73. Evolució dels ingressos.....	135
Figura 74. Estructura de les despeses	137
Figura 75. Estructura P&L	139

Índex de taules

Taula 1. Equipament TIC a les llars catalanes	17
Taula 2. Equipament a les llars Catalanes per Província al 2006	17
Taula 3. Equipament a les llars Catalanes per Vegueria al 2006.....	18
Taula 4. Equipament a les llars Catalanes a les comarques centrals al 2006	18
Taula 5. Distribució de clients per servei	25
Taula 6. Distribució de clients per operador en modalitat d'accés indirecte.....	26
Taula 7. Distribució de clients per operador en modalitat d'accés directe o desagregació	27
Taula 8. Requeriments de banda ampla per tipus de servei	30
Taula 9. Comparativa entre les diferents tecnologies.....	38
Taula 10. Paràmetres de la xarxa elèctrica de mitja tensió	41
Taula 11. Paràmetres de la xarxa elèctrica de baixa tensió	42
Taula 12. Característiques de BPON	61
Taula 13. Característiques de GPON	62
Taula 14. Característiques de EPON	63
Taula 15. Comparativa GPON versus EPON	64
Taula 16. Amples de banda GPON segons divisors i penetració.....	79
Taula 17. Descripció dels sectors.....	90
Taula 18. Llistat distribució dels ports GPON.	108
Taula 19. Paràmetres geomètrics de la fibra òptica G.652-D amb protecció primària	123
Taula 20. Paràmetres mecànics de la fibra òptica G.652-D	123
Taula 21. Paràmetres òptics de la fibra òptica G.652-D.....	123
Taula 22. Codi colors tubs de fibres	124
Taula 23. Codi colors de fibres òptiques dins del tub.....	125
Taula 24. Resum de les inversions.....	133
Taula 25. Tarifes pels diferents serveis	134
Taula 26. Resum dels ingressos anuals.....	135
Taula 27. Hipòtesis de despeses generals.....	136
Taula 28. Resum despeses indirectes.....	137

Taula 29. Magnituds generals	138
Taula 30. Estructura del balanç.....	139

1 Introducció del projecte

Les telecomunicacions esdevenen un element fonamental en el desenvolupament de la societat actual atès que generen noves possibilitats de relació en l'entorn social i econòmic. Les aplicacions i els serveis avançats de telecomunicacions, eines en continu desenvolupament, comporten canvis en els hàbits i en les formes de treball i milloren alguns aspectes qualitius i quantitius de les relacions personals i professionals, a més de col·laborar en el creixement i en el desenvolupament econòmic d'un territori. Les xarxes de telecomunicacions són, sens dubte, l'eix que vertebrava i que fa possible establir aquests tipus de relacions ignorant les distàncies físiques que les separen.

L'any 1997 s'inicia el procés de liberalització del sector de les telecomunicacions, impulsat per la Unió Europea. Un procés que afecta tant l'àmbit de les infraestructures com el dels serveis amb el que es van obrir noves perspectives de desplegament de xarxes d'accés de banda ampla, alternatives a les existents, especialment a les zones del territori llunyanes dels grans nuclis de població, on els serveis avançats de telecomunicacions són indispensables per mantenir un equilibri territorial adequat i on, precisament, al llarg del temps, menys disponibilitat de serveis ha existit.

El problema actual és que aquestes alternatives no s'han vist acomplertes de moment.

Els passos que han donat els operadors fins ara són:

- ♣ Els nous operadors han concentrat l'esforç inversor i de desplegament en un petit conjunt de grans nuclis urbans, els quals són rentables econòmicament pels propis operadors en un termini curt de temps.
- ♣ La inversió en desplegament de xarxes d'accés dels Operadors és decreixent i enfocada a les zones amb clients potencials amb major rendibilitat. No s'observa un interès de fer arribar la banda ampla a la gran majoria de la població. Això fa difícil pensar que puguin arribar a tota la població en un termini curt de temps, amb tant sols l'empenta de la inversió privada.
- ♣ No hi ha una previsió seriosa que permeti veure si hi haurà en un futur xarxes d'accés de banda ampla alternatives que arribin a la majoria de poblacions de Catalunya, amb independència del número d'habitants, del número de km² del municipi i de la distància a les grans ciutats.

Hi ha un altre aspecte, també important com són els serveis, que no s'han desenvolupat tot el que la tecnologia actual permet. Els Operadors han enfocat les ofertes en proporcionar més ample de banda i en competir en preus, havent deixat de costat la innovació i la creació de serveis diferencials.

El Municipi de Centelles veu amb preocupació aquest fet, per la manca d'oferta de serveis competitius de banda ampla i per l'agreuiment de les diferències amb les

ciutats més grans. És per això que des de l'Ajuntament de Centelles es proposa realitzar un estudi de viabilitat d'una infraestructura oberta de telecomunicacions que pugui ser utilitzada per tots els operadors per oferir els seus serveis. Centelles és un dels pocs municipis que disposen de la seva pròpia xarxa elèctrica, per tant la gestió d'infraestructures i prestació de serveis a la comunitat és un aspecte molt integrat.

En aquest document es presenta un anàlisi de l'estat del mercat de banda ampla i els diversos desplegaments de noves xarxes d'accés basades en fibra òptica tant a nivell nacional com internacional.

A més es presenta una comparativa de les diverses alternatives tecnològiques amb les quals es poden desplegar aquestes xarxes per a suportar l'increment de prestacions de serveis que s'espera a curt/mig termini.

També s'explica el mètode i les consideracions preses en el procés de disseny d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar (FTTH: Fiber To The Home, en anglès) que està previst desplegar a la comarca d'Osona a la població de Centelles.

Finalment, cal remarcar que aquest no és exclusivament un projecte tècnic. Tal com es veu al llarg d'aquest document, s'han analitzat els aspectes tècnics fins al punt de poder proposar un model d'empresa i analitzar la seva sostenibilitat en un marc de plena competència amb altres operadors.

Els objectius d'aquest projecte són:

- ✦ **Alinear les actuacions de telecomunicacions en el municipi.**
- ✦ **Reduir la fractura digital:** Garantir la disponibilitat d'un servei de banda ampla a la totalitat del municipi, i complementar aquest servei amb una oferta econòmica prou atractiva que incentivi l'ús de la banda ampla.
- ✦ **Incentivar l'ús i la difusió de noves tecnologies:** Potenciar el seu ús com a motor econòmic per als comerços i com a motor social per a l'ajuntament i d'altres equipaments públics (escoles, biblioteques, ...). També es fa més fàcil el teletreball (treball a distància), poder treballar des de casa mitjançant l'accés a Internet de banda ampla, que evitarà la migració dels ciutadans de Centelles cap a grans nuclis urbans dotats amb més prestacions tecnològiques.
- ✦ **Incentivar l'administració digital:** Integrar dintre d'aquesta nova xarxa, una xarxa de telecomunicacions pròpia que connecti les dependències municipals, permetent així millorar els serveis oferts als ciutadans i que sigui coherent amb els objectius anteriors.
- ✦ **Crear llocs de treball:** Crear llocs de treball amb perfil tècnic i de qualitat tant per al desplegament de la xarxa com per al posterior manteniment i explotació de la mateixa. A més, la disponibilitat de banda ampla al municipi, pot fer que noves empreses considerin interessant implantar la seva seu a Centelles. Creant així nous llocs de treball que podran ser ocupats per residents.

2 Introducció sobre el Municipi de Centelles

El municipi de Centelles està ubicat al Sud de la Plana de Vic, a 17 Km d'aquesta població i a 52 Km de Barcelona. La seva altitud és de 498 m. Està limitat pel Montseny a l'Est, la serra de la Guàrdia amb el Puigsagordi i el Turó de les Onze Hores a l'Oest i Sant Martí, el Pla de la Garga i Tagamanent al Sur.

El municipi de Centelles pertany a la comarca d'Osona, província de Barcelona, aquest poble compta al 2007 amb 7.022 habitants (dada del padró municipal de Centelles) i una superfície de 15,2 km².

Centelles es troba comunicat amb altres pobles i ciutats de la comarca mitjançant l'autovia C-17 (Autovia Barcelona-Vic) i també a través de RENFE.



Figura 1. Poble de Centelles



Figura 2. Situació de Centelles



Figura 3. Centelles sobre el mapa de la comarca d'Osona

Les dades proporcionades per IDESCAT (Institut d'Estadística de Catalunya) i del INE (Instituto Nacional de Estadística), mostren que la població de Centelles al 2001 era de 5.826 habitants amb un total de 2.612 llars, de les quals 2.056 eren llars principals. Al 2006 la població va créixer fins assolir els 6.671 habitants i al 2007 segons les dades del padró municipal ja són 7022, el que representa un creixement del 3,16 % anual de la població en els darrers 6 anys.

Des del punt de vista constructiu, al municipi de Centelles podem observar que hi ha un predomini d'edificis de 1 a 3 alçades i de 1, 2 o 3 llars per planta. La gran majoria d'aquestes llars es troben distribuïdes pel municipi en edificis units per façana els uns amb els altres o bé en cases semi aïllades, les quals es troben unides de dos en dos, o bé properes però amb un petit jardí de separació entre elles.

Al municipi hi són presents a més a més tres grans zones industrials, que són: polígon industrial El Congost, polígon industrial La Gavarra i polígon industrial Puigxoriguer i els Casals.

Centelles és un dels pocs municipis amb una xarxa de distribució elèctrica de titularitat municipal. Aprofitant una massiva presència d'empreses del sector tèxtil, a principis del segle XX el municipi de Centelles va prendre la iniciativa d'implantar una xarxa elèctrica a tota la població. En l'actualitat, Centelles és un dels pocs municipis de l'Estat que manté la propietat del 100% d'una empresa distribuïdora d'electricitat per a

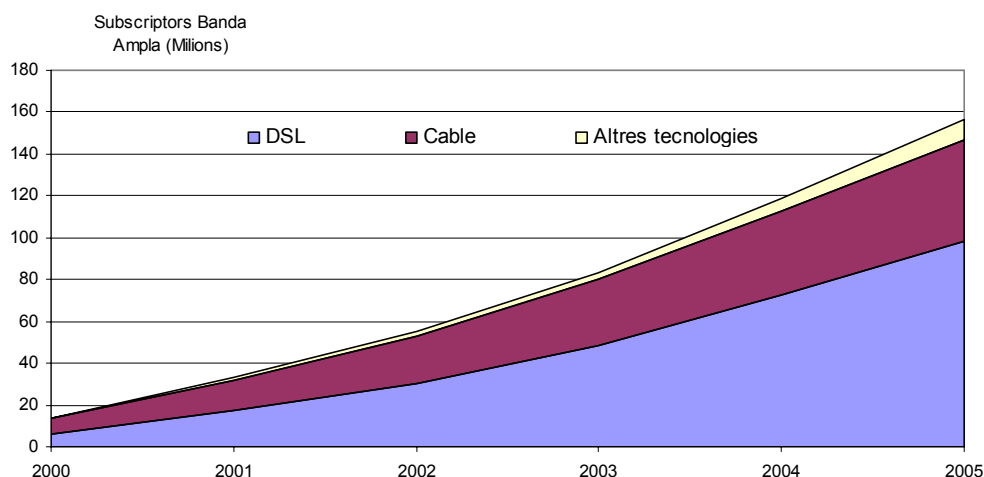
tot el terme municipal. Aquesta empresa és l'**Electradistribució**, fundada el 1926 i gestionada completament per l'ajuntament de Centelles.

És aquest fet el que ha permès disposar de les dades reals del número de llars i empreses existents i actualment connectades a la xarxa elèctrica municipal de Centelles per cada carrer del poble. Aquestes dades conjuntament amb les obtingudes mitjançant la "Oficina Virtual del Catastro" han donat un total de 4001 llars/empreses al municipi de Centelles. Aquest valor és el que s'ha utilitzat per l'estudi objecte d'aquest document.

3 Anàlisi situació actual

3.1 Impacte de la liberalització de les telecomunicacions

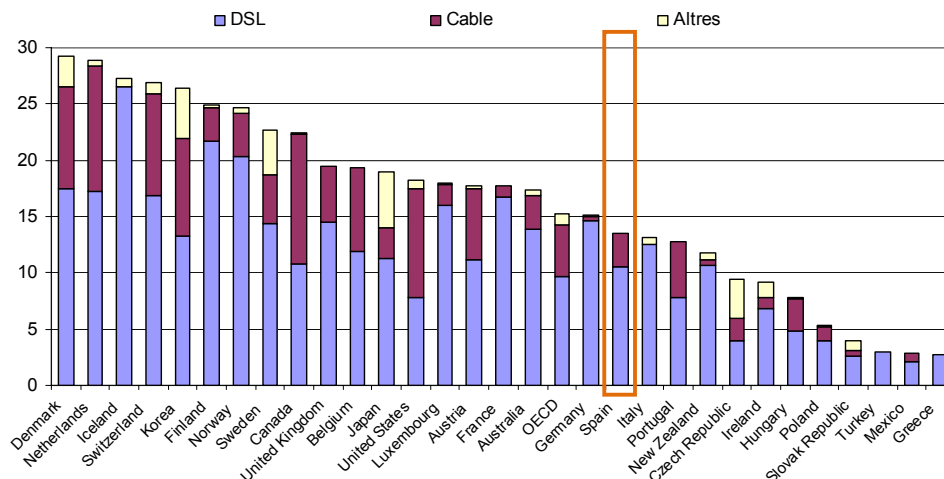
La liberalització de les telecomunicacions efectuada per la Unió Europea ha proporcionat als ciutadans un major nombre de serveis i prestacions en un entorn de competència. Dins aquests serveis, el darrer motor de creixement del mercat de les Telecomunicacions als anys 2005 i 2006 a Espanya així com als països de la OCDE ha estat la banda ampla. Aquesta evolució en nombre total de subscriptors es pot observar a la gràfica següent per al període 2000-2005.



Font: OCDE *communications outlook 2007* (Des 2005)

Figura 4. Subscriptors de banda ampla als països OECD al període 2000-2007

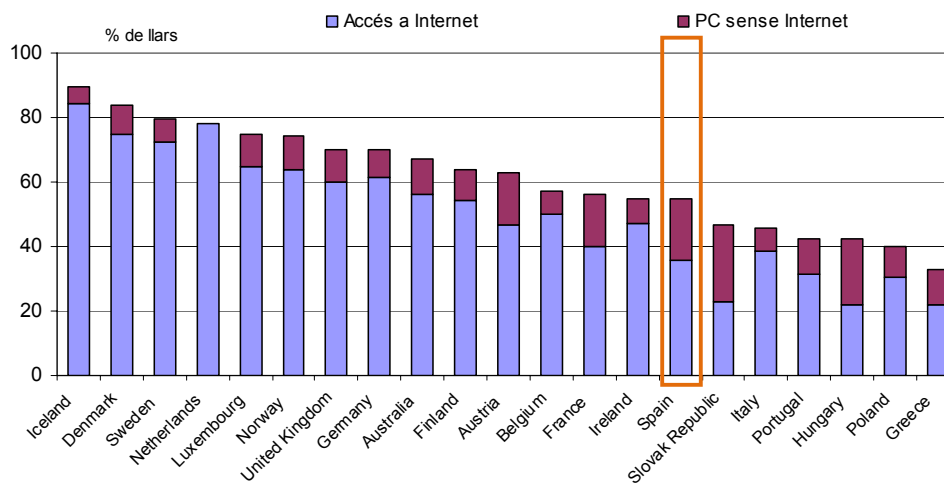
L'evolució de clients de banda ampla no ha estat similar en tots els països de la OCDE. L'estat de les infraestructures, l'evolució de la regulació en cadascun dels estats així com el nivell de competència, renda i formació dóna com a resultat un major o menor creixement de la penetració de la banda ampla a cada país. Així, la penetració mitjana de banda ampla als països de la OCDE ha assolit el 15,3% dels habitants mentre que Espanya es situa al juny de 2006 en el 13,5%.



Font: OCDE *communications outlook 2007* (Des 2005)

Figura 5. Penetració de la banda ampla (línies/100 habitants)

El diferencial entre la penetració de banda ampla a cada un dels països pot ser una conseqüència de diverses causes, però en el cas d'Espanya pot observar-se un diferencial elevat entre el total de llars que tenen ordinador i el total de llars que tenen connexió a banda ampla. Aquest diferencial, totalment anormal respecte la resta de països de la OCDE, és resposta d'una disfunció en la prestació de serveis de telecomunicacions als clients finals bé per causes de cobertura i/o bé per manca d'una situació de competència efectiva.

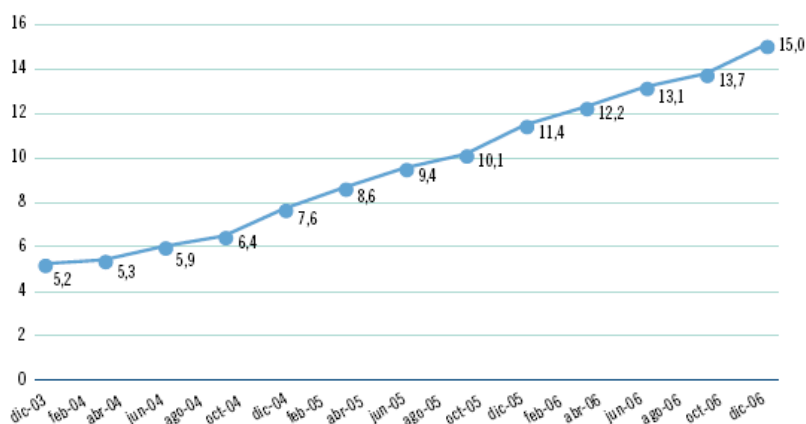


Font: OCDE *communications outlook 2007* (Des 2005)

Figura 6. Penetració de PCs a la llar i connexió d'aquests a banda ampla (PCs/llar)

A Espanya l'evolució de la banda ampla en els darrers anys també ha estat ascendent i continua actualment en creixement en sintonia amb el creixement dels països de la OCDE com mostra el gràfic següent. Aquesta tendència es preveu que continuï així, augmentant l'oferta, la demanda i l'ample de banda exigit pels usuaris, tenint en

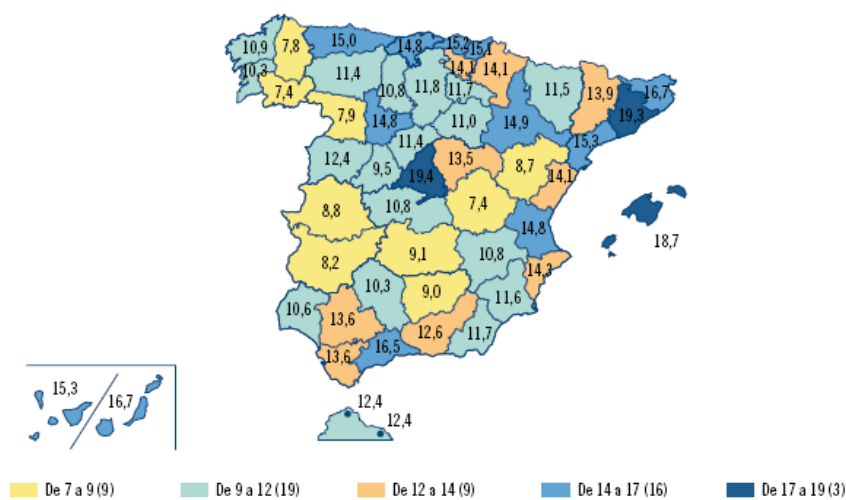
compte que cada vegada hi ha més continguts en Internet que requereixen majors amples de banda.



Font: CMT Des 2006

Figura 7. Evolució de la banda ampla a Espanya – Línies per cada 100 habitants

Pel que fa a la distribució de la penetració de la banda ampla a Espanya, es pot observar la figura següent que la distribució també és molt dispar a nivell de província i de Comunitat Autònoma. Les comunitats autònomes amb una penetració de banda ampla més elevada són: Illes Balears, Comunitat de Madrid i Catalunya (en concret la província de Barcelona).



Font: CMT Des 2006

Figura 8. Penetració de la banda ampla a Espanya (línies/100 habitants)

Aquesta disparitat existent entre Comunitats Autònomes, també es reflexa dins mateix d'una comunitat autònoma. Així, a Catalunya existeixen elevades disparitats, segons l'àmbit geogràfic d'actuació, en la penetració de la banda ampla a les llars del país.

A la figura següent es pot observar la penetració a finals de 2005 de PCs, Internet i banda ampla a les llars de Catalunya a nivell de comarca. Com es pot observar, els índex de penetració són més elevats allà on existeix una concentració de població més elevada, a les comarques de la costa, i és més elevat a l'interior.

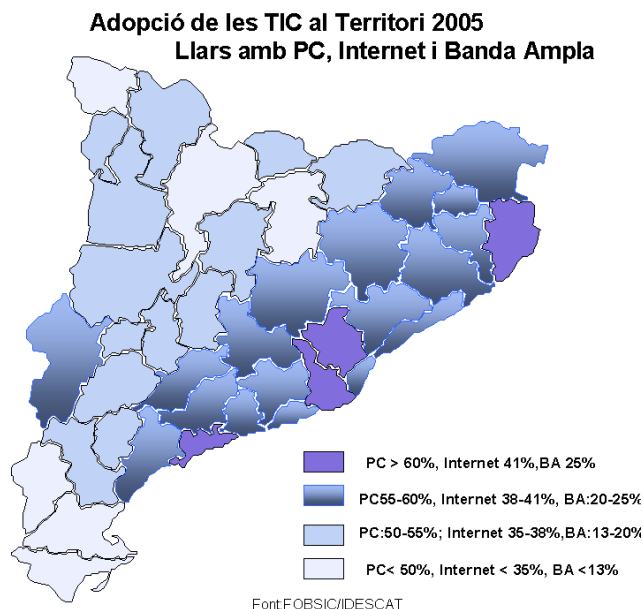


Figura 9. Adopció de les TIC a Catalunya

Els valors globals i la seva evolució pel conjunt de Catalunya es pot observar a la taula següent pel període 2005-2006.

	2005 (primavera)	2005 (tardor)	2006 (primavera)
Ordinador	56,5 % llars	56,8 % llars	57,2 % llars
Connexió a Internet	40,9 % llars	41,8 % llars	43,1 % llars
Banda Ampla	25,5 % llars	28,8 % llars	33,8 % llars

Taula 1. Equipament TIC a les llars catalanes

La distribució a Catalunya a nivell de província presenta la predominança de Barcelona en vers la resta de províncies de Catalunya on la penetració de banda ampla supera en 10 punts a la resta mentre que la penetració de l'ordinador a la llar es troba en ratis similars.

2006 (primavera)	EQUIPAMENT DE LA LLAR A CATALUNYA					
	Tinença d'ordinador a la llar		Connexió a Internet a la llar		Banda ampla	
	Indicador	Índex vers Catalunya	Indicador	Índex vers Catalunya	Indicador	Índex vers Catalunya
BARCELONA	57,6%	100,7	44,4%	103,1	36,1%	106,9
GIRONA	58,3%	102,0	42,3%	98,1	28,1%	83,2
LLEIDA	53,7%	94,0	36,5%	84,7	22,9%	67,7
TARRAGONA	55,1%	96,4	37,8%	87,6	27,7%	82,1
Catalunya	57,2%	100	43,1%	100	33,8%	100,0

Taula 2. Equipament a les llars Catalanes per Província al 2006

Un anàlisi a nivell de vegueria reforça encara més el diferencial entre Barcelona i la seva àrea metropolitana vers la resta de territori de Catalunya. Així, la vegueria de les Comarques Centrals, on s'ubica el municipi de Centelles té una penetració de banda ampla del 26% sobre la totalitat del llars, 11 punts inferior a la penetració de banda ampla a la vegueria metropolitana i 7 punts inferior a la mitja de Catalunya.

2006 (primavera)	EQUIPAMENT DE LA LLAR A CATALUNYA					
	Tinença d'ordinador a la llar		Connexió a Internet a la llar		Banda ampla	
	Indicador	Índex vers Catalunya	Indicador	Índex vers Catalunya	Indicador	Índex vers Catalunya
Metropolità	58,2%	101,8	44,9%	104,3	37,1%	109,8
Comarques gironines	58,3%	102,0	42,2%	98,0	28,1%	83,3
Camp de Tarragona	57,3%	100,2	39,6%	91,8	30,4%	90,1
Terres de l'Ebre	49,2%	86,2	32,7%	75,9	20,2%	59,7
Comarques centrals	51,1%	89,4	39,0%	90,6	26,0%	77,0
Ponent	53,8%	94,1	36,5%	84,7	23,5%	69,6
Alt Pirineu i Aran	53,6%	93,8	37,5%	86,9	21,3%	63,1
Catalunya	57,2%	100	43,1%	100	33,8%	100

Taula 3. Equipament a les llars Catalanes per Vegueria al 2006

Dins la vegueria de les Comarques Centrals, la comarca d'Osona, on s'ubica el municipi de Centelles, és la que disposa d'una penetració de banda ampla més elevada, del 29,9%. Aquesta penetració és un 3,9% superior a la mitja de la vegueria i un 7,2% inferior a la de Barcelona i la seva zona metropolitana.

2006 (primavera)	Tinença d'ordinador a la llar			Connexió a Internet a la llar			Banda ampla		
	Indicador	Índex vers vegueria	Índex respecte Catalunya	Indicador	Índex vers vegueria	Índex respecte Catalunya	Indicador	Índex vers vegueria	Índex respecte Catalunya
Anoia	52,6%	102,9	92,0	39,4%	100,9	91,4	27,3%	105,0	80,9
Bages	50,0%	97,8	87,4	35,7%	91,4	82,7	23,4%	90,0	69,3
Berguedà	50,6%	98,9	88,5	37,3%	95,4	86,4	23,5%	90,3	69,6
Osona	51,7%	101,2	90,5	44,3%	113,5	102,8	29,9%	114,7	88,3
Solsonès	51,9%	101,5	90,8	38,8%	99,4	90,0	24,0%	92,2	71,0
Comarques centrals	51,1%	100,0	89,4	39,0%	100,0	90,6	26,0%	100,0	77,0

Taula 4. Equipament a les llars Catalanes a les comarques centrals al 2006

L'existència d'un diferencial de la penetració de banda ampla és deguda fonamentalment a una distorsió de les corbes d'oferta i demanda dels serveis de telecomunicacions. És per tant necessari realitzar un anàlisi de l'oferta de serveis al municipi per obtenir els diferencials respecte a una situació de prestació d'oferta estàndard i sobre la qual es puguin desenvolupar accions de correcció.

3.2 Anàlisi del mercat de serveis de telecomunicacions a Centelles

L'oferta actual de serveis a les llars i empreses del municipi de Centelles ve donada per Telefònica, un nombre d'Operadors alternatius o bé d'iniciatives col·lectives.

- ♣ **L'oferta de Telefònica** presenta a Centelles un catàleg de connectivitat de banda ampla no diferenciat respecte als serveis oferts a altres zones del país. El catàleg de serveis de Telefònica es caracteritza per l'ús de la tecnologia d'accés ADSL en la seva modalitat ADSL i no ADSL2+ o VDSL.

El servei actual de Telefònica a Centelles és un ADSL 3 Mbps oferint tarifa plana 24h per les comunicacions per Internet i trucades nacionals.

No s'ofereixen actualment serveis multimèdia IP sobre ADSL (Imagenio) a tot el territori encara que Telefònica comunica a la seva pàgina web la possibilitat d'oferir el servei en algunes zones, on també pot ampliar l'ADSL a 6 o 10 Mbps.

- ♣ **L'oferta actual de serveis que els operadors alternatius** proporcionen, ho fan utilitzant la xarxa de Telefònica o bé xarxes alternatives WiFi (guifi.net).

L'ús de la xarxa de Telefònica implica que el catàleg de serveis ofert per aquests operadors es limita a la revenda dels serveis creats per Telefònica i oferts per aquests en modalitat majorista.

Existeixen 3 modalitats de servei pels operadors alternatius d'ús de la xarxa de Telefònica:

- ♣ Gigadsl - Servei d'accés indirecte al bucle d'abonat.
- ♣ Servei de desagregació compartida
- ♣ Servei de desagregació completa

La modalitat que els operadors alternatius seleccionen per a oferir serveis al client final depèn de tres factors:

- ♣ Volum potencial de mercat: nombre de llars i empreses del municipi o bé sota la cobertura d'una Central de Telefònica.
- ♣ Cost de connexió de la central de Telefònica (cost de la xarxa de transport entre la ubicació actual de l'operador i el municipi).
- ♣ Estructura edificativa del municipi (distància dels parells de Telefònica des de la Central) que permet identificar el mercat potencial accessible.

3.2.1 Gigadsl - Servei d'accés indirecte al bucle d'abonat

Aquest és el servei que utilitzen els operadors alternatius actualment per proporcionar serveis als clients finals a Centelles.

Aquest servei es basa en l'oferta que Telefònica realitza a nivell majorista a operadors alternatius per la qual aquests adquireixen aquests serveis i els revenen als clients finals: creant així una oferta de serveis d'accés **indirecte** al bucle d'abonat (Gigadsl).

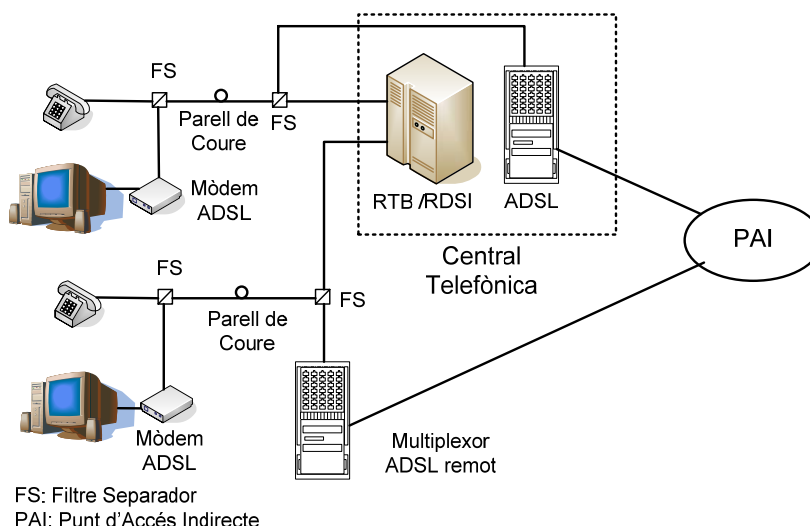


Figura 10. Model tècnic del servei Gigadsl

En aquest servei un operador es connecta en un únic punt d'accés a la xarxa de Telefònica a nivell provincial (Punt d'Accés Indirecte (PAI)), i mitjançant la xarxa ATM, IP i de parells de Telefònica, proporciona el servei a un client final de Centelles.

El funcionament d'aquest servei té 3 capes:

- ♣ Capa formada pel client final que contracta el servei, rep el mòdem ADSL i es facturat per l'operador alternatiu.
- ♣ Capa formada per l'Operador Alternatiu que contracta el servei a Telefònica.
- ♣ Capa formada per Telefònica que configura el servei a la seva xarxa, factura a l'operador alternatiu pel servei i interconnecta al client final amb l'operador alternatiu a través de la seva pròpia xarxa.

Les seves característiques bàsiques són:

- ♣ Aquests serveis ofereixen prestacions significativament inferiors als que Telefònica ofereix de forma directa tant des del punt de vista tècnic com econòmic, especialment per la prestació de serveis multimèdia.
- ♣ El catàleg de serveis està determinat per Telefònica i és el indicat a la Figura 11.

MODALIDAD GIGADSL	DOWNSTREAM / UPSTREAM (KBPS)	CUOTA MENSUAL (euros)
ESTÁNDAR (O)	1024 / 320	16,48
MÁXIMA (A)	3000 / 320	17,56
BÁSICO (B)	1024 / 320	18,68
CLASS (J)	2048 / 320	22,04
AVANZADO (C)	4096 / 512	29,39
PREMIUM (N)	7296 / 640	40,30
CLASS ACG (L)	2048 / 640	58,35
AVANZADO ACG (M)	4096 / 640	91,92
PREMIUM ACG (P)	7296 / 640	144,39

MODALIDAD ADSL-IP	DOWNSTREAM / UPSTREAM (KBPS)	CUOTA MENSUAL (euros)
REDUCIDO (O)	1024 / 320	22,42
BÁSICO (B)	1024 / 320	23,14
CLASS (J)	2048 / 320	24,99
MÁXIMA (A)	3000 / 320	25,45
AVANZADO (C)	4096 / 512	40,26
PREMIUM (N)	7296 / 640	57,85

Font: CMT

Figura 11. Catàleg i modalitats de serveis

- ❖ La qualitat del servei ADSL està determinada per Telefònica (retards, nivells de concentració, ...).
- ❖ El procés de provisió de servei està determinat en terminis per Telefònica.
- ❖ El preu mínim queda determinat pel preu de venda del servei de Telefònica als tercers operadors.
- ❖ No permet proporcionar serveis multimèdia, televisió sobre IP o vídeo sota demanda.

Estructura de preus:

El client final realitza dos pagaments. A Telefònica per l'accés (13,4 € mensuals) i a l'operador alternatiu pel servei de banda ampla. L'operador alternatiu paga a Telefònica 26,45 € mensuals per la revenda del servei ADSL.

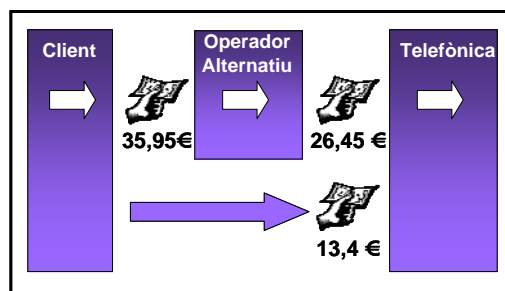


Figura 12. Distribució de preus del servei Gigadsl

El preu del servei està regulat per la Comissió del Mercat de les Telecomunicacions (CMT). Aquest preu mínim condiciona el preu mínim de venda de serveis de la totalitat dels operadors a la ciutat de Centelles i per tant el marc competitiu existent.

3.2.2 Desagregació del parell de coure des de la central

Aquesta modalitat no està present a Centelles mentre que si ho està a zones amb un nivell elevat de competència de serveis.

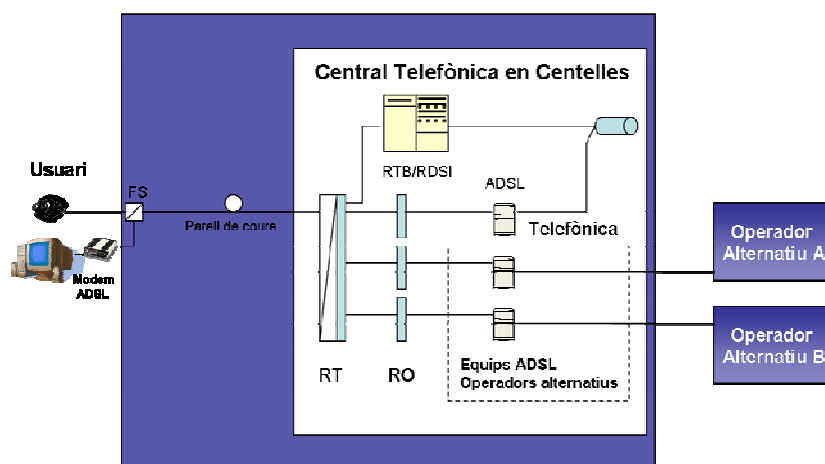
Aquesta modalitat es basa en que l'operador alternatiu ubica els seus equips dins la Central de Telefònica. Es connecta amb els usuaris mitjançant el lloguer del parell de coure final propietat de Telefònica. La resta de serveis els proporciona a través de la seva pròpia xarxa o bé per xarxa compartida entre diferents operadors.

La desagregació del parell de coure requereix que l'operador alternatiu connecti els seus equips a la central de Telefònica mitjançant la seva pròpia xarxa de telecomunicacions el que li ofereix la possibilitat d'independitzar el catàleg de serveis de l'oferta de Telefònica.

El servei de desagregació es pot subministrar en dues modalitats: desagregació compartida i desagregació completa.

3.2.2.1 Desagregació compartida

L'operador alternatiu lloga només la capacitat del parell de coure necessària per la transmissió de la banda ampla sobre ADSL. En aquest cas l'operador alternatiu instal·la el seus propis equips multiplexors d'ADSL/ADSL2+ a la central de Telefònica i els connecta a la seva pròpia xarxa de transport en un extrem, i als parells de Telefònica que connecten la casa dels clients a l'altre.



RT: Repartidor de Telefònica (inclou el filtre divisor)
RO: Repartidor de l'operador (on s'interconnecta la xarxa de parells de Telefònica)

Figura 13. Model de desagregació compartida

Estructura de preus:

El client realitza dos pagaments. A Telefònica per l'accés (13,43 € mensuals) i a l'operador alternatiu pel servei de banda ampla. L'operador alternatiu paga a Telefònica 3 € mensuals pel lloguer de la part del parell de coure dedicada a la transmissió del servei ADSL.

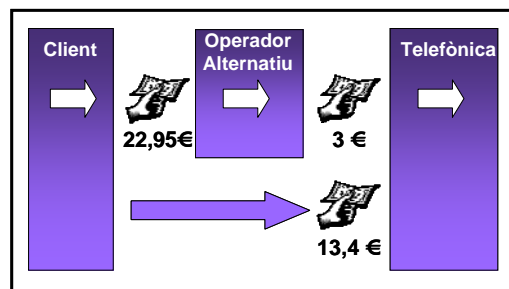


Figura 14. Distribució de preus del model de desagregació compartida

3.2.2.2 Desagregació completa

L'operador alternatiu lloga la totalitat del parell de coure i proporciona els serveis de telefonia i accés a banda ampla. En aquest cas l'operador alternatiu instal·la els seus propis equips multiplexors d'ADSL/ADSL2+ i els equips de veu a la central de Telefònica i els connecta a la seva pròpia xarxa de transport en un extrem, i als parells de Telefònica que connecten la casa dels clients a l'altre.

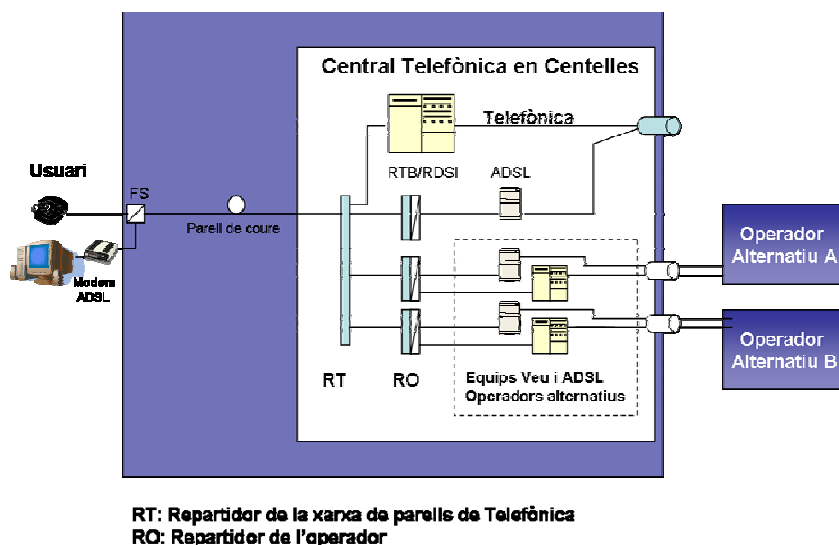


Figura 15. Model de desagregació completa

Estructura de preus:

El client realitza un pagament únic a l'operador alternatiu per la totalitat dels serveis. Aquest paga mensualment a Telefònica 9,72 € pel lloguer del parell de coure.

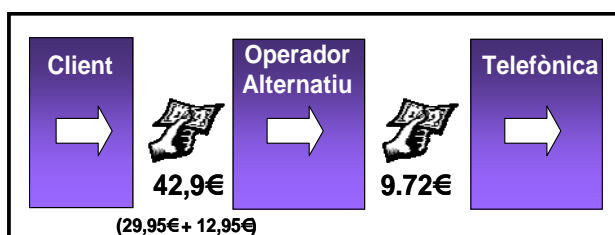


Figura 16. Distribució de preus del model de desagregació completa

3.2.3 Guifi.net

Es tracta d'una xarxa WiFi amb topologia de malla que proporciona connectivitat entre els seus membres. Les principals característiques de la qual són:

- ♣ Opera en la banda dels 2,4Ghz, banda oberta sense llicència.
- ♣ No està orientat a un servei comercial amb garantia de tràfic, disponibilitat de servei o suport de client.
- ♣ No té la voluntat de substituir un servei comercial, si no de complementar-lo.
- ♣ La cobertura depèn dels seus propis membres.

La xarxa permet l'intercanvi entre els seus membres de tràfic de banda ampla i inclou l'accés a Internet aplicant si és possible un criteri de prioritat de tràfic.

La xarxa de Guifi.net és una alternativa que permet l'accés a la banda ampla en el municipi però amb limitacions en la prestació de serveis.

No existeix cap cost per al membre excepte el finançament d'enllaços o nodes en les quals decideixi col·laborar.

L'Oferta actual de Guifi.net a Centelles és la següent:



Figura 17. Xarxa WiFi a Centelles

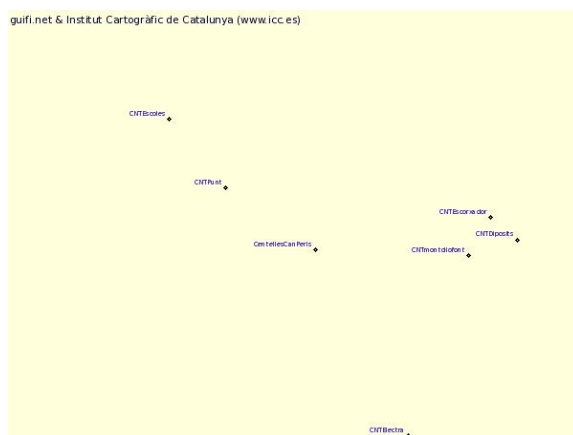


Figura 18. Nodes de la xarxa de Guifi.net

3.3 Volum del mercat de telecomunicacions al municipi de Centelles

Les estratègies de desplegament de xarxa i de prestació de serveis de telecomunicacions per part dels operadors es basen en el retorn econòmic de les seves actuacions. En el cas de Centelles, el retorn econòmic està condicionat per tres factors:

- ♣ Volum del mercat de les telecomunicacions.
- ♣ Fragmentació de les quotes de mercat.
- ♣ Connexió a Centelles.

El volum del mercat de telecomunicacions està condicionat pel total de llars i empreses del municipi. Així, a Centelles el total de llars i empreses del municipi és de 4.001 de les quals s'estima que 3.521 són llars i 480 són empreses. Si es té en compte que la penetració de serveis és del 100% a Catalunya per telefonia residencial, i del 29,9% a Osona per accés a banda ampla, el volum del mercat residencial és de 1,24 milions d'euros anuals. Pel mercat d'empresa, es considera una penetració del servei de veu del 100% i una penetració de banda ampla del 80%, pel qual el volum del mercat és de 0,77 milions d'euros anuals.

Aquestes dades es basen en els imports actuals dels paquets comercials per part dels operadors i els ingressos mitjans per client per servei segons l'informe de la CMT.

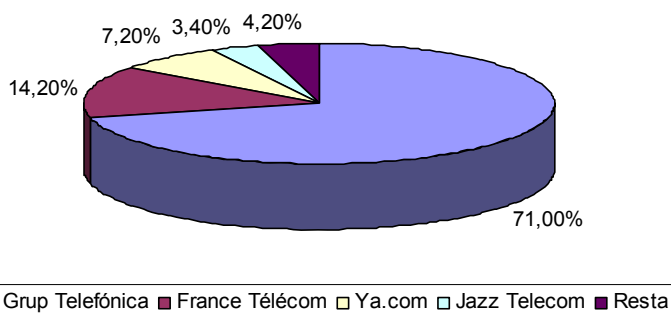
El mercat de telecomunicacions a Centelles és per tant de 2 milions d'euros anuals.

Pel que respecte a clients, la distribució de clients a Centelles per servei és la següent:

Mercat	Penetració	Clients
Residencial		
Clients Telefonia	100%	3.521
Clients Banda Ampla	29,9%	1.053
Empresa		
Clients Telefonia	100%	480
Clients Banda Ampla	80%	384

Taula 5. Distribució de clients per servei

Per tant, el total de clients de banda ampla estimats a Centelles és de 1.437. Per identificar el nombre de clients que cada operador té a Centelles es pot obtenir la distribució del mercat de telecomunicacions en modalitat d'accés indirecte que és la que es mostra a la següent gràfica:



Font: CMT

Figura 19. Quotes de mercat de banda ampla (línies ADSL) segons operadors

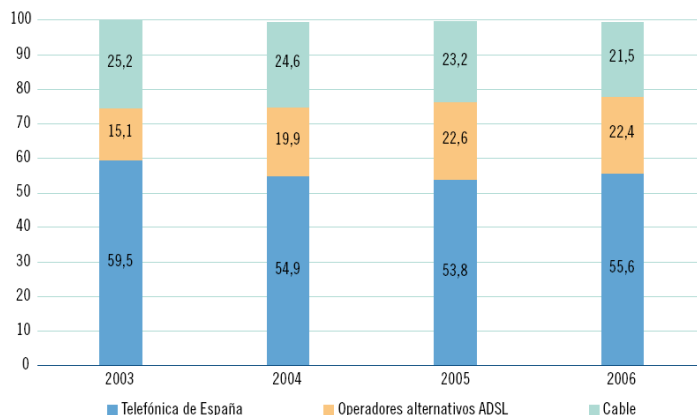
Per tant, el nombre estimat de clients que cada operador té a Centelles és el següent:

Mercat	Clients BA	Distribució de clients per operador				
		Telefónica	Orange	Ya.com	Jazztel	Altres
Residencial						
Clients Banda Ampla	1.053	747	149	76	36	44
Empresa						
Clients Banda Ampla	384	273	55	20	13	24
Total	1.437	1.020	204	95	49	68

Taula 6. Distribució de clients per operador en modalitat d'accés indirecte

El cas analitzat ara és el que afecta a la prestació de serveis de telecomunicacions per part dels operadors alternatius mitjançant el lloguer de la xarxa de Telefónica mitjançant el servei Gigadsl. Una varietat del cas anterior consisteix a veure l'efecte en les quotes de mercat i en els ingressos que es deriva d'una assignació de quotes de mercat diferent a l'anterior per l'efecte de prestar serveis directament al municipi de Centelles mitjançant una xarxa d'accés directe o bé mitjançant la desagregació del parell de coure.

En el cas de que existís una situació de competència efectiva, on tots els operadors disposessin d'una infraestructura similar a la de la resta del país, la distribució de quotes es modifica i és similar a la de la gràfica següent que correspon a la distribució de quotes mitges per cada tipus d'operador a l'Estat:



Font: CMT

Figura 20. Distribució de línies de banda ampla per tipus d'operador (percentatges)

Amb aquesta distribució els clients quedarien per operador de la forma següent:

Mercat	Clients BA	Distribució de clients per operador			
		Telefònica	ADSL	Operador infr. pròpia (pe cable)	Altres
Residencial					
Clients Banda Ampla	1.053	585	236	226	6
Empresa					
Clients Banda Ampla	384	214	86	83	1
Total	1.437	799	322	309	7

Taula 7. Distribució de clients per operador en modalitat d'accés directe o desagregació

Per tant, el nombre màxim de clients, en condicions similars a les de mercat, que pot tenir un operador privat amb infraestructura pròpia, similar al desplegament d'un operador de cable a Centelles, és de 309 clients de banda ampla o el que representa uns ingressos anuals màxims de 298.000€, (24.800€ mensuals segons les dades dels ingressos mitjos per client per servei de l'informe de la CMT) ja que es considera que aquest operador només oferiria serveis de banda ampla o banda ampla paquetitzat amb altres serveis.

Amb aquest volum de mercat i ingressos, un operador privat no disposa de retorn d'inversió suficient per rendibilitzar les inversions de xarxa, captació i fidelització de client i equips de client.

Per aconseguir la rendibilitat és necessari augmentar el nombre de clients (eivar la quota de mercat), incrementar els ingressos per client mitjançant la prestació de serveis de valor afegit (serveis multimèdia) i alhora compartir les inversions en infraestructura de forma que aquesta sigui única i compartida per tots els operadors.

Qualsevol altre escenari requereix de volums de mercat superiors tal i com succeeix actualment a les ciutats que disposen de serveis múltiples dels operadors, les quals superen àmpliament les 15.000 llars de mercat potencial.

L'estimació d'ingressos i clients anterior inclou dos impactes a considerar per la introducció dels operadors alternatius:

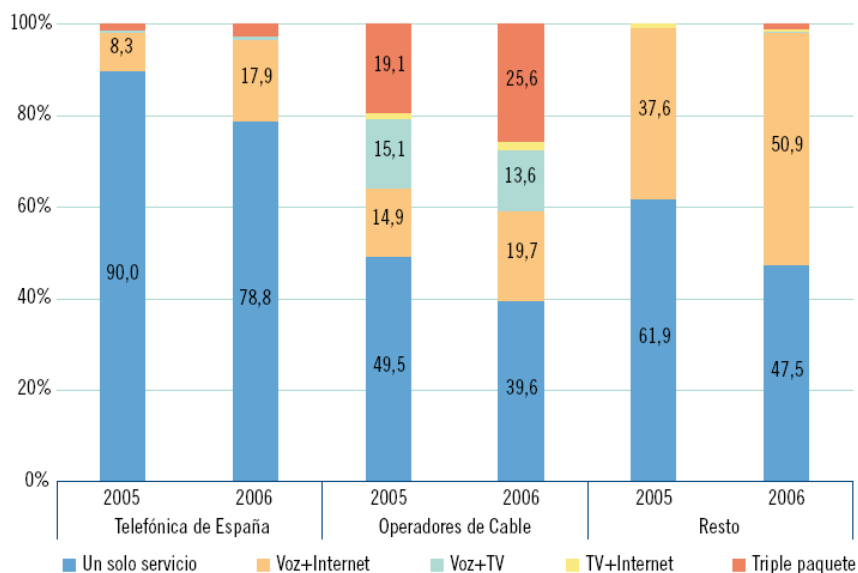
- ♣ Reducció dels preus en la prestació del servei de banda ampla per l'increment de la competència.
- ♣ Reducció dels ingressos dels operadors per divisió de quota de mercat entre ells.

Això es pot explicar ja que per un número fix de clients, l'aparició de nous operadors de serveis juntament amb la reducció de preus del mencionat servei per part d'aquests operadors emergents genera que els clients es reparteixin entre tots ells i en conseqüència disminueixin el ingressos dels operadors existents.

Però una altra conseqüència és l'aparició de nous clients, que abans no estaven disposats a pagar el preu demanat pel servei ofert, però que amb la baixada dels

preus contracten aquests serveis. Aquests nous clients es combinen amb els clients existents i contracten un nombre major de serveis si aquests poden ser oferts pels operadors de telecomunicacions alternatius.

A la figura següent es mostra com ha evolucionat la paquetització de serveis que han contractat els clients de Telefónica i de la resta d'operadors en el període 2005 a 2006.



Font: CMT

Figura 21. Paquetització per tipus d'operador

Com es pot observar, si els operadors disposen de capacitat per oferir serveis paquetitzats de veu, Internet i televisió als seus potencials clients, aquests són contractats i alhora permeten augmentar o com a mínim mantenir el mateix nivell d'ingressos per operador.

Com s'ha comentat abans la rendibilitat es pot aconseguir de diverses maneres.

- Una d'elles és augmentant el nombre de clients (elevant la quota de mercat), cosa que s'aconsegueix amb l'aparició de nous operadors i amb la baixada de preus corresponent dels serveis oferts per aquests.
- Una altra seria incrementar els ingressos per client mitjançant la prestació de serveis de valor afegit (serveis multimèdia), al gràfic anterior ens mostra com això és una realitat, els operadors que ofereixen paquetització de serveis tenen majors probabilitat d'arribar a un major número de usuaris que es senten atrets per aquests nous serveis. Els nous operadors poden així mantenir els preus de mercat, seguint sent atractius pel mercat i mantenint els seus ingressos.

Per a que aquesta situació es compleixi, és necessari que la infraestructura disponible de xarxa pugui oferir una plataforma tècnica i econòmicament viable per la prestació d'aquests nous serveis paquetitzats.

3.4 Fractura Digital

Fractura digital és un concepte que il·lustra la realitat dels ciutadans en front de l'accés a les telecomunicacions. És a dir, ens marca el punt on no existeix possibilitat actual pels usuaris (ja sigui per ubicació geogràfica o bé per manca d'alternatives) d'accedir als serveis actuals de banda ampla o fins hi tot tenint accés als serveis actuals, la impossibilitat d'optar a contractar els serveis futurs.

Donada la situació actual i la previsió de l'evolució de les telecomunicacions, podem observar diferents tipologies de fractura digital, perquè no només hem d'arribar a tots els ciutadans, sinó que hem d'oferir-los les prestacions actuals i futures pel que respecta a les comunicacions.

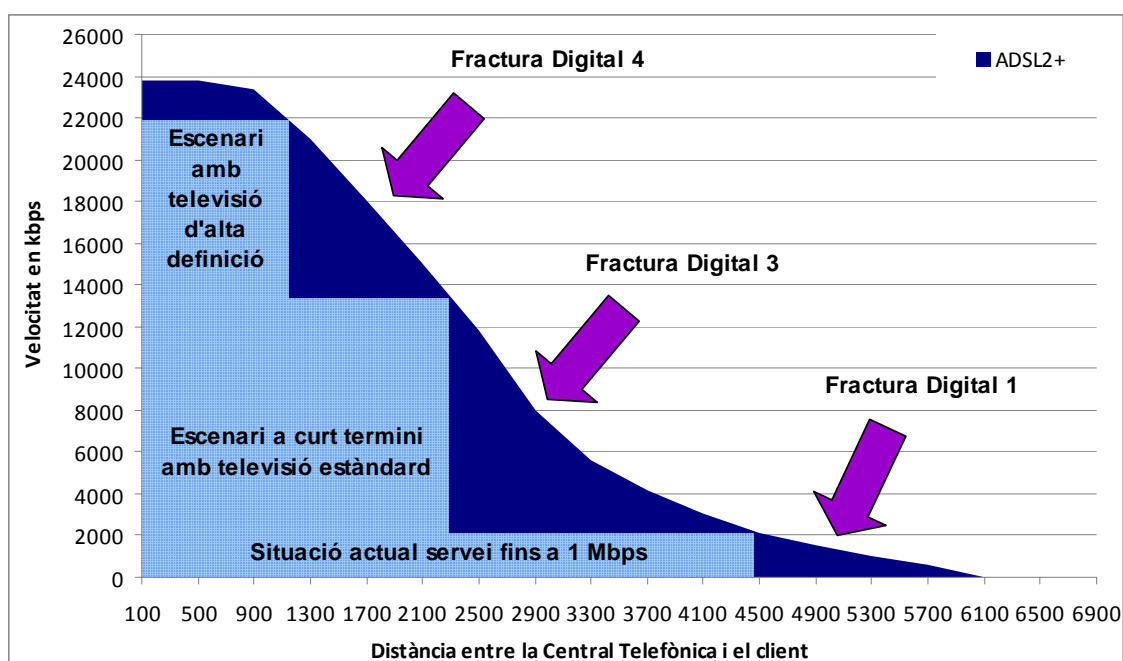


Figura 22. Fractura Digital

- ❖ **Fractura Digital 1:** llars sense servei de banda ampla.
- ❖ **Fractura Digital 2:** llars amb servei de banda ampla únicament de Telefònica, sense possibilitat de disposar de serveis d'operadors alternatius i per tant sense competència.
- ❖ **Fractura Digital 3:** llars amb connectivitat ADSL de diversos operadors però sense serveis multimèdia.
- ❖ **Fractura Digital 4:** llars amb serveis multimèdia actuals però sense capacitat d'evolució cap a l'alta definició.

Dins el concepte de Fractura Digital, a Centelles actualment el municipi es troba en el punt 2, és a dir amb servei de Telefònica al municipi però amb restriccions en l'oferta de serveis d'altres operadors.

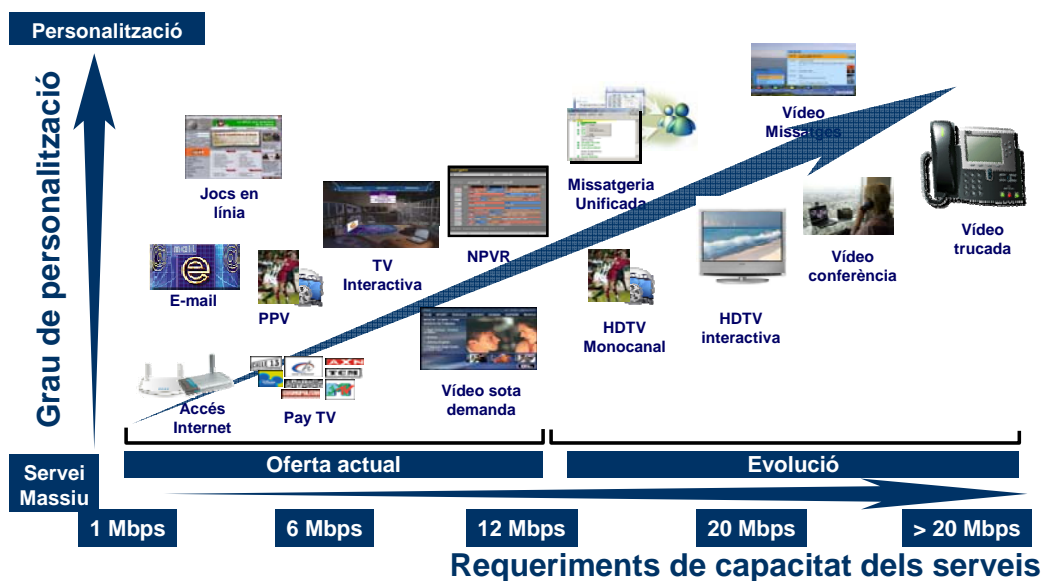
Pel que fa a l'evolució en el temps, la implantació de noves aplicacions i la migració de les existents incrementaran en gran mesura els requeriments d'ample de banda, exigint més capacitat de les xarxes de telecomunicacions i introduint diferents nivells de fractura digital al municipi segons la ubicació geogràfica del client potencial.

L'evolució de les aplicacions i els seus requeriments tipus de banda ampla es mostren a la taula següent:

Aplicació	Sentit	
	Xarxa - Usuari	Usuari - Xarxa
Veü IP	80 kbps	80 kbps
Telefonia IP	124 kbps-2Mbps	124 kbps-2Mbps
Jocs en línia	256 kbps	256 kbps
TV (un canal) MPEG2	3-4 Mbps	senyalització
TV (un canal) MPEG4	1-2 Mbps	senyalització
TV alta definició MPEG2	18-20 Mbps	senyalització
TV alta definició MPEG4	6-8 Mbps	senyalització

Taula 8. Requeriments de banda ampla per tipus de servei

On aquests serveis cada vegada més es transformen de serveis genèrics, o dirigits a tothom, a serveis personalitzats per cada potencial client com mostra la figura següent.



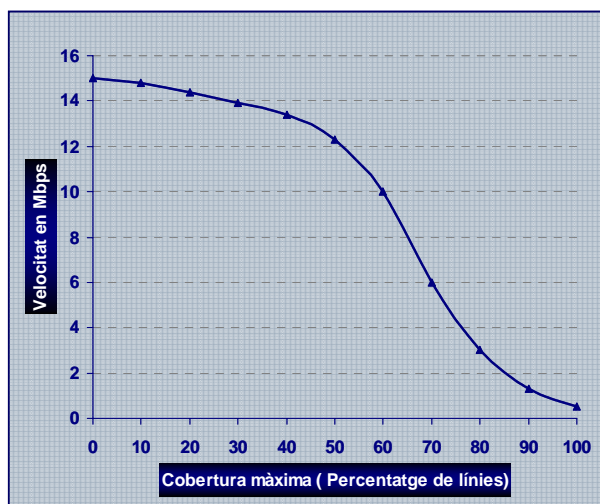
Font: Telefónica, Santander 2005

Figura 23. Oferta de serveis a client final

Com es pot observar a la Taula 8, la prestació de serveis de Televisió, Internet i Telefonia (anomenat com Triple Play) requereix xarxes de capacitat de transmissió mínima de 6 Mbps, les quals suportarien només un canal de televisió. La introducció de la televisió d'alta definició (HDTV) augmentarà fins als 8 o 20 Mbps (segons la codificació emprada) aquest mínim de capacitat.

Actualment a Centelles no existeix una oferta de servei Triple Play. La implantació d'aquesta per part de qualsevol operador de telecomunicacions que utilitzi la infraestructura de Telefònica serà limitada en el municipi, degut a que el mitjà de transport disponible per les telecomunicacions és exclusivament parell de coure, i aquest contrau la capacitat de l'ampla de banda necessari per donar veu, banda ampla i televisió en funció de la distància.

Aquesta manca de serveis és deguda a les limitacions que presenta el parell de coure de Telefònica, on la mateixa Telefònica exposa en el gràfic següent el percentatge de parells de coure que poden suportar una determinada capacitat amb les tecnologies ADSL/ADSL2+.



Font: Telefònica

Figura 24. Limitacions del parell de coure

Per tant, l'única infraestructura existent avui a Centelles disposa de les mancances següents:

- ♣ Com es pot observar, el 30% de les línies actuals de Telefònica no disposen de capacitat per la provisió de serveis de Televisió IP ja que no poden proporcionar velocitats superiors als 6 Mbps (a Centelles degut a la baixa densitat del municipi aquest percentatge pot ser superior).
- ♣ La necessitat futura de capacitats superiors a les ofertes actualment, al voltant dels 18-20 Mbps a cada llar com a conseqüència de l'evolució dels serveis cap a l'alta definició no pot prestar-se amb la infraestructura actual.
- ♣ La tecnologia ADSL o ADSL2+ no poden proporcionar aquestes capacitats des de les centrals de Telefònica.

Totes aquestes mancances ens porten a considerar imprescindible el fet d'haver d'acostar la fibra òptica a les llars dels clients des de les centrals dels diferents operadors existents, perquè les xarxes puguin oferir un ample de banda superior a l'actual i poder donar una variada gama de serveis als usuaris finals.

4 Línies estratègiques / Propostes d'actuació

La situació de les telecomunicacions a Centelles està condicionada bàsicament per:

- ♣ La manca de competència de serveis entre els operadors de telecomunicacions.
- ♣ Les limitacions de la infraestructura existent (parell de coure) en la prestació de serveis actuals i futurs sobre aquesta infraestructura.
- ♣ La limitació de volum de mercat i el seu impacte en la rendibilitat de les actuacions privades dels operadors.

Qualsevol actuació estratègica per tant cal que proporcioni una resposta a cada una de les tres condicions anteriors.

4.1 Infraestructures comuns: xarxa oberta

La proposta d'actuació és el desplegament d'una infraestructura de telecomunicacions comú que sigui oberta i accessible a tots els operadors interessats. Aquesta infraestructura s'anomena xarxa oberta.

4.1.1 Què és una xarxa oberta?

És una infraestructura única de telecomunicacions utilitzada per tots aquells operadors que desitgen proporcionar serveis al client final de Centelles sense limitacions tecnològiques. Una xarxa oberta no és propietat ni està operada per cap operador que ofereixi serveis al client final sinó que es gestiona per una entitat independent o operador d'infraestructures, que ofereix serveis majoristes per igual a diferents proveïdors de serveis.

Per aconseguir aquest objectiu la línia estratègica a seguir és:

- ♣ Desplegar una infraestructura multioperador capaç de suportar el catàleg de serveis actual i futur dels operadors de telecomunicacions. Aquesta infraestructura haurà de permetre la prestació de serveis sense limitació en un horitzó temporal mínim de 30 anys.
- ♣ Aquesta infraestructura ha de complir l'entorn regulatori: no ha d'existir una distorsió de la competència i ha de ser accessible a tots els operadors sense limitacions. La xarxa ha de ser neutra i oberta a la totalitat d'operadors.
- ♣ Econòmicament sostenible: la xarxa ha de ser sostenible econòmicament en el temps, de forma que una vegada desplegada pugui autofinançar-se amb els ingressos dels operadors.

4.1.2 Criteris de la xarxa

Les condicions d'entorn pel desplegament d'una xarxa oberta són:

- ♣ **Atractiva als operadors:** permet la prestació del catàleg de serveis de banda ampla i multimèdia a preus competitius.
- ♣ **Accessible:** els operadors es connecten a la xarxa de forma fàcil. Això implica que aquesta infraestructura ha de facilitar la connexió amb els operadors fins i tot si aquests no estan presents a Centelles.
- ♣ **Uniforme en serveis:** els serveis es poden oferir de forma homogènia en tota la xarxa, independentment de la distància o tipologia de client.
- ♣ **Escalable:** la xarxa permet oferir els serveis actuals i té capacitat per a nous serveis.
- ♣ **Oberta:** la xarxa ha de ser operada per una entitat independent dels operadors que ofereixen serveis al client final per evitar distorsió del mercat, assegurant la igualtat per a tots els operadors.
- ♣ **Transparent:** No ha de modificar ni afectar a l'entorn competitiu. És transparent de cara als serveis finals que ofereixen els operadors fomentant la competència en serveis.
- ♣ **Sostenible econòmicament:** un cop realitzades les inversions, els ingressos que es rebin dels serveis han de permetre cobrir les despeses d'explotació i poder, si és possible, amortitzar les inversions a llarg termini.
- ♣ **Adaptable a l'entorn:** Minimitzi les inversions i l'impacte en el domini públic.
- ♣ **Qualitat:** la xarxa ha de complir els paràmetres i processos de qualitat que com a mínim seran els que els operadors de serveis tenen compromesos amb els seus clients.
- ♣ **Multioperador:** la xarxa ha de permetre la prestació dels catàlegs de serveis de diversos operadors de forma simultània mantenint la independència entre cada un d'ells.
- ♣ **Estàndard:** la xarxa ha d'utilitzar elements i processos de provisió i assegurament que siguin estàndards i que no representin costos de connexió elevats als operadors.
- ♣ **Mercat potencial mínim:** la xarxa ha d'estar adaptada a la mida de Centelles.

El posicionament estratègic ha de complir les condicions següents:

- ♣ **Model sense barreres:** El posicionament estratègic ha de garantir l'accés igualitari a la totalitat d'operadors sense discriminació per grandària, tipus d'accés, nombre o tipologia de client.
- ♣ **Model estable en temps:** El posicionament ha de ser estable en el temps sense requerir inversions addicionals elevades per la introducció de nous serveis.
- ♣ **Model escalable:** El model de prestació de serveis ha de ser atractiu al mercat, permetent l'accés a la xarxa per part de la totalitat d'operadors independentment del model de negoci amb la evolució de creixement d'ample de banda que el mercat fixi.

- ❖ **Una intervenció única:** El posicionament ha de donar lloc a un model amb un baix impacte urbanístic i que no requereixi modificacions posteriors ni ocupació massiva del domini públic.

4.2 Alternatives tecnològiques d'implantació d'una xarxa oberta

La implantació d'una xarxa oberta es pot fer sobre diferents tecnologies de xarxa, les quals cal analitzar si compleixen les condicions anteriors:

- ❖ Xarxa d'accés basada en els parells de coure de Telefònica i tecnologia ADSL2+ / VDSL.
- ❖ Xarxa d'accés basada en tecnologia ràdio (WiFi / WiMAX).
- ❖ Xarxa de nova generació (NGN) basada en l'accés amb fibra òptica.

En cadascun dels casos anteriors, es considera que s'estableix una infraestructura comú a disposició dels operadors.

4.2.1 Xarxa d'accés basada en els parells de coure de Telefònica i tecnologia ADSL2+ / VDSL

La solució es basa en replicar el model de lloguer compartit del parell de coure de Telefònica de forma similar als operadors de telecomunicacions alternatius que volguessin instal·lar-se a la Central de Telefònica a Centelles.

L'accés al servei es realitza amb la inversió per part d'una entitat independent de l'equipament de xarxa que s'ubicarà a l'interior o proper a la Central de Telefònica, i de l'equip de client que es proporciona directament al client final. Els operadors alternatius utilitzen doncs la infraestructura comú per la prestació dels seus serveis.

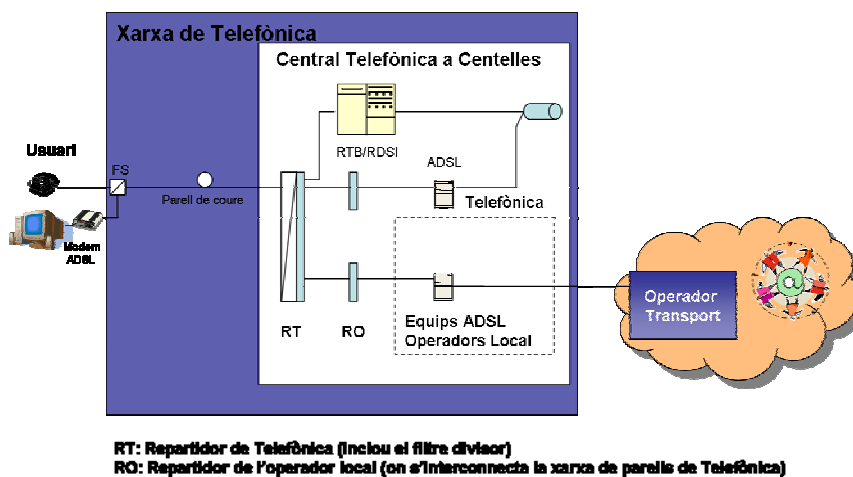


Figura 25. Model tècnic de prestació del servei

Les característiques econòmiques d'una xarxa d'aquest tipus són les següents:

- ♣ Les inversions necessàries són reduïdes, ja que part de la xarxa utilitzada és l'existent de Telefònica.
- ♣ Les inversions per client es troben entre els 140 € i 155 € depenent de la penetració de banda ampla.

Un model de xarxa amb aquest entorn però manté les mateixes limitacions amb cobertura i integració de serveis que el dels operadors actuals.

- ♣ Limitació de cobertura de serveis amb la distància.
- ♣ Limitació de capacitat en la prestació de serveis actuals i/o futurs.
- ♣ Distorsió del mercat al utilitzar part de la xarxa d'un dels operadors que ofereixen serveis sobre aquesta mateixa xarxa.
- ♣ Limitació d'horitzó de servei temporal a un període de 2 anys.
- ♣ No disponible en ubicacions on hi ha multiplexors remots (Polígons empresarials, zones residencials llunyanes).

4.2.2 Xarxa d'accés basada en tecnologia ràdio (WiFi / WiMAX)

La tecnologia WiMAX es basa en una configuració punt–multipunt, formada per un nombre d'equips de client que es connecten a estacions base via ràdio. És una tecnologia adequada en la provisió de serveis de banda ampla en municipis amb usuaris dispersos i per exteriors on una alternativa de prestació de serveis sobre ADSL o fibra òptica és inviable tecnològicament.

El servei d'accés de banda ampla sobre WiMAX està orientat a oferir una connectivitat amb una velocitat mitja de 20 Mbps. A més existeix una limitació de cobertura de 5 Km per cada estació base, on a partir d'aquesta distància es requereix visió directa i es pot arribar a 10 km.

L'accés al servei es realitza amb la inversió per part d'una entitat independent de l'equipament de xarxa (estacions base) que s'ubicarà a un o més punts del municipi i de l'equip de client que es proporciona directament al client final. Els operadors alternatius utilitzen doncs la infraestructura comú per la prestació dels seus serveis.

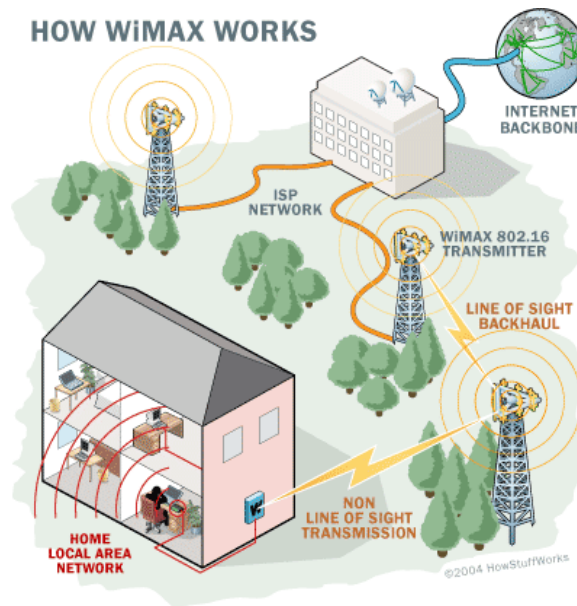


Figura 26. Model d'arquitectura de xarxa WiMAX

Les característiques econòmiques d'una xarxa d'aquest tipus són les següents:

- ♣ La implantació de la xarxa requereix inversions en estacions base ràdio i equipaments de client de l'ordre dels 400 a 500 € per client.
- ♣ Les inversions augmenten amb l'ample de banda (100 € per client per cada Mbps fins a 6 Mbps).

Un model de xarxa amb aquest entorn però manté limitacions en la prestació de serveis actuals i futurs dels operadors.

- ♣ Les funcionalitats del servei només permeten els servei d'accés a banda ampla i veu IP. Només es poden subministrar serveis multimèdia sobre WiMAX de forma limitada.
- ♣ No és una xarxa multioperador, que permeti la prestació del catàleg de serveis de tots els operadors de forma simultània (diferents ofertes de televisió IP).
- ♣ És una xarxa que requereix renovació tecnològica en horitzons de 4 a 5 anys.
- ♣ L'estandardització de WiMAX està orientada a incloure la mobilitat dels serveis i no a augmentar radicalment les prestacions per incloure serveis multimèdia.

4.2.3 Xarxa de nova generació (NGN) basada en l'accés amb fibra òptica

La xarxa de fibra òptica es basa en una configuració en la qual s'estableix una infraestructura de fibra òptica des d'un node de comunicacions al municipi fins a cada una de les ubicacions de client. Aquesta infraestructura o configuració de xarxa s'anomena fibra fins la llar o FTTH.

L'accés al servei es realitza amb la inversió per part d'una entitat independent de l'equipament de xarxa (node de comunicacions), de la infraestructura de fibra òptica fins la llar (obra civil, estesa, fibra òptica i accessos als edificis) i de l'equip de client que es proporciona directament al client final. Els operadors alternatius utilitzen doncs la infraestructura comú per la prestació dels seus serveis.

La prestació del servei de banda ampla es realitza en dos nivells:

- ♣ **Xarxa d'accés:** inclou l'estesa de fibra òptica des de les sales tècniques fins a cada una de les llars. Es configura com una xarxa de fibra òptica entre la ubicació del client i un punt d'agregació o node principal a Centelles.
- ♣ **Xarxa d'interconnexió:** punt d'interconnexió amb operadors de transport del senyal. En el cas de Centelles la connexió entre la xarxa d'accés del municipi i les xarxes de telecomunicacions es faria a través de les fibres de RENFE i/o de les fibres de l'autovia C-17.

Les característiques econòmiques d'una xarxa d'aquest tipus són les següents:

- ♣ Les inversions inclouen l'obra civil, el cablejat de fibra òptica i els equips de xarxa i client.
- ♣ Les inversions per cada client es troben al voltant dels 1.700 €, ja que per obtenir un client amb una penetració mitja del 33%, cal construir 3 llars on cadascuna de les quals té un cost de 500 €.
- ♣ Les inversions permeten oferir els serveis de:
 - Accés a banda ampla (fins a 100 Mbps).
 - Serveis de veu IP.
 - Serveis multimèdia (vídeo sobre IP).
- ♣ Les inversions inclouen el desplegament a la totalitat de llars i empreses del municipi.

Un model de xarxa amb aquest entorn compleix perfectament amb els requeriments d'una xarxa oberta i no presenta limitacions ni en cobertura ni en la integració de serveis actuals i futurs dels operadors.

- ♣ És una xarxa multioperador, que permet la prestació completa del catàleg de serveis de tots els operadors de forma simultània.
- ♣ És una xarxa amb un horitzó temporal que excedeix els 25 anys. És una xarxa que no requereix intervencions en el domini públic més enllà de la intervenció inicial.
- ♣ És una xarxa independent, oberta i que no distorsiona la competència.

Una xarxa de fibra òptica és l'única infraestructura que **no té una limitació en la prestació del servei de banda ampla ni serveis integrats sobre IP (multimèdia).**

4.2.4 Conclusions

Podem comparar a la següent taula els resultats obtingut en cadascuna de les tecnologies disponibles per la prestació de serveis finals al client amb infraestructura pròpia a Centelles.

Accés	Serveis	Cobertura	Qualitat	Procés	Horitzó	Cost /client
ADSL2+ amb parell de coure	Banda ampla de 1 Mbps fins 20 Mbps	Limitada a l'accés directe de la xarxa Telefònica	Depèn de la distància del parell de coure	Operativa en mans de Telefònica	2 anys	150 €
	Serveis multimèdia	Només a ubicacions properes a la central	Depèn de la distància del parell de coure	Operativa en mans de Telefònica	2 anys	
	Veu IP	Limitada a l'accés directe de la xarxa de Telefònica	Depèn de la distància del parell de coure	Operativa en mans de Telefònica	2 anys	
WiMAX	Banda ampla limitada a 20 Mbps	Limitada a 5 km de l'estació base en entorn urbà	Depèn de la distància i la visibilitat	Intern	4-5 anys. No competitiva amb ADSL2+ en zones amb igual cobertura	450 €
	Serveis multimèdia (TVIP)	Limitats	Limitats	Intern	No disponible	
	Veu IP	Limitada a 5 km de l'estació base en entorn urbà	Depèn de la distància i la visibilitat	Intern	4-5 anys. No competitiva amb ADSL2+ en zones amb igual cobertura	
Fibra Òptica	Banda ampla (sense limitacions)	Sense limitacions	Sense limitacions	Intern	25 anys mínim	1.700 €
	Serveis multimèdia	Sense limitacions	Sense limitacions	Intern	25 anys mínim	
	Veu IP	Sense limitacions	Sense limitacions	Intern	25 anys mínim	

Taula 9. Comparativa entre les diferents tecnologies

A continuació, es veu la comparativa entre aquestes 3 tecnologies pel que fa a: Preu, Cobertura, Serveis, Temps que es triga a tenir-la disponible a mercat i Durabilitat (si serà útil a curt o llarg termini). S'ha de tenir en compte que el 100% sempre indica la opció més favorable.

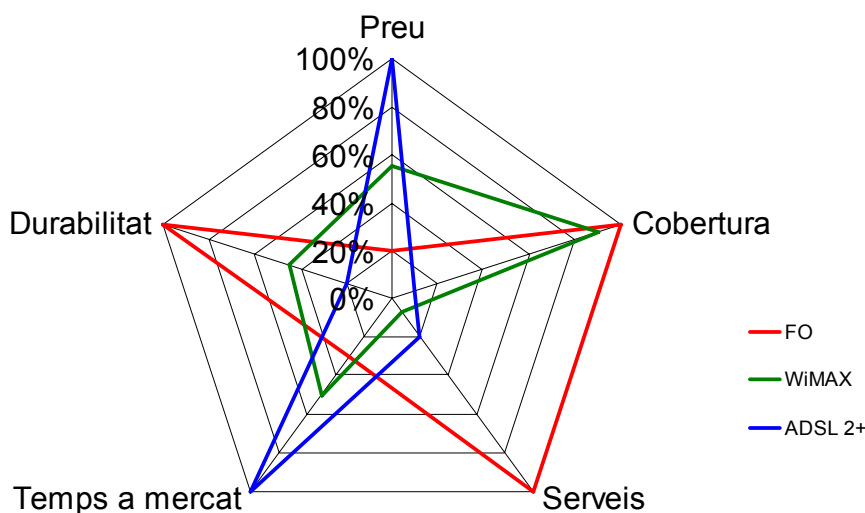


Figura 27. Resum comparatiu entre tecnologies

Després de realitzar la comparativa entre les diferents opcions disponibles, podem comprovar que l'accés amb fibra òptica és l'opció més completa i flexible, amb la limitació de que el temps a mercat és superior al de ADSL2+.

WiMAX no és una opció ja que en totes les vessants és inferior a la fibra òptica, exceptuant en preus que es troba entre fibra òptica i ADSL2+, amb el que tampoc es tractaria d'una opció competitiva per les nostres necessitats.

ADSL2+ representa una opció molt rendible pel que fa a preus i retorn de la inversió, però no en la prestació del servei i l'horitzó tecnològic.

5 Experiències específiques a Centelles

Les propostes tecnològiques per la implantació de xarxes de banda ampla han evolucionat en el temps. Algunes de les solucions que es consideraven vàlides fa quatre o cinc anys han passat a un segon ordre d'interès i han aparegut noves opcions a considerar. Així doncs es pot afirmar que tecnologies com l'HFC (xarxa híbrida de fibra i coaxial) ha perdut interès i no es considera com una primera opció en l'actualitat davant els avantatges en prestacions i preu que ofereix en aquest moment la implantació de xarxes de fibra fins la llar (FTTH). Les quals disposen d'uns CAPEX un 20% més elevats en nous desplegaments però amb un OPEX un 50% inferiors. Per altra part, han aparegut noves propostes com ara l'aplicació de la tecnologia WiFi, WiMAX o de xarxes sense fils, una opció pensada inicialment per entorns d'interior d'edificis i que està evolucionant cap a entorns més generals sense que de moment es pugui considerar com una tecnologia prou madura especialment pel que fa a la implantació de serveis de veu i/o imatge com s'ha pogut obtenir de l'apartat anterior.

El municipi de Centelles és un cas singular dins dels municipis a Catalunya, ja que la xarxa de distribució elèctrica és de propietat municipal. La disponibilitat d'aquesta xarxa ens obliga prèviament a assegurar que les potencials sinèrgies en el desplegament d'una infraestructura de banda ampla es compleixen, i per tant que les infraestructures elèctriques directa o indirectament són utilitzades per minimitzar les inversions i l'impacte en el domini públic.

Fa uns anys es va fer un estudi previ teòric i pràctic, mitjançant una prova pilot, per la implantació d'una xarxa oberta de banda ampla aprofitant la infraestructura de la xarxa de distribució i accés de l'energia elèctrica del municipi de Centelles.

En aquest sentit, les tecnologies que es van considerar van ser la implantació de fibra òptica i PLC (*Power Line Communication*) pel que fa a la xarxa de distribució i d'accés. Denominant com a tram de distribució els enllaços entre els diferents centres de transformació amb la utilització de la fibra òptica per fer les connexions. I com a tram d'accés l'enllaç entre cada un dels habitatges amb el centre de transformació corresponent mitjançant la tecnologia PLC.

5.1 Introducció a la xarxa elèctrica

Pel fet que Centelles disposa d'una xarxa elèctrica de propietat municipal es crea un marc idoni per poder desplegar una xarxa de telecomunicacions de banda ampla, ja que l'Ajuntament de Centelles:

- ♣ Es titular d'infraestructures de primer nivell a tot el municipi.
- ♣ Disposa d'una provada experiència en la gestió de serveis als usuaris en un àmbit reduït com és el del propi municipi. L'Ajuntament té el coneixement i els processos per operar una xarxa elèctrica, i coneix els mecanismes per gestionar una empresa municipal de serveis de primera necessitat, en un sector tan proper al de les telecomunicacions com ho és el d'una companyia de serveis elèctrics.

Les característiques principals de la xarxa elèctrica municipal de Centelles es podem resumir en el quadre següent:

Prestació	Característiques
Nombre de subministraments	4.237
Número de CT	68
Distància mitja entre CT	Mitja de 300 m / alguna a 1000 m
Tensió nominal en Mitja tensió	25 KV.
% de cable unipolar en MV	100 %
% d'edificació horitzontal	60 % B+2P (1 viv./pta) 15 % B+4P (4 viv./pta) 12 % Unifamiliar 12 % Empreses
¿Existeix centralització de comptadors per edificació vertical?	Si
¿Existeix centralització de comptadors per planta per edificació vertical?	No
¿Existeix servitud de pas fins a la sala de comptadors?	No escripturada. Tenen accés lliure amb clau.
Número mínim d'operaris necessaris per instal·lacions en CT	Per treballs 2
Número mig d'escomeses sortints per CT.	6 més enllumenat
Intensitat típica per fase a la sortida del CT.	La instal·lació més habitual és amb un fusible de 315 i un interruptor de 630. La situació desitjable és que la intensitat mitja sigui de un 50% del màxim equipat.
% d'escomeses trifàsiques de client.	Un 30% de les residencials i la pràctica totalitat de les d'empresa.
% de comptadors de doble tarifa	Un 50% dels subministres a empreses
% de comptadors amb prepagament	No hi ha comptadors amb prepagament
% de distribució en BT amb estesa aèria amb cables paral·lels.	Un 10% aprox. Especialment en zones rurals. (CT: 15,5,19,4,20,22,99)
% de cel·les de MT d'obra	50 %
% de cel·les de MT de cabina amb aïllament per aire	0 %
% de cel·les de MT de cabina amb aïllament per gas	50 % El fabricant és Gardy.
Temps mig de concessió de descàrrega de una línia de MT	Segons normativa són 4 dies de previ avís a la conselleria de indústria. En la pràctica és immediat donades les dimensions de la companyia.
Número mig de subministres per CT	62,31=4.237/68
Estimació de longitud mitja de línia de BT des de CT fins a comptador	Sempre inferior a 400 i amb una mitja de 200
Superfície disponible pel Node Central	Hi ha disponibilitat d'espai en els CT i també en el node.
% de subministres amb circuits separats PIA	95 %
Ubicació dels CT	No hi ha CT a l'aire ni soterrats. 4 estan en edificis i els altres en casetes pròpies de la mateixa empresa.
Disponibilitat per ubicar altres equips	Hi ha espai en planta a totes excepte 15 casetes que són prefabricades. En aquestes es poden penjar equips a la paret.

Taula 10. Paràmetres de la xarxa elèctrica de mitja tensió

Pel que fa a la xarxa de Baixa Tensió (BT) es recullen a la taula següent les principals característiques:

Prestació	Característiques
Tensió de baixa	400-230 230-127 en un percentatge molt petit de subministraments.
Topologia de BT	a. Estrella només en alguna indústria b. Anell en un 20 % de la xarxa c. Arbre en un 80 % de la xarxa
Model de connexió del neutre a terra	Al CT existeix una presa general de terra pels equipaments. Pel que fa a la xarxa, el neutre es connecta a terra a uns 15 metres del CT i posteriorment cada 150 m. En el cas de línies de BT curtes (< 200 m) només es connecta a la sortida del CT.
Distribució física de les línies	25% aèries sense aïllament. 40% aèries amb aïllament, per façana (70%) o a l'aire (30%). 35% són soterrades.
Tipus de cable	Alumini en el 100%
Secció del cable	En el cable trenat es fan servir seccions de 95 o 150. En el cable soterrat, secció de 240 no trenat.

Taula 11. Paràmetres de la xarxa elèctrica de baixa tensió

Pel que fa a la topologia de la xarxa, aquesta es pot observar a la Figura 28, de la qual es poden destacar els aspectes següents:

- Es presenten clarament tres zones:
 - Zones industrials (corresponent a la línia 1 del plànol), dibuixades en color blau i essencialment que subministren a partir dels centres: 8, 14, 23, 31, 44, 48 a 51, 53 i 54.
 - Zona de cases de pagès (corresponent a part de la línia 2 del plànol), pintades de color marro i formada pels CT números 4,5,15,19,20,99.
 - La resta es considera com a zona urbana o d'habitatges (corresponent a les línies 3 i 4 del plànol).
- En el plànol es distingeixen les línies aèries i les línies soterrades, i es pot veure que a la zona urbana o d'habitatges pràcticament la totalitat de les línies són subterrànies.

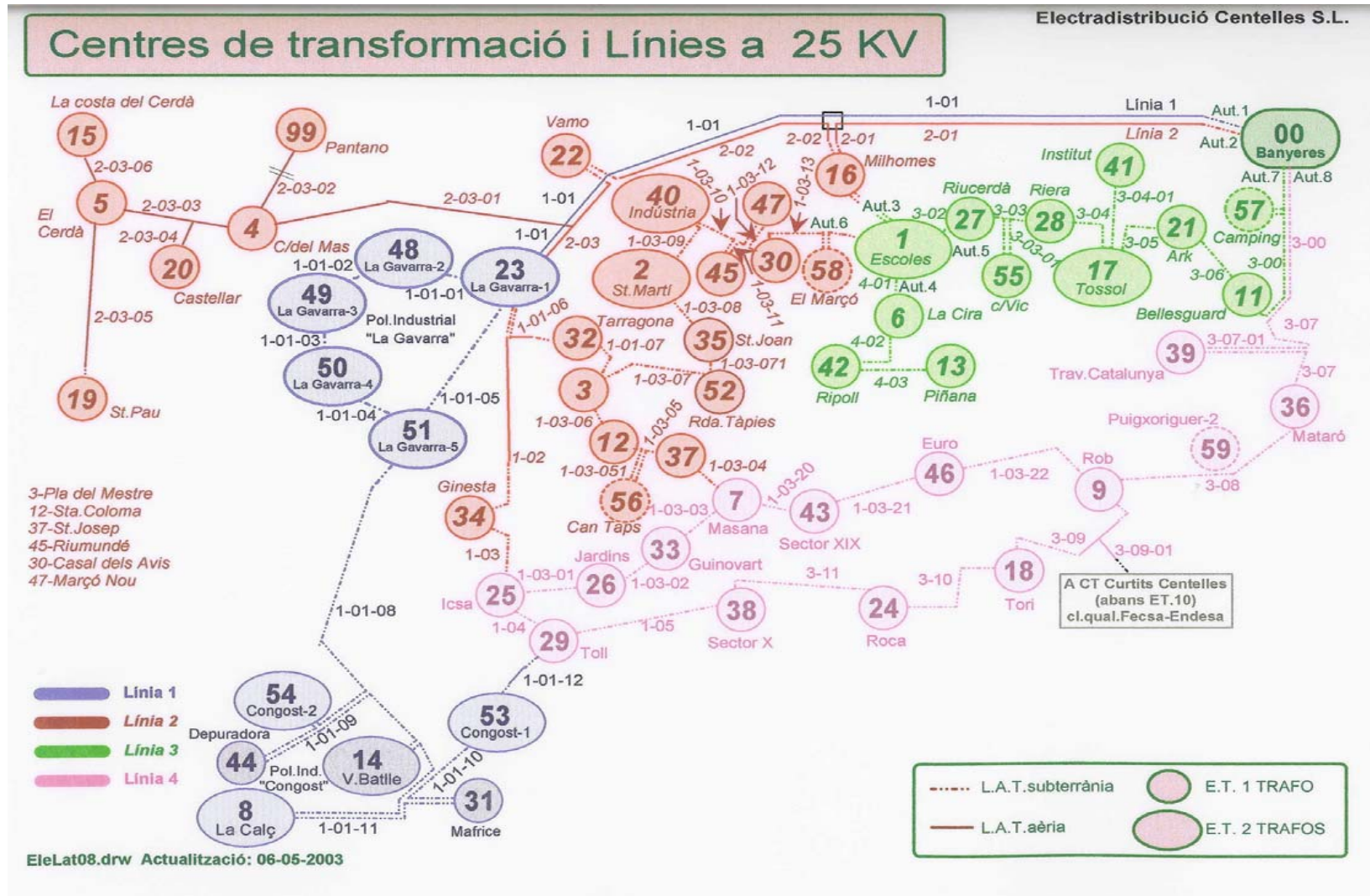


Figura 28. Esquema de la xarxa de MT amb els CT i la interconnexió entre ells

5.2 PLC

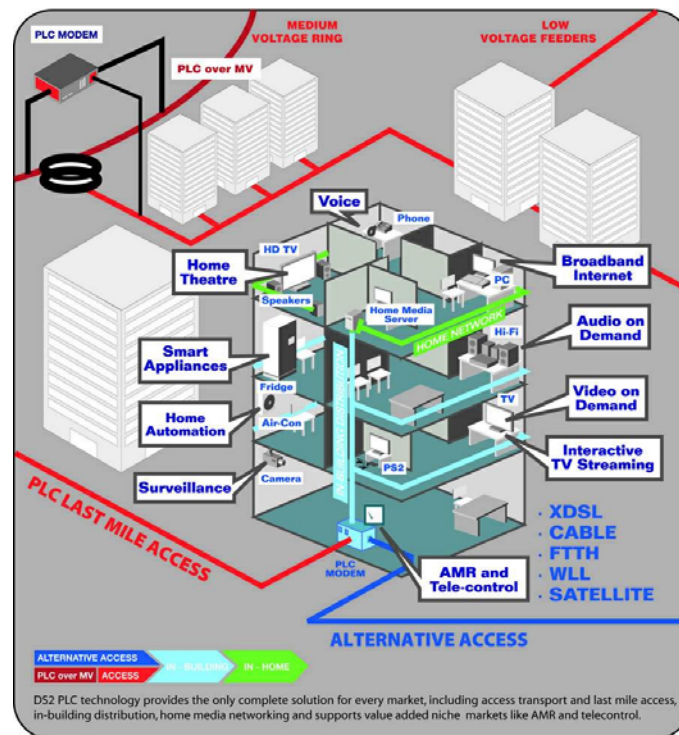
A mitjans dels anys 90 amb el creixement dels serveis d'Internet apareixen diferents iniciatives per la implantació de xarxes de banda ampla. Des del desenvolupament de noves tecnologies que aprofiten les xarxes de parells existents, com és el cas dels sistemes ADSL / ADSL2+, VDSL, HDSL, etc, fins al naixement d'opcions completament noves basades en fibra òptica fins a la llar o el més proper possible a la llar. Totes aquestes opcions disposen del seu àmbit d'aplicació.

La transmissió de senyals de telecomunicacions a través de les línies elèctriques s'ha fet servir des de fa més de 25 anys per cobrir les necessitats internes de les empreses de generació, transport i/o distribució de l'electricitat en aplicacions de telecontrol, proteccions elèctriques o telefonia interna. Aquestes aplicacions es suporten en les línies d'alta tensió que enllacen els grans centres de transformació de la xarxa elèctrica.

Una de les principals dificultats que cal afrontar en el desplegament de xarxes fixes (les xarxes via ràdio tenen altres factors a considerar) és el desplegament del que s'anomena última milla, que no és més que el tram final que uneix el darrer centre de concentració de comunicacions amb el domicili de l'empresa o llar de l'usuari final. Amb la voluntat de resoldre aquest problema es busca la possibilitat de fer servir les estructures ja existents i una de les opcions més atractives per la gran implantació és la de transmetre els serveis de telecomunicacions mitjançant la xarxa elèctrica, també en aquest tram final. D'aquesta iniciativa en surt la tecnologia PLC, com una tecnologia que permetria suportar els serveis de televisió, telefonia i Internet dels diferents operadors al municipi.

Els avantatges principals d'aquesta tecnologia són:

- ♣ Aprofitar una infraestructura ja desplegada en tot el territori, els cables elèctrics.
- ♣ Qualsevol lloc de la casa amb un endoll és suficient per estar connectat, estalviant a l'usuari final el cost i les molèsties que una nova instal·lació comporta.
- ♣ Cost competitiu en relació a tecnologies alternatives. Pel desplegament de la xarxa no cal obrir noves rases.
- ♣ Alta velocitat d'accés: Actualment s'aconsegueixen velocitats compartides de fins a 45 Mbps i es preveu arribar a velocitats de fins a 200 Mbps amb mòdems de propera generació.
- ♣ Permet el subministrament de múltiples serveis amb la mateixa plataforma tecnològica IP (la que dona suport a Internet). Amb un sol mòdem podem disposar de serveis d'accés a Internet, telefonia i televisió amb tots els serveis de valor afegit com ara seguretat, domòtica, interactivitat, etc.
- ♣ Ràpida instal·lació i posta en marxa del servei.



Font: DS2

Figura 29. Arquitectura de xarxa PLC

Com a primera proposta de tecnologia possible de banda ampla a Centelles es va pensar en la implantació d'una xarxa amb tecnologia PLC per poder aprofitar al màxim la xarxa elèctrica municipal pròpia del municipi de Centelles. Aquesta proposta es va poder portar a terme i es va realitzar una prova pilot al municipi del maig 2005 a l'abril 2006.

La utilització de la tecnologia PLC per a la implantació de serveis de banda ampla es fonamenta en la transmissió de senyals de telecomunicacions sobre la infraestructura ja existent de la xarxa elèctrica. Aquesta transmissió és totalment compatible i no té cap impacte sobre els serveis de subministrament d'energia elèctrica pels que ha estat establerta la xarxa. Per tal de fer compatible el subministrament d'ambdós serveis, el d'energia i el de telecomunicacions, es fa ús de tècniques de modulació analògica i digital, sense alterar en cap moment el senyal elèctric.

Donat que la xarxa elèctrica ha estat concebuda inicialment per transmetre energia i no senyals de telecomunicacions, són aquests darrers serveis els que s'han de fer compatibles amb la transmissió de l'electricitat. Cal considerar doncs la variabilitat de la xarxa elèctrica, les seves característiques canvien en els seus paràmetres de transmissió en funció de les càrregues a les que es subministra l'energia. La tecnologia PLC, un cop instal·lada s'adapta en el seu funcionament a aquesta variabilitat de la xarxa, però en qualsevol cas, va ser imprescindible fer un anàlisi previ de la instal·lació per tal d'estructurar de manera òptima l'arquitectura a implantar. Les conclusions d'aquest estudi pel que fa a totes les característiques de la xarxa elèctrica s'han vist a l'apartat anterior.

Com ja s'ha comentat abans, la proposta de xarxa constaria de 2 trams: distribució i accés. Pensant en aquesta estructura amb dos nivells, es va fer servir sempre que va ser possible una xarxa de fibra òptica dins del tram de distribució i tecnologia PLC quan no era possible enllaçar amb fibra. Pel que fa al tram d'accés es va proposar fer servir sempre tecnologia PLC.

A l'anàlisi sobre el terreny que es va realitzar sobre la xarxa elèctrica, es va veure que l'empresa Electradistribució de Centelles havia instal·lat canalització entre alguns dels principals centres de transformació. Un cop comprovada la continuïtat d'aquests tubs, es va preveure utilitzar-los per crear un anell de fibra òptica que es convertiria dins de l'estructura de la xarxa en l'anell principal de distribució dels senyals de telecomunicacions.

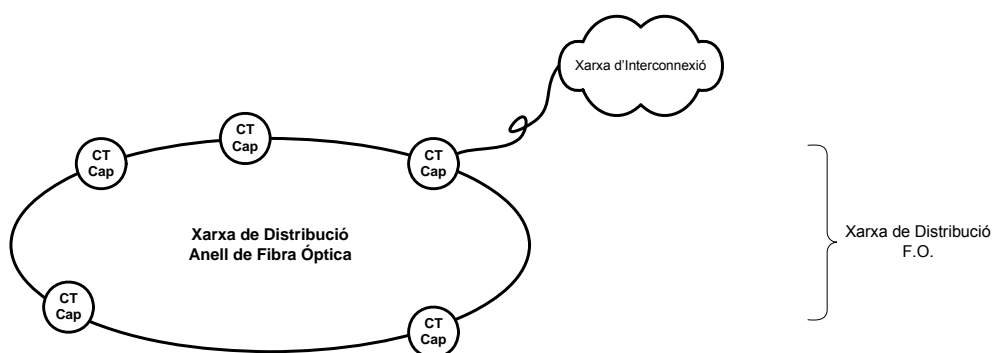


Figura 30. Anell de fibra òptica entre els CT Capçalera

L'anell de fibra uneix uns quants centres de transformació que es denominen com a CT Capçalera. Els tubs disponibles no permetien tancar completament l'anell de distribució. Per aquest motiu es va incloure dins del projecte passar cinc trams de cable de fibra per façana entre les estacions que no disposaven de tubs i que s'integrarien dins de l'anell.

Sobre aquest anell, es va establir una xarxa Gigabit Ethernet, dimensionada amb capacitat suficient per subministrar els serveis a cada una de les branques de la xarxa de distribució amb PLC.

Un cop connectats els aparells de PLC en els dos trams de la xarxa que es va preveure. I configurant correctament els equips, es pot injectar els senyals en un centre de transformació, transmetre'ls a través dels cables de mitja tensió (25 KV en el cas de Centelles) i recuperar-los en l'altre extrem. El mateix equipament disposa de connexió Ethernet amb fibra òptica i per tant permet crear a partir de l'anell de fibra, ramals per distribuir el senyal fins a centres de transformació més allunyats. A l'actualitat, s'han fet instal·lacions de transmissió entre centres fins a distàncies de 700 a 1.000 metres mantenint els màxims nivells de qualitat a la transmissió.

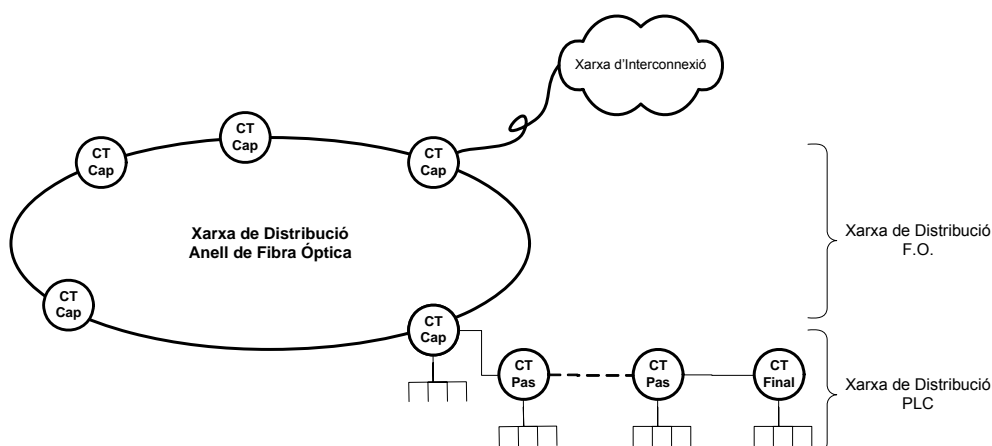


Figura 31. Xarxa de distribució amb fibra òptica i amb PLC

Com a criteri de disseny, es va preveure un màxim de sis salts entre el centre de transformació on s'arribava amb fibra (CT capçalera) i el centre de transformació més allunyat (CT final). Els punts intercalats entre un CT capçalera i un CT final i que en conjunt formen un ramal s'anomenaven centres de transformació de pas (CT pas).

La xarxa de distribució transporta els senyals de telecomunicacions fins als Centres de Transformació. En qualsevol d'aquests centres on hi hagi abonats, s'ha d'injectar el senyal a la xarxa de baixa tensió (BT) fent servir equips PLC. Al llarg del recorregut de la xarxa de baixa tensió, s'arriba a un punt singular que és el comptador. Depenent del tipus d'edificació a la que dona servei la xarxa de baixa tensió es tindran instal·lats comptadors individuals, en el cas d'empreses o edificis unifamiliars, o agrupacions de comptadors en el cas d'edificis de pisos.

S'anomena xarxa d'accés al tram que va des del CT fins a l'interior de l'habitatge o local on s'han d'instal·lar els serveis. En aquest tram, es van fer servir dos tipus d'equipament PLC: el *Home Gateway* (HGw) que s'instal·la al costat del comptador, i el Mòdem PLC que s'instal·la dins l'habitatge i a cada un dels endolls on es vulgui disposar de serveis.

La instal·lació del HGw és un dels elements crítics en el conjunt del projecte donat que és un element que actua com a repetidor del senyal, i la necessitat d'instal·lar-lo depèn en gran mesura de la qualitat de la xarxa com a medi transmissor dels senyals.

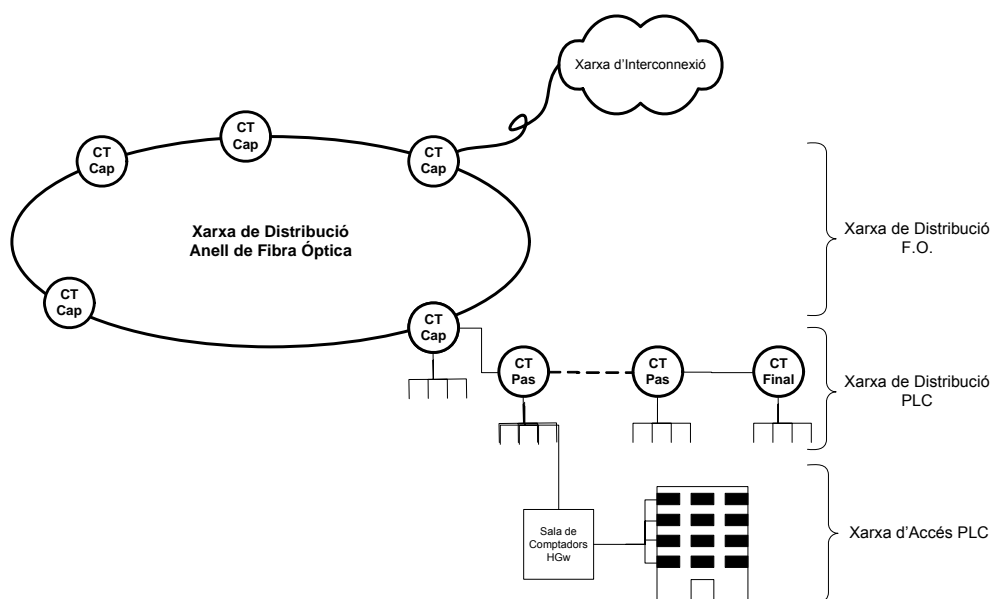


Figura 32. Xarxa de distribució amb fibra òptica i PLC i xarxa d'accés amb PLC

Pel que fa al mòdem PLC, és un dispositiu similar als mòdem que fins ara s'han fet servir per la connexió a Internet tant en el cas de tecnologia ADSL com en el d'accés a través de la línia de telèfon. El mòdem PLC disposa de sortides RJ11 a la que es pot connectar un telèfon, o la xarxa interna de telèfon que ja disposa el client, i una interfície Ethernet on es pot connectar el PC o la xarxa interna de PCs que pugui tenir instal·lada el client. Al mercat ja es poden trobar mòdems PLC que inclouen una sortida Wi-Fi o de xarxa sense fils.

En aquest punt es va realitzar la prova pilot de PLC a Centelles, que estava concebuda com a pas previ a la implantació d'una xarxa de banda ampla. L'objectiu municipal era provar el rendiment de la xarxa PLC en un barri de la població per determinar la viabilitat de l'extensió de la xarxa a tot el nucli urbà i zones industrials.

Les conclusions extretes d'aquesta iniciativa van ser:

- ♣ L'acceptació per part dels usuaris va ser excel·lent, la qual cosa confirma que tota iniciativa local genera entusiasme.
- ♣ Els resultats no van ser satisfactoris pel que fa a les prestacions del servei que arribaven als usuaris. Les velocitats que la tecnologia PLC permet estan per sota de les esperades en una xarxa elèctrica de topologia dispersa com és la del municipi de Centelles. El sostre que la tecnologia PLC imposa a Centelles només permet superar les prestacions de l'ADSL en els usuaris més propers als centres de transformació i no permet garantir-lo a tots els usuaris. En aquestes circumstàncies es pot concloure que la tecnologia PLC no és la més adient per un projecte d'aquestes característiques.
- ♣ Sobre l'anàlisi del rendiment de la xarxa, a mesura que les aplicacions per compartir informació, utilitzades pels usuaris de la xarxa PLC, van guanyant ample de banda i recursos a compartir, aniran ocupant recursos de la xarxa física i, per tant, la col·lapsaran. Això obligarà que els nous dissenys de xarxes de

comunicacions tinguin present un cabal mínim de tràfic constant a la xarxa a causa d'aquestes aplicacions amb càrregues puntuals en franges horàries per part d'un tràfic real generat per usuaris finals.

- ♣ PLC no és una tecnologia apropiada per una xarxa oberta, ja que no permet que aquesta nova xarxa sigui multioperador ni multiservei.

En resposta a la situació anterior i donada l'evolució que la tecnologia de la fibra òptica FTTH ha tingut en els darrers mesos, es considera firmament com a opció el desplegament d'una xarxa de fibra òptica en l'àmbit del municipi, sense descartar puntualment altres opcions. Amb això s'aconseguirà desplegar i posar a disponibilitat dels operadors de telecomunicacions sense límit una xarxa de banda ampla capaç de suportar els serveis actuals i futurs que demanaran els usuaris.

6 Xarxes de Fibra fins la llar - FTTH

En els últims anys, la Societat de la Informació ha experimentat una demanda de millors xarxes de comunicacions que puguin oferir un major ample de banda a un menor cost. A l'actualitat, la tecnologia ADSL és l'estrella indiscutible pel que fa a Europa y és una tecnologia que segueix explotant el bucle d'abonat de parells de coure.

Per altra banda, els usuaris demanen, cada cop més, un major ample de banda. És per això que els operadors consolidats i els emergents, s'han replantejat les seves estratègies, començant una carrera per doblar la velocitat de les seves línies. Però ADSL presenta una limitació tècnica important: el seu ample de banda no supera els 8Mbps pel canal descendent i els 4 Mbps en l'ascendent; a més aquests valors disminueixen a mesura que els usuaris es troben més lluny de la central.

Encara que noves tecnologies com ADSL2, ADSL2+ i VDSL ofereixen un augment en l'ample de banda, la limitació amb la distància provoca un important coll d'ampolla, aquesta limitació s'anomena el problema de l'última milla.

En l'horitzó del curt i mig termini i centrant la nostra atenció en el tram de xarxa més pròxim a l'usuari o xarxa d'accés la situació actual queda definida pels següents punts principals:

- ♣ Les xarxes intensives en coure, arriben al límit de la seva capacitat. Les alternatives a aquestes xarxes passen per aproximar la fibra òptica a l'usuari.
- ♣ D'acord amb el punt anterior, l'oferta dels fabricants d'equips migra de les tecnologies sobre base de coure cap a les xarxes intensives en fibra òptica.
- ♣ L'oferta de serveis (veu, dades i imatge) convergeix de forma accelerada cap a un punt de trobada centrada en xarxes Ethernet a nivell 2 i amb protocol IP a nivell 3.
- ♣ La demanda dels usuaris, es transforma amb l'increment del tràfic *peer to peer* i l'augment significatiu de descàrregues i intercanvi d'imatge, de fet aquest tipus de serveis són els que estableixen el sostre al qual arribar en la demanda d'ample de banda.

En aquest sentit, la tecnologia de la fibra òptica representa una solució al problema gràcies a la seva robustesa, el seu potencial ample de banda il·limitat i a la baixada en preus dels components òptics com ara els làsers. A més, a les noves construccions s'integra el cablejat estructurat, això crea un escenari idoni per poder desplegar solucions de FTTH.

6.1 Definicions FTTX

6.1.1 Introducció

Les xarxes que utilitzen la fibra òptica per al seu desplegament disposen de múltiples alternatives. Aquestes alternatives identifiquen el punt on la fibra òptica, que s'estén des del node de comunicacions dins el municipi, finalitza la seva estesa, i s'identifiquen amb els acrònims FTTX - *Fiber to the X* (Fibra fins a la X), on X denota diferents punts o destinacions.

Actualment en el mercat existeixen diverses configuracions de xarxes que utilitzen la fibra òptica. Aquestes són:

- ♣ FTTH: Fibra fins a la Llar (*Home*)
- ♣ FTTC: Fibra fins a la Vorera (*Curb*)
- ♣ FTTB: Fibra fins l'Edifici (*Building*)
- ♣ FTTU: Fibra fins al client (*User*)
- ♣ FTTN: Fibra fins al Node de comunicacions més proper al client (*Node*)

Podem fer 2 grups bé diferenciats entre aquesta varietat d'opcions:

- ♣ Les que duen la fibra fins a les dependències de l'usuari:
 - FTTH
 - FTTU

- ♣ Les que acosten la fibra a l'usuari però sense entrar en les seves dependències, que si les ordenem de més pròximes a més allunyades tenim:
 - FTTB
 - FTTC
 - FTTN

Per al primer grup es precisa d'un desplegament complet d'un enllaç de fibra òptica entre la central i l'abonat.

Mentre que per al segon grup les lletres varien en funció de la definició que el dissenyador de xarxa li vulgui donar a la xarxa segons on estigui el final d'aquesta xarxa i la proximitat a l'usuari a la que es deixi la fibra òptica (en un edifici, a la vorera o en un node). Per a l'últim tram, l'accés es realitza mitjançant parells de coure (FTTC i FTTN) o cablejats estructurats (FTTB) dintre de l'edifici.

6.1.2 FTTH

FTTH (Fibra fins a la Llar) es defineix com una arquitectura de comunicacions a on existeix una comunicació sobre cables de fibra òptica, que s'estén des dels locals on els operadors de telecomunicacions tenen els seus equips de commutació fins a la llar, per a usuaris finals, o l'oficina, en el cas d'una empresa. Aquesta definició exclou aquelles arquitectures on la fibra òptica acaba abans d'arribar a la llar o l'oficina i que l'enllaç físic cap a l'abonat s'ha de realitzar a través d'un mitjà físic diferent a la fibra òptica.

6.1.3 FTTB

FTTB (Fibra fins a l'Edifici) es defineix com una arquitectura de comunicacions a on existeix una comunicació sobre cables de fibra òptica, que s'estén des dels locals on els operadors de telecomunicacions tenen els seus equips de commutació fins almenys l'espai comú que dona accés a un conjunt d'habitatges o un espai que englobi un conjunt d'oficines. En aquesta arquitectura, la fibra òptica acaba abans d'arribar a l'espai interior de les llars o oficines. És per això que l'enllaç físic ha de continuar per altre mitjà físic que no sigui fibra òptica, per exemple: parell de coure o xarxa sense fil, fins a arribar a l'usuari final.

6.1.4 FTTN

FTTN (Fibra fins al Node) es defineix com una arquitectura de comunicacions a on existeix una comunicació sobre cables de fibra òptica, que s'estén des dels locals on els operadors de telecomunicacions tenen els seus equips de commutació fins a un punt més allunyat de l'usuari que el definit en els dos punts anteriors. Aquest punt llunyà pot ser un armari situat en la vorera o qualsevol punt intermedi entre la central de l'operador i l'usuari. L'enllaç entre aquest punt intermedi i l'usuari no s'uneix mitjançant cable de fibra òptica sinó que s'utilitzarà un altre mitjà de transmissió com parell de coure o xarxa sense fil.

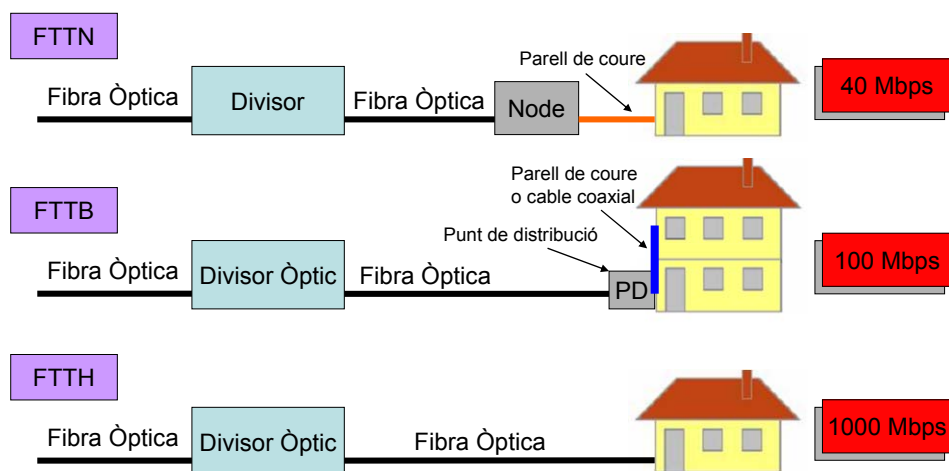


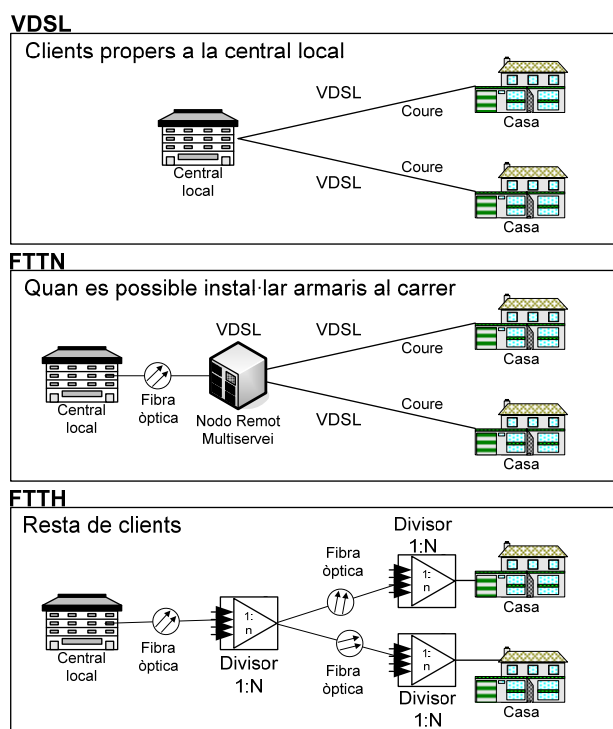
Figura 33. Diferències entre tecnologies

6.1.5 Arquitectures FTTN + VDSL

Com hem vist a la definició i la figura anterior, l'arquitectura FTTN compren un enllaç entre la central de comunicació i el punt intermedi de distribució. Des d'aquest punt intermedi, es dona servei als usuaris finals mitjançant parells de coure, coaxial o xarxes sense fils.

Aquells operadors que disposen de xarxes de parells de coure estan estudiant solucions que els permetin aprofitar al màxim les infraestructures de coure dels últims 700m. La solució més usual és proposar un híbrid entre fibra i parells de coure. Si aquest és el cas, llavors, un equip de multiplexació que s'ubica en els nodes remots (punts de distribució) per proporcionar el servei xDSL, anomenat DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*). El parell de coure trenat que connecta el DSLAM remot i l'usuari final utilitza tecnologia VDSL (*Very High bit-rate Digital Subscriber Line*).

Els operadors incumbents, concentrats en extreure el màxim retorn de la inversió de la infraestructura existent, proposen escenaris de desplegament mixtos en funció de les possibilitats per a emplaçar els equips.



Font: Telefónica

Figura 34. Evolució de les xarxes d'accés

Els escenaris proposats combinen diverses alternatives, bé utilitzant fibra òptica fins a la llar en la seva totalitat o bé realitzant una combinació amb la infraestructura existent de parell de coure. En aquest darrer cas, la tecnologia proposada pel segment de xarxa de parell de coure es basa en tecnologia VDSL.

Com totes les variants xDSL, la taxa de transferència de dades per a VDSL i VDSL2 varia en funció de la distància entre el DSLAM i l'usuari final: com més gran és la distància, més es deteriora el seu rendiment.

La tecnologia VDSL va ser estandarditzada per la ITU al juny de 2004 (G.993.1) és asimètrica i ofereix una velocitat màxima teòrica en el canal descendent de 52 Mbps (2 Mbps pel canal ascendent), però això es compleix per distàncies inferiors a 300 metres entre el DSLAM remot i l'usuari final. Per distàncies majors a aquests 300 metres, el rendiment de VDSL empitjora ràpidament. Entre 1 km i 1,5 km, VDSL ofereix una velocitat màxima en el canal descendent d'uns 15 Mbps, la qual cosa és similar als nivells de ADSL2+ amb la mateixa distància.

La tecnologia VDSL2, les especificacions de la qual van ser estandarditzades per la ITU al maig de 2005 (ITU G.993.2), millora el rendiment de la seva antecessora. Utilitza un major nombre de freqüències de l'espectre sobre el cable de coure, 30 MHz mentre que VDSL utilitzava 12 MHz. VDSL2 pot oferir una velocitat simètrica màxima teòrica de 100 Mbps. Però com la tecnologia anterior això només és possible si el DSLAM està situat a menys de 300 metres de l'usuari final. A 1 km, la taxa de transferència de VDSL2 cau fins als 25 Mbps.

Per tant la xarxa existent de parells de coure és un factor crucial per a determinar la conveniència del desplegament de FTTN + VDSL / VDSL2.

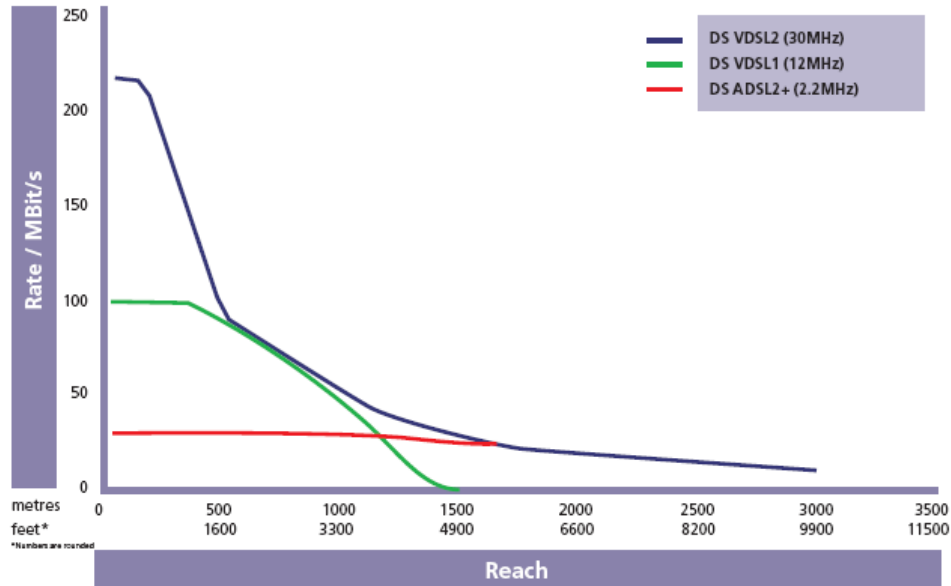


Figura 35. Característiques ADSL2+, VDSL i VDSL2.

6.1.5.1 FTTN + VDSL versus FTTH/FTTB

Avantatges de VDSL enfront de FTTH:

- ♣ El temps per a proporcionar servei al mercat és menor per a VDSL en vers a FTTH/FTTB per a lliurar serveis amb velocitats superiors a ADSL2+. Degut al fet que no és necessari per als operadors negociar drets de pas per a estendre una nova infraestructura de fibra òptica entre la ubicació de l'equip VDSL i l'edifici o l'habitatge del client; ni necessita negociar amb la comunitat de propietaris per l'accés de fibra a l'interior de l'edifici. Si bé és cert que cal desviar tota la xarxa de parells existent al nou emplaçament del multiplexor VDSL (DSLAM).
- ♣ Es requereix una menor inversió per client que per al cas de FTTH/FTTB degut al fet que és possible reutilitzar els recursos existents de parells de coure: no són necessàries costoses obres civils entre l'edifici/llar i el punt de distribució intermedi el que representa una menor inversió per client actiu.

Desavantatges de VDSL enfront de FTTH:

- ♣ Internet d'alta velocitat per a FTTN + VDSL/VDSL2 es depenent de la distància i per tant el servei no es uniforme per a tots els clients. Aquest només està potencialment disponible per a un percentatge petit de clients comparat amb les arquitectures FTTH/FTTB.
- ♣ Les xarxes FTTN + VDSL tenen majors despeses d'operació que les xarxes FTTH a causa de la necessitat de gestió de múltiples nodes o elements actius a la xarxa.
- ♣ Les xarxes FTTH permeten una elevada extensió geogràfica sense que els elements actius en el domini públic augmentin. L'impacte econòmic, operatiu i mediambiental és per tant inferior.

Si bé podria semblar evident que tots els operadors amb xarxes de parells prenguin com primera opció tendir cap a solucions FTTN + VDSL enfront de costosos desplegaments FTTH, les elevades limitacions de la solució FTTN + VDSL, el seu impacte operatiu així com el seu horitzó temporal limitat implica que únicament es consideri aquesta solució de forma tàctica.

És important recordar que les ofertes *Triple Play* el mercat les percep de forma molt positiva i que les solucions VDSL oferint televisió, dades i telefonia tenen un llindar tecnològic que en altres països ja s'ha superat (exemple de Japó).

6.2 Alternatives de xarxes d'accés FTTH

Existeixen diverses topologies possibles per desplegar xarxes FTTH:

- ♣ Punt a Punt (PaP) on existeix una fibra per a cada client. Dintre d'aquesta topologia de desplegament només existeix la possibilitat de realitzar una xarxa passiva.
 - PON (*Passive Optical Networks*), la qual no requereix cap component de xarxa actiu amb alimentació elèctrica entre l'usuari final i la central de commutació.
- ♣ Punt Multipunt (PmP) que es tracta d'una fibra compartida per diversos usuaris. Dintre d'aquesta variant troben 2 possibilitats:
 - AON (*Active Optical Networks*) on equips amb alimentació elèctrica són instal·lats entre l'usuari final i la central de commutació.
 - PON (*Passive Optical Networks*), la qual no requereix cap component de xarxa actiu amb alimentació elèctrica entre l'usuari final i la central de commutació. Les seves variants són:
 - ❖ BPON (*Broadband PON*)
 - ❖ GPON (*Gigabit PON*)
 - ❖ EPON (*Ethernet PON*)

6.2.1 Topologia de xarxa PaP

Una xarxa punt a punt es configura com una xarxa on es dediquen una o dues fibres òptiques per usuari final fins al Node primari. És una xarxa en configuració d'estrella punt a punt entre Node primari i usuari final, essent el seu desplegament idèntic a la xarxa de parells de coure de l'operador dominant.

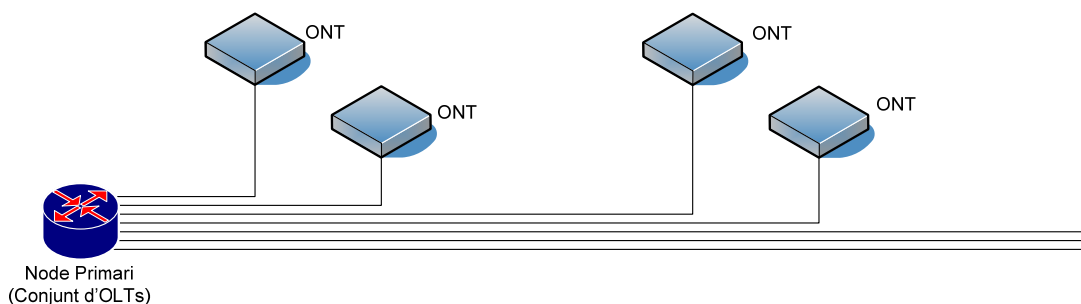


Figura 36 Esquema xarxa FTTH amb topologia PaP entre Node Primari i usuaris finals

En aquest tipus de disseny es tindrà present que:

- ♣ Representa un augment considerable del número de fibres òptiques que arriben a un node primari. En dissenys que proposin aquest tipus de xarxa caldrà proposar solucions de transport i agregació de fibres en canalitzacions.
- ♣ El gestor de fibra òptica en el Node primari ha de gestionar un gran nombre de fibres òptiques, per tant, s'haurà de proposar solucions de repartidors i armaris que facilitin la gestió.

- ♣ La xarxa haurà de presentar una homogeneïtat en l'estesa de cables de fibra òptica, respectant unes seccions determinades per a facilitar l'operació i manteniment de la xarxa.
- ♣ Els repartidors finals han de tenir característiques d'ús de connectors mecànics o fusions mecàniques per a facilitar l'alta d'un usuari.

En la topologia de xarxa Ethernet PaP (Punt a Punt), la fibra o les fibres dedicades que recorren entre el *switch* Ethernet, ubicat a la central de commutació i l'usuari final, no presenten cap equipament actiu situat en cap punt intermediari entre central i usuari, l'arquitectura PaP forma part, llavors, de la família de xarxes passives (PON).

6.2.1.1 Comparativa PaP PON versus PmP PON

Avantatges:

El principal avantatge de les xarxes PaP passives enfront de les xarxes PmP PON és el major ample de banda disponible, i que és capaç de suportar velocitats simètriques de 100 Mbps. Encara que una xarxa PmP PON, mitjançant multiplexació estadística i assignació dinàmica de l'ample de banda, pot oferir velocitats de baixada de fins a 100 Mbps, una arquitectura de xarxa PaP PON seria capaç de garantir aquest funcionament independentment dels patrons d'ús de l'ample de banda d'altres usuaris enllaçats amb la mateixa central de commutació.

Per a operadors que s'anticipin als requeriments d'ample de banda dels usuaris que eventualment excedeixin els 100 Mbps, la tecnologia PaP PON disposa d'una major flexibilitat per a evolucionar. Mitjançant l'ús d'estàndards Ethernet establerts, és possible incrementar l'ample de banda amb simplement un canvi de targetes en la central de commutació, passant a suportar 1 Gbps o 10 Gbps per port.

Aquest avantatge seria factible si les despeses actuals dels ports Gigabit Ethernet fossin suficientment baixes com per a poder crear un model de negoci de provisió de servei de gran ample de banda que fora sostenible econòmicament.

Desavantatges:

Un sistema punt a punt requereix una inversió i unes despeses operatives més elevades que una xarxa PmP PON atès que PaP PON necessita tants ports òptics dedicats a les centrals de commutació com usuaris als quals ha d'oferir servei i un major espai en la planta externa per a instal·lar repartidors. A més d'un major nombre d'armaris per a albergar les fibres òptiques dels usuaris, i un major consum d'energia.

Per a operadors que desitgin oferir dintre de la seva cartera de serveis TV i vídeo, una arquitectura punt a punt no seria adequada ja que no és capaç de suportar vídeo RF tret que es faci un disseny amb multiplexors de longitud d'ona que garanteixin el transport simultani del tràfic Ethernet i el de *broadcast*.

6.2.2 Topologia de xarxa PmP

Una xarxa PmP seria aquella en que diversos usuaris comparteixen una fibra òptica fins al Node Primari. Aquesta compartició de la fibra es pot realitzar a través de divisores 1:N (*splitters*). Aquests divisores podran estar ubicats en el repartidor final, en el Node Primari i en punts intermedis.

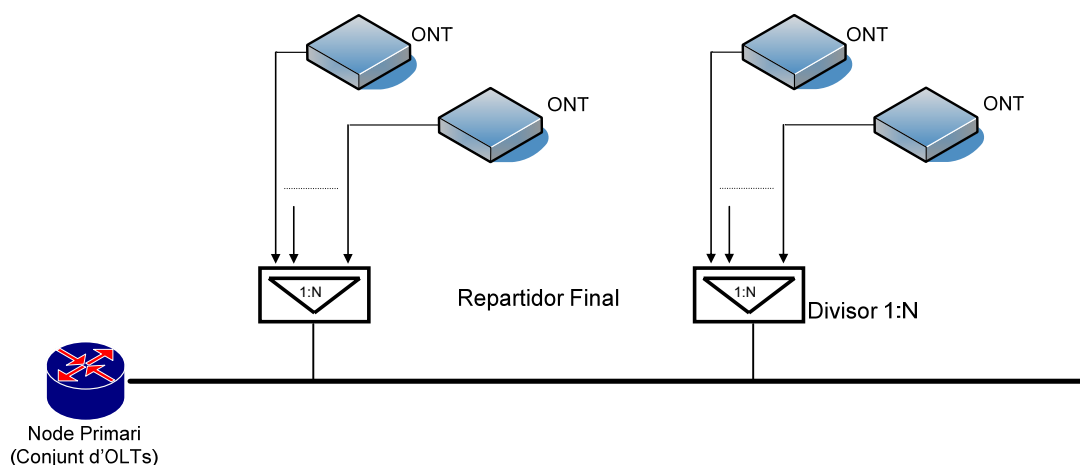


Figura 37 Esquema xarxa FTTH amb fibra compartida entre Node Primari i usuaris finals

En aquest model s'hauran d'aplicar els següents criteris considerats:

- ♣ Dels repartidors finals només poden sortir escomeses verticals d'usuaris finals.
- ♣ Un repartidor final podrà donar servei com a màxim a 64 usuaris finals.
- ♣ La divisió òptica d'usuaris per fibra haurà de ser de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 ó 1:64.
- ♣ La xarxa haurà de presentar una homogeneïtat en l'estesa de cables de fibra òptica, respectant unes seccions determinades per a facilitar l'operació i manteniment de la xarxa.
- ♣ Els repartidors finals hauran de permetre tant fusions mecàniques com connectors mecànics per a facilitar l'alta d'un usuari.

6.2.2.1 Arquitectures de xarxa AON

Una xarxa òptica activa (AON) requereix d'equipament actiu, generalment un *switch* Ethernet, que actua de punt intermedi entre la central de commutació i l'usuari final. En funció del nombre de ports d'aquest equip, podrà oferir velocitats simètriques de 100 Mbps fins a 32 usuaris simultàniament.

Aquesta taxa de rendiment només es pot aconseguir si l'enllaç entre el *switch* Ethernet remot i la central de commutació suporta 3,2 Gbps (32 x 100 Mbps). Atès que això resulta car, s'utilitzen suposicions dels patrons d'ús de l'ample de banda similars a les

quals segueixen els operadors PON. Això fa disminuir l'avantatge en ample de banda de les xarxes actives enfront de les passives.

Per contra, l'avantatge principal de les arquitectures AON enfront de les PON és que és més senzill gestionar remotament la xarxa per a garantir la taxa de transferència de l'ample de banda a cada usuari final individualment.

Avantatges:

- ♣ Major capacitat d'ample de banda simètric. El que pot arribar a ser encara més significatiu si augmenta la demanda de serveis tals com aplicacions P2P (*Peer to Peer*) o WEB 2.0.
- ♣ Major escalabilitat de l'ample de banda. La possibilitat d'intercanviar les targetes Ethernet en la central de commutació per a incrementar la capacitat de l'ample de banda fa que la tecnologia AON sigui més flexible que la PON. Gràcies a la utilització d'un *switch* Ethernet, les xarxes AON posseeixen uns sistemes de gestió més sofisticats que les xarxes PON per a lliurar taxes d'ample de banda establerts amb anterioritat a usuaris específics com i quan són requerides.
- ♣ Aïllar errors remotament resulta més senzill, el que també provoca una reducció en les despeses de desplegament.

Desavantatges:

- ♣ Majors despeses operatives per a mantenir la gran quantitat de *switches* Ethernet remots requerits.
- ♣ Dificultat potencial a trobar ubicacions adequades per als *switches* Ethernet (necessiten ser alimentats). Això és especialment preocupant per als operadors alternatius que no disposen d'elements actius en la seva xarxa d'accés.
- ♣ Majors inversions degudes a l'equipament actiu.
- ♣ No pot suportar vídeo RF de forma estàndard havent de fer un disseny específic.

6.2.2.2 Arquitectures de xarxa PON

De les tres possibles arquitectures PON que són multipunt, no existeix cap que s'hagi imposat a la resta a nivell mundial. Si bé és cert, que les xarxes basades en la tecnologia BPON estan en retrocés degut al fet que la seva estructura està basada en interfícies ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), tecnologia més cara que la basada en IP, i amb una taxa de transferència per usuari inferior a la de les altres tecnologies, sent així menys atractiva que les altres dues.

Les xarxes PON destaquen enfront de les AON per la seva optimització de l'espai mitjançant topologies en arbre i els menors costos en els equips de les centrals i de desplegament sent aquest desplegament més ràpid i de forma massiva.

L'arquitectura PON està composta per un OLT (*Optical Line Terminal*) situat al final de l'enllaç òptic en la central de commutació i un ONT (*Optical Network Terminal*) situat a l'altre extrem de l'enllaç òptic, en les dependències de l'usuari. Aquests dos dispositius estan connectats a través d'un cable de fibra òptica i mitjançant els divisors (o *splitters*) passius s'aconsegueix dividir o agregar el senyal òptic per al nombre d'usuaris requerit. Es tracta d'una arquitectura Punt Multipunt, de vegades descrita com arquitectura en arbre. El tràfic de pujada i el de baixada, circulen sobre la mateixa fibra òptica, però a diferents longituds d'ona, per a evitar col·lisions. Tots els estàndards ofereixen la possibilitat de multiplexar sobre la mateixa fibra en una longitud d'ona (λ) ubicant sobre la tercera finestra el senyal de *broadcast* per a continguts audiovisuals.

Una de les principals característiques de les xarxes PON és la seva capacitat de transmetre ràfegues d'informació. Això permet als operadors transmetre amples de banda més grans als usuaris finals que ho requereixin en sentit descendent, (assumint que no tota la resta d'usuaris de la mateixa xarxa PON estan utilitzant el seu ample de banda garantit al mateix temps sobre el senyal òptic que comparteixen). Aquesta distribució dinàmica de l'ample de banda (DBA: *Dynamic Bandwidth Allocation*) de les xarxes PON és un dels atractius reclams de que disposen els operadors de serveis de telecomunicacions enfront de les xarxes AON.

6.2.2.2.1 Tecnologies PON

6.2.2.2.1.1 BPON

La tecnologia BPON (G.983) va ser estandarditzada per la ITU al febrer de 2001, sent una evolució de l'estàndard APON (ATM PON). Encara que BPON utilitza el protocol de transmissió ATM, incorpora una característica que la diferencia de APON que és la incorporació d'una longitud d'ona addicional per a suportar serveis de vídeo.

La majoria del treball realitzat per a especificar l'estàndard BPON va ser portat a terme pel consorci FSAN (*Full Service Access Network*), els membres del qual són en la seva majoria operadors de serveis. Creat en 1995, FSAN es va fixar com objectiu la definició d'un conjunt de requeriments bàsics que permetés la introducció a gran escala de xarxes d'accés de banda ampla.

Les principals característiques de la tecnologia BPON són:

Característiques	Explicació
Capacitat de tràfic	Típicament, els usuaris de BPON comparteixen velocitats de baixada de fins a 622 Mbps; la velocitat compartida de pujada arriba fins als 155 Mbps.
Capacitat d'usuari	Suporta fins a 32 usuaris per arbre amb una recomanació màxima de 20 km de distància entre OLT i ONT. Es defineixen dues lambdes en sentit descendent i una en sentit ascendent: <ul style="list-style-type: none"> - Lambda als 1490 nm en sentit descendent per a la transmissió de dades amb un ample de banda de 622 Mbps compartits. - Lambda als 1550 nm en sentit descendent per a la transmissió de serveis de vídeo i televisió. - Lambda als 1310 nm en sentit ascendent pel canal de tornada de dades amb un ample de banda de 155 Mbps compartits.
Assignació dinàmica de l'ample de banda (DBA)	En una xarxa BPON completament carregada (32 usuaris, tots ells requerint connexió de "alta velocitat") cada usuari disposaria d'un màxim teòric de 13 Mbps per la baixada i 3 Mbps per la pujada (assumint una eficiència del 70%). Mitjançant la multiplexació estadística, que assumeix que no tots els usuaris requereixen connexió d'alta velocitat al mateix temps, un operador BPON pot oferir als seus clients un 20% més d'ample de banda.
Protocol suportat	ATM
Resum	La majoria dels primers desplegaments a EEUU i parts d'Àsia van ser fets amb tecnologia BPON, però aquests sistemes es reemplaçaran per altres variants PON amb millors prestacions.

Taula 12. Característiques de BPON

6.2.2.2.1.2 GPON

La tecnologia GPON (G.984), estandarditzada per la ITU al febrer de 2004, és la més recent de les variants PON a sorgir. És el resultat d'una iniciativa portada a terme per FSAN durant el 2001 amb la intenció d'estandarditzar una PON capaç d'oferir una connexió a 1 Gbps.

Aquest treball va superar totes les expectatives, ja que, GPON pot oferir velocitats de baixada de fins a 2,48 Gbps, compartits per fins a 64 usuaris. Per tant, la major capacitat d'usuari fa que GPON sigui més escalable que BPON.

A més de l'augment en la velocitat i en la capacitat d'usuari, la funcionalitat més significativa que aporta GPON enfront de BPON és la seva habilitat de suportar múltiples protocols en la seva forma nativa. Utilitzant GEM, l'estàndard GPON és capaç de transportar protocols Ethernet, TDM i ATM. Així els operadors que utilitzin GPON poden seguir oferint serveis heretats, com veu sobre enllaços TDM i lloguer de circuits punt a punt, sense haver de canviar els equips dels clients.

Les principals característiques de la tecnologia GPON són:

Característiques	Explicació
Capacitat de transferència de dades	Els usuaris de GPON comparteixen velocitats de baixada de fins a 1,25 Gbps o 2,48 Gbps; la velocitat compartida de pujada arriba fins als 622 Mbps o 1,24 Gbps.
Capacitat d'usuari	Suporta fins a 32 usuaris per arbre amb una recomanació màxima de 20 km de distància entre OLT i ONT. Si es dona servei a 64 usuaris (la capacitat màxima de GPON) la distància es redueix a 12-15 km si es vol mantenir la màxima taxa de transferència. Si el nombre d'usuaris es redueix a 16, la distància augmenta fins als 30 km. Es defineixen dos lambdes en sentit descendent i una en sentit ascendent: <ul style="list-style-type: none"> - Lambda als 1490 nm en sentit descendent per a la transmissió de dades amb un ample de banda de 2,48 Gbps compartits. - Lambda als 1550 nm en sentit descendent per a la transmissió de serveis de vídeo i televisió. - Lambda als 1310 nm en sentit ascendent per al canal de tornada de dades amb un ample de banda de 1,25 Gbps compartits.
Assignació dinàmica de l'ample de banda (DBA)	Típicament GPON té 2,5 Gbps compartits entre 32 usuaris i tenint en compte l'eficiència de l'ample de banda que és de 92%. Això implica una taxa de 72 Mbps aproximadament per client en sentit descendent i 35 Mbps en l'ascendent. Mitjançant multiplexació estadística es pot gestionar i assignar fins a un 20% més d'ample de banda.
Protocol suportat	ATM, Ethernet, TDM
Resum	Guanyen força a Nord Amèrica, Europa i en parts d'Àsia, reemplaçant així els anteriors desplegaments BPON.

Taula 13. Característiques de GPON

6.2.2.2.1.3 EPON

La tecnologia EPON (IEEE 802.3ah), estandarditzada pel IEEE a mitjan Febrer 2004, és una extensió del treball realitzat pel comitè EFM (*Ethernet in the First Mile*), formada per fabricants d'equips Ethernet. Utilitzant una arquitectura Punt Multipunt de la mateixa manera que ho fan BPON i GPON, els operadors EPON treuen profit de la maduresa i el predomini de l'estàndard Ethernet (especialment dintre del món empresarial) i les seves economies d'escala associades.

Els costos dels equips EPON són menors a causa dels menors requeriments hardware. Els equips ONT i OLT costen aproximadament un 10% menys per a EPON que per a GPON.

Les principals característiques de la tecnologia EPON són:

Característiques	Explicació
Capacitat de transferència de dades	Simètrica de 1,25 Gbps.
Capacitat d'usuari	<p>Suporta fins a 32 usuaris per arbre amb una recomanació màxima de 20 km de distància entre OLT i ONT, amb 2 lambdes; i 18 km per a 3 lambdes.</p> <p>Es pot implementar usant 2 lambdes: per a dades, veu i IP vídeo; o 3 lambdes: per a també oferir vídeo RF.</p> <p>2 lambdes: Es defineix una lambda en sentit descendent i una en sentit ascendent:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lambda als 1510 nm en sentit descendent per a la transmissió de dades, vídeo i veu amb un ample de banda de 1,25 Gbps compartits. - Lambda als 1310 nm en sentit ascendent per al canal de tornada de dades, veu i vídeo sota demanda amb un ample de banda de 1,25 Gbps. <p>3 lambdes: Es defineixen dues lambdes en sentit descendent i una en sentit ascendent:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lambda als 1510 nm en sentit descendent per a la transmissió de dades, vídeo i veu amb un ample de banda de 1,25 Gbps compartits. - Lambda als 1550 nm en sentit descendent per a la transmissió de serveis de vídeo i televisió. - Lambda als 1310 nm en sentit ascendent per al canal de tornada de dades, veu i vídeo sota demanda amb un ample de banda de 1,25 Gbps.
Assignació dinàmica de l'ample de banda (DBA)	Operadors EPON ofereixen als seus clients velocitats de baixada i de pujada d'entre 30 Mbps i 100 Mbps. Aquesta variació de velocitats depèn de quants usuaris estan accedint a la mateixa PON simultàniament. Assumint una eficiència de l'ample de banda de 72% i un arbre amb una càrrega de 32 usuaris, això implica que cada usuari disposa de 30 Mbps aproximadament en sentit ascendent i descendent. Mitjançant multiplexació estadística es pot gestionar i assignar un servei de velocitat màxima de fins a 100 Mbps.
Protocol suportat	Ethernet
Resum	Potenciat pel mercat japonès, amb NTT, que justifica la transició de BPON a EPON per optimitzar els costos de transport sobre les xarxes troncales de transport òptic basades en enllaços Ethernet. EPON gaudeix actualment de volums de mercat i economies d'escala majors a altres tecnologies PON. Aquest avantatge pot afectar al creixement dels futurs desplegaments GPON.

Taula 14. Característiques de EPON

6.2.2.2.1.4 Comparativa GPON versus EPON

	GPON	EPON
Estàndard	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
Velocitat de línia del canal descendent	2480 Mbps o 1244 Mbps	1250 Mbps
Velocitat de línia del canal ascendent	155 Mbps o 622 Mbps o 1244 Mbps	1250 Mbps
Tràfic	asimètric	simètric
Codificació de línia	NRZ (+ aleatorització)	8b/10b
Capacitat de divisió (<i>split ratio</i>)	1:64 o 1:32	1:32.
Abast tram de fibra	12 km – 20 km	18 km – 20 km
Protocol de nivell 2	ATM, Ethernet, TDM	Ethernet
Suport tràfic TDM (veu centraletes) mitjançant convertidors TDMoIP.	TDM nadiu sobre ATM o TDMoIP	TDMoIP
Vídeo	RF: estandarditzat; IP: estandarditzat.	RF: propietari; IP: estandarditzat.
Eficiència de la capacitat en sentit descendent	92 % com resultat de: NRZ + aleatorització (no codificació) i capçalera (8%)	72 % com resultat de: codificació 8b/10b (20%) i capçalera i preàmbul (8%)
Capacitat ascendent per a tràfic IP	1140 Mbps	900 Mbps
Gestió i manteniment OA&M	PL OAM + OMCI	Ethernet OAM, SNMP
Seguretat en canal en descendent	AES	DONIS
Interoperabilitat entre fabricants	Definida a través del consorci FSAN i de la ITU-T.	No definida, el consorci MEF proposa especificacions
Tràfic IP	Les dades es transmeten en trames fixes (cel·les) de 53 bytes (48 bytes útils i 5 bytes de capçalera). Aquest tràfic és ineficient per a tràfic IP de grandària fins a 64 kbytes. Afegeix una ineficiència de 13,22 %.	Encapsulat Ethernet sobre tràfic IP afegeix una ineficiència de 7,42 %.
Despeses	Despeses superiors a causa de la major complexitat d'implementació de l'estàndard.	10% menor en costos dels equips de capçalera sobre els usuaris
Orientació dels desplegaments	Destinat a clients que ja disposen d'infraestructures i serveis, però volen incrementar els seus ingressos amb nous serveis com IP vídeo.	Destinat a clients sense infraestructures anteriors o amb molt poc desplegament, creant una xarxa basada en IP. Comú en països en desenvolupament.

Taula 15. Comparativa GPON versus EPON

A la següent figura podem veure l'estructura de la trama GEM de GPON.

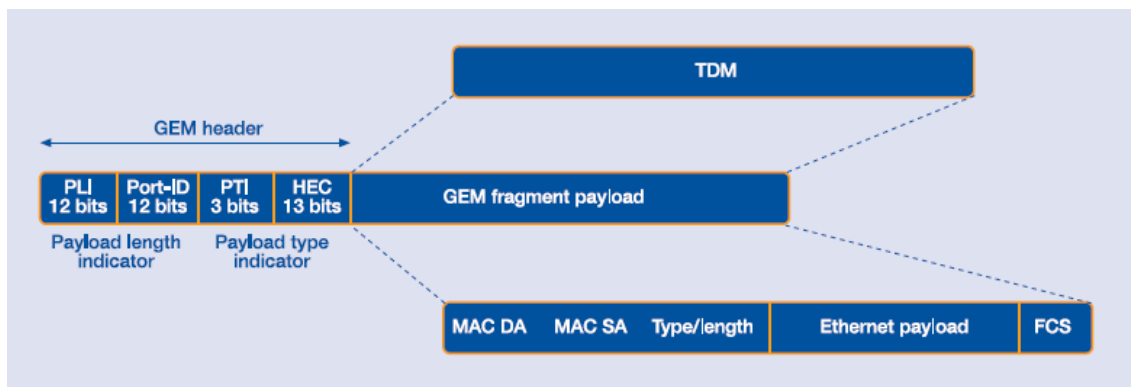
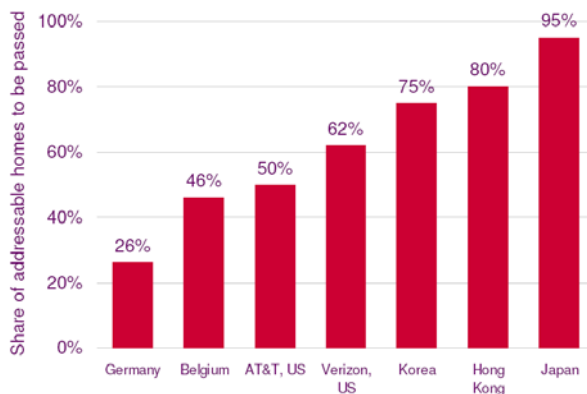


Figura 38. GEM encapsulat de trama GPON

6.3 Estat actual de les xarxes FTTH al món

6.3.1 Desplegaments de xarxes FTTH

En la següent gràfica podem observar l'evolució estimada per la cobertura de llars en funció dels projectes que estan previst que es realitzin.



Font: FTTH Council

Figura 39. Predicció de cobertura de projectes d'accés de nova generació

6.3.1.1 Àsia

Japó: NTT:

- ♣ El creixement de FTTH a Japó ha estat major que el de ADSL a partir del 2006.
- ♣ NTT a l'Est disposen de 3 milions d'usuaris de FTTH.
- ♣ NTT a l'Oest disposen de 2,4 milions d'usuaris de FTTH.
- ♣ En Japó contenen amb 7,1 milions d'usuaris.
- ♣ La tecnologia escollida és EPON ja que utilitzen xarxes IP i no necessiten usar protocol ATM.

Corea del Nord: Hanaro Telecom: La prova pilot iniciada a l'octubre de 2006, utilitza una tecnologia d'accés basada en fibra capaç de suportar velocitats de 100 Mbps. La tecnologia utilitzada és GPON d'Alcatel.

Pakistan: Nayatel: desplega a Islamabad (la capital de Pakistan) una xarxa de FTTH, donant servei a:

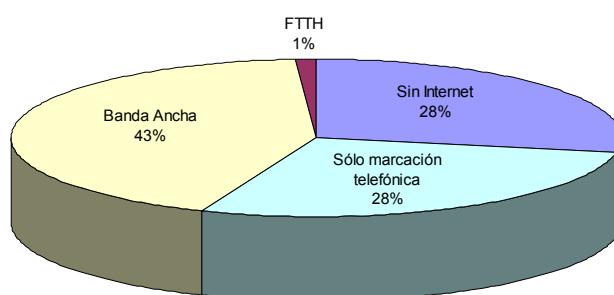
- ♣ 25.000 llars amb infraestructura disponible.
- ♣ 30.000 clients de negoci en districtes comercials.
- ♣ Més de 300 km d'obra civil.
- ♣ Més de 5.000 km desplegats de cable de fibra.
- ♣ Capacitat Gbit.
- ♣ OLTs d'Alcatel.
- ♣ Tecnologia BPON.
- ♣ ONTs amb protocols H.248.

Dubai: Dubai Internet City:

- ♣ Ofereix *Triple Play* i serveis IP tant en zones residencials com de negocis.
- ♣ Van decidir desplegar FTTH perquè no tenien cap xarxa anterior, per escalabilitat, perquè no requereix massa d'esforç passar d'1G a 10G.
- ♣ Les llars desplegades actualment són 40.000.
- ♣ Tots els desplegaments estan basats en fibra òptica punt a punt.
- ♣ Oferiran lloguer de la seva xarxa a altres operadors.

6.3.1.2 Amèrica del Nord

Les següents figures donaran una idea de la situació actual pel que fa a l'accés a Internet i banda ampla als EEUU.

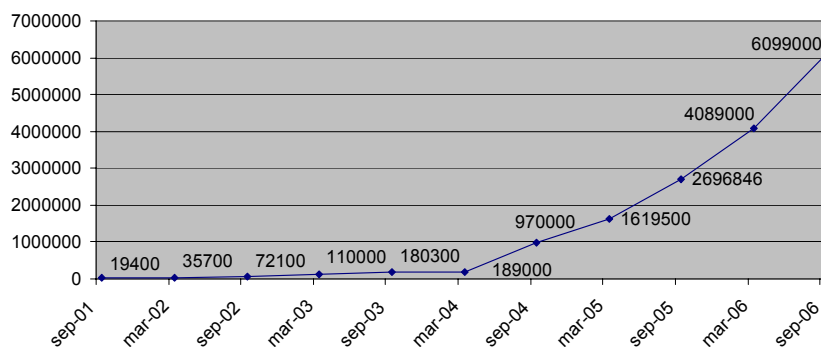


Font: RVA Render & Associates, LLC 2006.

Figura 40. Gràfica estat de la connexió d'accés en els EEUU

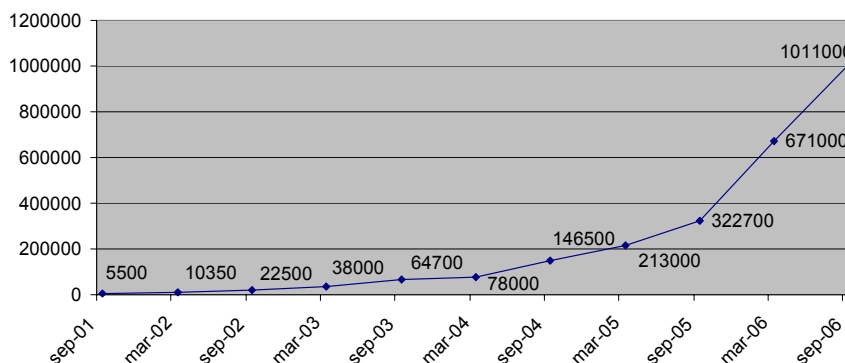
Resulta sorprenent veure com encara en una primera potència mundial com són els EEUU, existeix un gran percentatge de llars sense connexió a Internet. I més de la meitat de la població no disposa de connexió a Internet de banda ampla. La principal raó que donen els experts és que el mercat assimila l'ús d'Internet al treball. Addicionalment, la gent viu en comunitats de veïns que sol disposar de zones comunes amb accés a Internet.

A pesar d'aquests valors, la tendència està canviant cap a un creixement gairebé exponencial com es pot observar en les properes figures.



Font: RVA Render & Associates, LLC 2006.

Figura 41. Nombre de llars amb infraestructura disponible per a connectar-se als EEUU



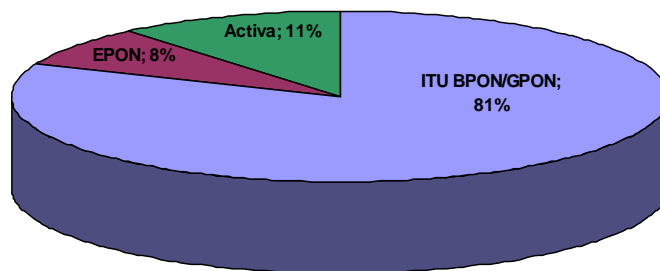
Font: RVA Render & Associates, LLC 2006.

Figura 42. Nombre de llars connectades als EEUU

EEUU: FTTP Verizon, FTTN AT&T

- ♣ **Verizon:** 3 milions de llars amb infraestructura per a connectar-se per any.
 - A la fi del 2006 el seu desplegament era de:
 - ❖ 5,4 Milions d'edificis amb fibra disponible en 16 estats.
 - ❖ 3,8 Milions d'edificis disponibles per a la venda.
 - Els seus objectius de desplegament per a 2010 són:
 - ❖ Passar dels 18 Milions d'edificis.
 - ❖ Superar el 50% de les llars.
 - Utilitzen tecnologia GPON.
 - La seva demanda de fibra és de 4-8 Milions de quilòmetres de fibra per any.
- ♣ **AT&T:** 0,5 milions de llars amb infraestructura per a connectar-se per any.
 - Utilitzen tecnologia FTTN + VDSL.
 - Objectius:
 - ❖ 17 Milions de llars amb infraestructura per a la connexió amb FTTN en 2008.
 - ❖ 1 Milió de llars amb FTTH en 2008.
 - La seva demanda de fibra és de 1-1,5 Milions de quilòmetres de fibra per any.
- ♣ **OptiLink:** Va migrar els seus serveis de BPON a GPON veient aquesta opció com una extensió del seu propi negoci. Es va presentar com una oportunitat ja que no existia cap operador a la zona que oferís cobertura de banda ampla.
 - Dels seus 8.200 clients, 7.400 són residencials i 810 negocis.
 - Els seus ingressos mensuals són:
 - ❖ 80,8 € en zones residencials.
 - ❖ 1.385 € en zones de negocis.

Com hem vist en els exemples anteriors, la tendència als EEUU es dirigeix cap a la tecnologia GPON. El 89% de totes les llars connectades en Nord Amèrica ho fan mitjançant una xarxa PON. El 93% de les connexions més recents (des de 2004) s'han realitzat amb xarxes PON.



Font: Light Reading

Figura 43. Tecnologies escollides als EEUU

6.3.1.3 Europa

Suècia:

♣ Fiberdata:

- Disposen de més de 150 xarxes en ciutats.
- Amb una inversió de 2 Bilions d'Euros, dels quals el govern inverteix 0,5 Bilions d'Euros.
- Fets:
 - ❖ Inversió de 25 milions d'euros
 - ❖ 30.000 llars connectades
 - ❖ Encara en construcció
 - ❖ Xarxes de 10 Gbps
 - ❖ FTTH mitjançant tecnologies xPON i Ethernet

♣ Swedish Citynet Association: Disposa de 291 municipis, amb 155 xarxes en ciutats que cobreixen 174 ajuntaments (117 sense xarxa pròpia). Un total d'infraestructura per fibra de 3.500.000 km que donen servei a 1,3 milions de llars amb accés de fibra òptica i 650.000 llars connectats.

- Xarxa Stokab en la regió d'Estocolm amb 5.000 km de cable, 1.000.000 km de fibra que connecten 31 ciutats.
- Västerbotten amb un 75% FTTH en 15 municipis amb un total de 256.000 habitants.
- Projecte PPP: 2.000 km de xarxes que uneixen 270 pobles que donen servei a més de 200 llars.

Finlàndia: Song Networks: Realitzen una prova pilot de FTTH amb una velocitat de xarxa de 1 Gbps per oferir 10-100 Mbps als usuaris.

Noruega:

- ##### ♣ Lyse Tele: està desplegant banda ampla en 120 ajuntaments que cobreixen 1,2 milions de llars, donant servei a:
- 51.000 clients residencials connectats
 - 25.000 llars més en els quals existeix infraestructura
 - 700 clients empresarials

La seva política d'empresa és "primer vendre per a més tard construir". Necessiten un 45% de penetració per a començar a desplegar en una zona.

El 90% dels clients realitzen autoinstal·lació.

♣ Citynet:

- Basat en una xarxa d'accés Ethernet
- El desplegament es va iniciar a l'octubre 2006
- 60.000 FTTH
- Penetració de l'ample de banda del 52%
- El mercat demana més capacitat i serveis simètrics

Dinamarca: És un país en el qual existeixen una gran quantitat de projectes FTTH. La majoria d'ells són xarxes desplegades per empreses locals d'energia, sota un model de cooperatives, que aprofitant les infraestructures (canalitzacions) de les que ja disposen per donar servei elèctric, han decidit desplegar xarxes FTTH i oferir serveis de telecomunicacions.

Holanda: Fibernetwerk Nueneen: disposa de 25.312 fibres; 120.000 m d'obra civil; 40.300 m de cable de fibra LT576; 21.300 m de cable de fibra LT192; 125.000 m de tub DB24; 96.300 m de tub DB1.

França

♣ FranceTelecom:

- El desplegament va començar en el 2006 basat en tecnologia GPON
- El seu objectiu és connectar 10 ciutats principals franceses a la fi del 2008
- Tenint així 1 milió de llars amb infraestructura per a la connexió i fins a 200.000 clients a final del 2008
- La inversió estimada és de 270 milions d'Euros en 2 anys

♣ Free:

- Iliad serà el primer operador a introduir FTTH en el mercat de forma massiva, el seu objectiu és París.
- Situació actual:
 - ❖ Més de 2 milions de clients de banda ampla
 - ❖ 25.000 km de fibra
 - ❖ 33,5 € ARPU
- Veuen la fibra òptica com l'única opció per a diferenciar-se dels seus competidors; a més els permet amples de banda simètrics i donar serveis de *Broadcast HDTV*.
- La seva oferta és 29,99 €/mes en els quals s'inclou 50 Mbps de connexió a Internet, trucades gratuïtes a fixos de França i alguns països internacionals i HDTV.
- Migraran a tots els seus clients ADSL a FTTH.
- Oferirà lloguer de fibres a minoristes i obre els NRO als seus competidors.

- Els seus objectius són:
 - ❖ Cobrir 4 milions de llars (10 milions d'habitants)
 - ❖ Destinat a zones amb un 15% de penetració
 - ❖ 1.500 € per client
 - ❖ 300 milions d'euros d'inversió en 2006/2007
 - ❖ 100-150 milions d'euros per any del 2008 al 2012
 - ❖ Estimen un *payback* de 6 anys i si s'aconseguís un 25% de penetració en 3 anys, el *payback* baixaria 4 anys. Període d'amortització de 30 anys.
- ♣ **Pau:**
 - Compte amb 160.000 habitants, 60 mil llars, 11.000 empreses.
 - És una ciutat intel·ligent amb una xarxa de fibra òptica que suporta serveis, aplicacions amb un accés de 100 Mbps comercialitzats a 30 €.
 - Pau Broadband Country és una Xarxa Pública amb una inversió de 35 milions d'euros.
 - Amb previsió de cablejar el 85% de les llars al 2008. Completant la xarxa amb Wi-Fi o WiMAX.
- ♣ **Erenís:** Operador que lliura telefonia i Internet sobre IP a habitatges públics de París utilitzant el clavegueram de la ciutat per a acostar la fibra òptica a l'última milla.

Itàlia

- ♣ **Fast Web:** Operador alternatiu a Telecom Itàlia que té una política de desplegament basat en FTTH en arquitectura Punt a Punt.

Alemanya: Deutsche Telecom: planeja cobrir 2,9 milions de llars en 10 ciutats principals alemanyes amb FTTN i VDSL2.

Irlanda: Eircom:

- ♣ El projecte va néixer per a actualitzar la xarxa nacional de telecomunicacions mitjançant equips FTTC.
- ♣ A finals del 2007 preveuen tenir connectades 500.000 llars.
- ♣ La inversió per a completar aquest desplegament és de 1 Bilió d'Euros.

Viena: projecte basat en una xarxa d'accés neutra Ethernet. La prova pilot FTTH va començar en 2006 usant el sistema de clavegueram per a desplegar xarxa. Es preveuen cobrir 50.000 llars.

Kuwait: El desplegament ho estan realitzant amb tecnologia GPON directament atès que no existia infraestructura de parell de coure en la zona i que existien molts nous edificis residencials. Donen servei a 33 àrees amb un total de 60.000 llars. Ofereixen VoIP.

6.3.1.4 Espanya

6.3.1.4.1 Proves pilot de grans operadors nacionals:

- ♣ **Telefònica:** Han realitzat una prova pilot comercial amb tecnologia GPON d'Alcatel per donar cobertura a 100.000 llars i segons dades CMT amb uns 5.000 clients.
- ♣ **ONO:** Prova pilot amb tecnologia GPON d'Alcatel a Alacant.

6.3.1.4.2 Xarxa neutra del Principat d'Astúries

Astúries conta amb:

- ♣ 1,1 Milions d'habitants
- ♣ 0,49 Milions de llars
- ♣ Penetració d'Internet: 40,5%
- ♣ Accés a la banda ampla: 79,7%

El desplegament es va realitzar mitjançant tecnologia GPON d'Alcatel per donar cobertura al 100% de les llars en municipis de més de 1.000 habitants i que no existís competència en xarxes d'accés (municipis sense desplegament de cable) en 3 valls mineres: Narcea, Caudal i Nalón, amb un total de:

- ♣ 22 pobles
- ♣ 32.000 llars i negocis connectats per a finals del 2008
- ♣ 64.000 habitants
- ♣ 7 negocis i zones industrials

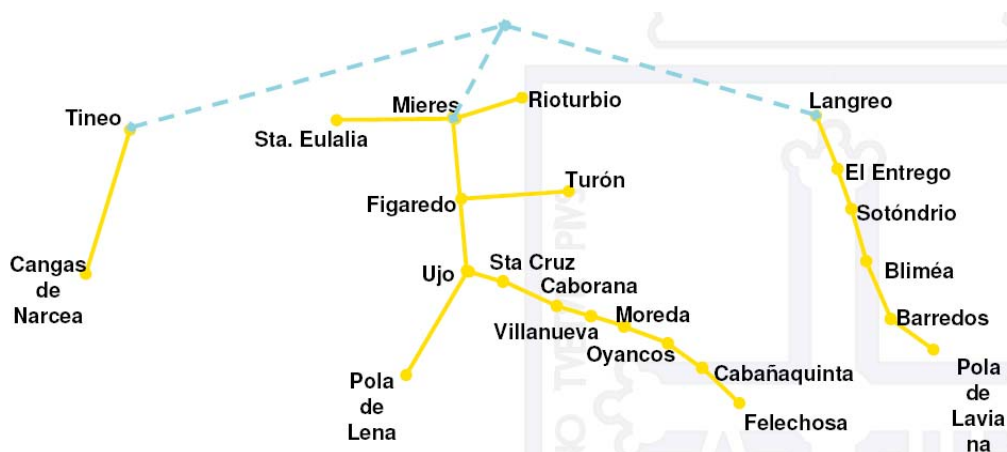


Figura 44. Xarxa troncal i d'accés en les conques mineres d'Astúries

S'ha desenvolupat una segona fase de desplegament amb 20.000 noves llars. La planificació permetrà donar cobertura a 52.000 llars al 2011.

6.3.1.4.3 Projecte en fase de maduració

Viladecans:

- ♣ Xarxa d'accés de fibra òptica fins a la llar (FTTH) amb cobertura mixta entre zona residencial i polígons de nova construcció.
- ♣ L'objectiu és cobrir 26.233 llars i empreses.
- ♣ Actualment estan treballant en la definició d'un pilot.

6.3.2 Serveis sobre xarxes FTTH

6.3.2.1 Àsia

Nayatel: ofereix *Triple Play* (TV, Veu i Dades), a través d'equips Alcatel:

- ♣ 2-4 POTS
- ♣ 1-2 Ethernet (100 BaseT)
- ♣ 1 Vídeo RF
- ♣ Els serveis *Triple Play* són:
 - Internet de banda ampla a 512 kbps per les llars i de 512 kbps a 30 Mbps per negocis.
 - Veu amb POTS en la ONT i PRIs utilitzant TDMoIP.
 - Vídeo oferint 65 canals de TV analògics i canals digitals estan sent afegits.

Dubai Internet City ofereix:

- ♣ *Triple Play*
- ♣ Serveis intel·ligents sobre IP
- ♣ IPTV

NTT ofereix els serveis:

- ♣ Accés a Internet
- ♣ VoD (vídeo IP)
- ♣ VoIP
- ♣ Videoconferència
- ♣ Vídeo RF
- ♣ IP *Broadcast*

Hanaro Telecom: amb la seva xarxa "tot fibra" podrà donar serveis *triple play* avançats:

- ♣ Internet d'alta velocitat
- ♣ Vídeo d'alta definició
- ♣ Jocs interactius entre múltiples participants
- ♣ Veu

6.3.2.2 Amèrica del Nord

En EEUU els serveis generalment oferts són:

- ♣ Vídeo híbrid (66 canals en RF i més de 200 canals en IP/VoD/HD)
- ♣ Dades d'alta velocitat (actualment 10 Mbps encara que les ONT suporten velocitats de GbE)
- ♣ T1 per a serveis de les zones de negoci.
- ♣ POTS

Verizon: ofereix vídeo *Broadcast* i planeja oferir IPTV, incloent HDTV sobre IP. Per a l'accés a Internet ofereix una velocitat de 15 Mbps.

AT&T: ofereix IPTV.

6.3.2.3 Europa

Lyse Tele: ofereix com a serveis:

- ♣ IPTV (Televisió per IP) en la regió nòrdica: més de 70 canals de TV digital i un portal de TV interactiu.
- ♣ Telefonía IP a Noruega: amb dos ports per a telèfons i 2 línies.
- ♣ Accés a Internet a Noruega:
 - 6/6 Mbps
 - 20/10 Mbps
 - 50/25 Mbps
- ♣ HDTV (*High Definition TV*, TV en alta definició)
- ♣ EPG: *Electronic Program Guide*
- ♣ Jocs *on-line*
- ♣ Vídeo sota Demanda (VoD): més de 250 títols de *Warner*, *Bona Vista*, *Sandrew Metronome* i altres.

Iliad: ofereix:

- ♣ Internet a 50 Mbps o a 100 Mbps.
- ♣ HDTV *Broadcast*.
- ♣ Trucades a fixos nacionals gratuïtes i a alguns números internacionals seleccionats.
- ♣ HD VoD
- ♣ Contingut propi de Iliad

Fiberdata: ofereix:

- ♣ *Triple play*
- ♣ VoIP
- ♣ IPTV
- ♣ TV analògica

Citynet: ofereix:

- ♣ HDTV: 60 Mbps de baixada i <1 Mbps de pujada
- ♣ Jocs en línia: 2-20 Mbps de baixada i 2-20 Mbps de pujada
- ♣ VoIP: 0,3 Mbps de baixada i 0,3 Mbps de pujada
- ♣ www/E-mail: 10 Mbps de baixada i 10 Mbps de pujada
- ♣ FTP/DVD: 14 Mbps de baixada i <1 Mbps de pujada
- ♣ En total 100 Mbps de pujada i 30 Mbps de baixada

Song Networks: ofereix VoIP, vídeo i transferència de dades. La velocitat oferta als usuaris finals és de 10-100 Mbps.

Pau Broadband Country:

- ♣ Telefonia IP
- ♣ VoD, Videoconferència, IPTV i *streaming*
- ♣ I-administració, i-medicina, i-ensenyament

6.3.2.4 Espanya

La situació d'incertesa regulatòria està provocant que Telefònica no acabi de prendre una decisió per a preparar les seves xarxes d'accés als nous serveis que estan apareixent a la resta del món. Els Operadors de Cable, mentre que Telefònica no doni un salt qualitatiu en serveis segueixen mantenint els seus plans de desplegament sobre xarxes HFC que compleixen amb els actuals serveis oferts en el mercat.

Per altra banda, la majoria d'operadors alternatius que treballen sobre les infraestructures de Telefònica (desagregació del bucle en qualsevol de les seves tres modalitats), no tenen capacitat d'oferir nous serveis.

Un exemple destacable de desplegament de xarxa FTTH a Espanya és la xarxa oberta del Principat d'Astúries. El Principat ha creat un Operador denominat GITPA (Gestor d'Infraestructures del Principat d'Astúries) la funció del qual és explotar la xarxa i vendre únicament serveis majoristes a operadors minoristes. Els serveis majoristes que ofereix actualment són:

- ♣ Accés a Internet simètric:
 - Bàsic 20 Mbps
 - Premium 100 Mbps.
- ♣ TV (*Broadcast*)
- ♣ Veu
 - VoIP (*Voice over IP*, Veu sobre IP) (H323; H428)
 - POTS V5.2

La seva oferta als operadors minoristes (veure: <http://www.gitpa.es>) es posiciona en un cost per llar a cobrir similar al que li costaria a un operador desagregar un bucle de parell de coure a una central de Telefònica. La quota mensual és independent dels serveis finals que sol·liciti activar sobre la xarxa. Amb l'objectiu de facilitar al màxim els processos d'alta, el GITPA deixa instal·lada la ONT activa a la llar de l'usuari deixant activats els serveis que l'operador minorista hagi demandat, i si ho desitja, previ acord en preus i procediments, els instal·ladors del GITPA deixarien instal·lats els CPE que l'operador s'hagi compromès amb l'usuari (router, wi-fi, terminals telefònics, STB de TV, etc.).

7 Arquitectura de xarxa

7.1 Criteris de Disseny

Després de veure la situació actual al món i les diferències entre tecnologies. Aplicant tota aquesta informació al municipi de Centelles i intentant aportar les màximes prestacions a la xarxa a desplegar al municipi, s'ha decidit realitzar un desplegament d'una xarxa FTTH per donar servei al 100% de les llars i empreses del municipi de Centelles.

Un cop triada la tecnologia bàsica, que és fibra òptica fins la llar, és important detallar els criteris de disseny de la xarxa.

S'estableixen com a criteris generals en el disseny de la xarxa:

- ♣ **Flexibilitat:** permetrà cobrir les necessitats actuals i futures de l'Ajuntament, els usuaris residencials i empresarials, i dels Operadors de Telecomunicacions que necessitin xarxa d'accés al Municipi.
- ♣ **Escalabilitat:** Es podran afegir més serveis, donar més ample de banda o afegir noves xarxes municipals.
- ♣ **Seguretat:** La qualitat de servei oferta serà comparable a la dels millors Operadors, per tant caldrà afegir, segons les necessitats i clients, el nivell de seguretat adient.
- ♣ **Preparada per evolucionar:** Si bé es considera que la fibra òptica és la tecnologia bàsica que menys limitacions es preveuen en el futur, es podran incorporar noves tecnologies, si es considera necessari.
- ♣ **Facilitat d'exploració:** Es minimitzarà la instal·lació d'equips actius al carrer i als edificis de clients, intentant que tota la planta externa sigui passiva.
- ♣ **Facilitat de provisió:** Es deixarà la infraestructura fixa de manera que sigui senzill donar d'alta nous clients.

El valor afegit d'una xarxa són els serveis. Amb el mateix principi d'independència i qualitat, s'aplicaran els criteris següents relacionats amb els serveis:

- ♣ La xarxa suportarà els serveis dels operadors que vulguin fer servir la xarxa neutre, es podran donar serveis de veu, dades i vídeo, i fins i tot, la difusió de TV analògica o digital actuals.
- ♣ Es permetrà la coexistència de diferents Operadors i Proveïdors de Servei, oferint els seus propis serveis als usuaris.
- ♣ L'ample de banda inicial, tant per clients residencials com per clients empresarials serà de:
 - 30 Mbps bidireccionals.
 - 100 Mbps bidireccionals.

Aquest ampla de banda es distribuirà inicialment en una demanda de mercat estimada del 90% de serveis de 30 Mbps i de 10% de serveis de 100 Mbps. Es considera que aquesta demanda en el temps evolucionarà de la situació estimada a una on el percentatge de serveis de 100 Mbps augmenti i el de 30 Mbps disminueixi. Les estimacions de demanda anual queden reflectides al capítol del pla de negoci del present document.

- ♣ Les xarxes tradicionals han estat dissenyades pensant que el tràfic dels clients residencials és asimètric (reben molta més informació de la que envien), però s'observa una tendència a la simetria quan l'ample de banda és important. Caldrà tenir en compte aquest aspecte.

El desplegament de la infraestructura d'una xarxa de fibra òptica té un impacte i un cost important. Per tal de minimitzar-los, aplicarem els següents criteris:

- ♣ El desplegament de la xarxa es realitzarà amb una estructura física fixa per la totalitat de la població i tenint en compte infraestructura de reserva i previsions de creixements de la població, per tant no caldrà variar la xarxa tornant a realitzar obra civil. Això implica fer el desplegament fins a l'usuari final des del inici.
- ♣ Aprofitament de la infraestructura existent: s'utilitzaran les canalitzacions i locals existents, sempre que sigui possible.
- ♣ S'intentarà minimitzar l'obra civil i l'impacte de la tecnologia a la ciutat, amb tecnologies de desplegament no agressives tant per al medi ambient com per als veïns del municipi.
- ♣ Hi haurà infraestructura de reserva per ampliacions futures.
- ♣ Es podran suportar arquitectures en estrella i anell.
- ♣ S'arribarà al client final amb una fibra òptica.
- ♣ No es deixarà capacitat addicional de canalització per Operadors de Telecomunicacions, ni cables de fibra òptica dedicats. Es compartirà una única xarxa d'accés de fibra òptica.
- ♣ S'optimitzarà la inversió unitària per client, intentant minimitzar la inversió fixa, tot i considerant que la inversió variable per client ha de ser raonable.

7.2 Selecció de tecnologia

Per aquest projecte s'ha decidit desplegar una xarxa FTTH en front d'altres opcions ja que la iniciativa d'aquest projecte a Centelles és donar un servei complet i sense limitacions sobre fibra òptica fins a l'usuari final.

Dintre de les diferents possibilitats de topologies dintre de les xarxes FTTH, s'ha seleccionat per aquest desplegament una xarxa PmP PON (una xarxa punt multipunt passiva). Els motius d'aquesta decisió són principalment 3:

- ❖ Encara que una xarxa PmP disposa d'un ample de banda inferior al de les xarxes PaP pel fet de compartir les fibres. Això també comporta que tant les inversions com les despeses es redueixen considerablement.
- ❖ A més el número de fibres necessàries per les xarxes PmP és molt inferior al necessari per les xarxes PaP, fet que fa que la gestió d'aquestes fibres sigui molt més complexa en el segon tipus de xarxes.
- ❖ Finalment es considera un desavantatge la necessitat de disposar d'equips actius a carrer, cas de xarxes AON, pel seu elevat cost de manteniment i dificultat en trobar ubicació al domini públic.

Per tot això és considera l'elecció d'una xarxa PmP PON com la millor solució donades les característiques del municipi sota estudi.

Sobre l'elecció de tecnologia, actualment podem escollir entre BPON, GPON o EPON. BPON queda exclosa de la decisió degut a que la taxa de transferència per usuari és molt inferior a la de les altres dues tecnologies.

Pel que fa a l'elecció entre GPON o EPON, com a conclusió de l'estudi comparatiu de tecnologies anteriorment exposat, es pot concloure que la tecnologia més adequada per Centelles és GPON. Els motius pels quals s'ha escollit tecnologia GPON davant de EPON són els següents:

- ❖ GPON permet actualment la possibilitat de tenir velocitats de 2,48 Gbps per l'enllaç de baixada i 1,24 Gbps per l'enllaç de pujada, mentre que EPON només permet velocitats simètriques de 1,25 Gbps.
- ❖ GPON ens permet disposar de control de xarxa.
- ❖ GPON disposa de vídeo RF estandarditzat això fa que sigui possible disposar d'ONTs amb RF integrada mentre que per EPON s'ha d'incloure la capa de vídeo RF com un dispositiu per separat, amb l'augment de costos per usuari que això comporta.
- ❖ Per l'eficiència, que amb GPON és un 20% superior tenint un 92% d'eficiència enfront del 72 % d'eficiència de la tecnologia EPON. Obtenint així amples de banda efectius disponibles de 2.282 Mbps de baixada i 1.141 Mbps de pujada per la tecnologia GPON i 900 Mbps simètrics per la tecnologia EPON.

Pel que respecta al tema de la compartició de la targeta GPON entre diversos clients, s'ha d'escollir entre divisió 1:32 o divisió 1:64. La millor opció pel cas en estudi és 1:32 segons els motius exposats a continuació:

- ♣ Un dels paràmetres tècnics més determinants per a la decisió és l'ample de banda garantit per usuari.

En el cas de la penetració amb la qual podríem estar treballant (al voltant d'un 30%), els amplex de banda serien els següents:

- GPON 1:64: 118,8 Mbps de baixada i 59,4 Mbps de pujada.
- GPON 1:32: 237,7 Mbps de baixada i 118,8 Mbps de pujada.

Si la penetració o la forma d'utilitzar els divisors fes que els ports GPON tendissin a una ocupació del 100%, els amplex de banda garantits baixarien a:

- GPON 1:64: 35,6 Mbps de baixada i 17,8 Mbps de pujada.
- GPON 1:32: 71,3 Mbps de baixada i 35,6 Mbps de pujada.

		Velocitat	BW efectiu/Port	BW/Usuari (Mbps)	
		(Gbps)	(Mbps)	1:32	1:64
Penetració 100%	Baixada	2,48	2281,6	71,30	35,65
	Pujada	1,24	1140,8	35,65	17,825
Penetració 30%	Baixada	2,48	2281,6	237,67	118,83
	Pujada	1,24	1140,8	118,83	59,42
Eficiència		92%			

Taula 16. Amplex de banda GPON segons divisors i penetració

Les dues solucions ens aporten ample de banda suficient com per poder garantir un 20% de tràfic contractat per usuari, que eren 100 Mbps o 30 Mbps ambdós simètrics . Això ens fa necessari poder garantir 20 Mbps i 6 Mbps ambdós simètrics, respectivament. Però si el que es pretén és poder oferir Internet d'alta velocitat i diversos canals de vídeo sobre IP en HDTV, sense tenir problemes de falta d'ample de banda a curt termini. La proposta per aquest projecte és divisors 1:32.

- ♣ A més la tecnologia 1:32 és una tecnologia més madura, per la qual cosa l'electrònica presenta costos inferiors a un desplegament amb 1:64.
- ♣ L'abast del tram de fibra entre OLT i ONT per 1:64 es redueix fins als 12 km mentre que per 1:32 es manté als 20 km.

7.3 Definicions

Es defineixen els següents punts en el disseny de la xarxa:

- ♣ **Node Primari** (1 per tota la xarxa): Serà l'únic punt on hi hagi equipament actiu format per les OLT de la tecnologia GPON i els equips d'interconnexió, bàsicament *routers*. Addicionalment és el punt on els operadors clients podran coubicar-se per oferir serveis sobre la xarxa.
- ♣ **Nodes Secundaris** (1 per sector): està constituït per una sèrie de repartidors de fibra òptica ubicats als centres de transformació de la companyia elèctrica.
- ♣ **Nodes Finals** (per regla general 1 per sector, encara que algun Node Final pot donar servei a més d'un sector, però en comptades excepcions): Hi hauran equips passius de la xarxa de fibra òptica, principalment repartidors òptics i elements de connexionat.
- ♣ **Repartidors finals:** Elements passius a prop dels clients finals. Existeixen dues configuracions bàsiques de repartidors: una configuració de 24 posicions que donarà servei a entre 10 i 24 usuaris i una configuració de 8 posicions que donarà servei a entre 6 i 8 usuaris.
- ♣ **Xarxa distribució:** es defineix com el segment de xarxa que uneix el Node Primari de Centelles amb la xarxa de transport de l'Operador Neutre.
- ♣ **Xarxa troncal:** es defineix com el segment de xarxa que uneix el Node Primari i tots els Nodes Secundaris. La seva topologia sempre és en anell.
- ♣ **Xarxa d'accés:** es defineix com el segment de xarxa que uneix els Nodes Secundaris i els usuaris. Conté dins la seva configuració els elements de node final i de repartidor final. La seva topologia serà per defecte en arbre.

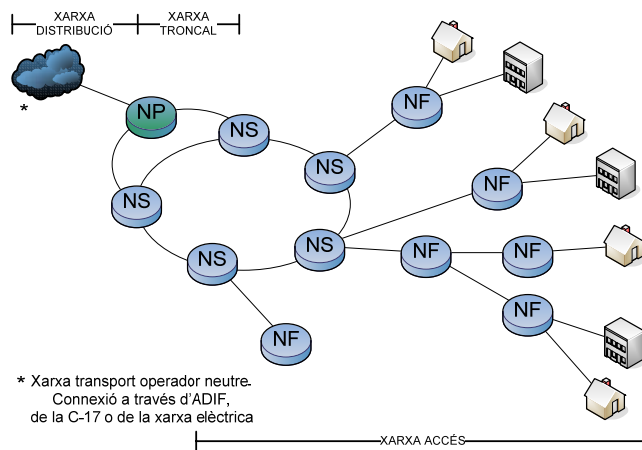


Figura 45. Topologia de xarxa

7.4 Topologia i esquema de xarxa

La xarxa de fibra fins la llar de Centelles té una topologia formada per tres nivells: la xarxa de distribució, la xarxa troncal i la xarxa d'accés.

El primer nivell, la xarxa de distribució, conté el node primari, node únic de la població, que està equipat amb la totalitat d'equipament actiu de telecomunicacions de la xarxa, que proporciona serveis a 4.001 llars i empreses del municipi.

Dins el node primari s'allotgen els equips d'interconnexió amb altres operadors, i els equips que proporcionen connectivitat a la xarxa d'accés, anomenats OLTs. Aquest equips disposen d'una sèrie de ports Gigabit Ethernet orientats cap a la xarxa d'interconnexió i una sèrie de ports GPON orientats cap a la xarxa d'accés que connecta amb els usuaris.

El dimensionat dels equips OLT del node primari està condicionat per l'estructura de la xarxa PON, on un port de la xarxa PON es connecta a 32 potencials clients de la xarxa òptica, segons la relació de divisió 1:32 esmentada al capítol anterior. Degut a les característiques d'aquesta divisió, la simple connexió d'un únic client ja requereix l'activació del port de la OLT.

Si bé aquesta assignació de clients a ports pot ser inferior amb una xarxa amb repartidors intermedis, en aquest projecte i per disposar d'un procés senzill de modelat lògic de xarxa i de provisió de client, es manté una configuració rígida de la planta externa de fibra òptica que faciliti els processos de provisió de xarxa.

La configuració necessària per donar servei a 4.001 llars i empreses és de 4 OLTs, on cadascuna d'elles disposa de 16 targetes amb 2 PONs cada targeta. Cadascuna de les PON disposa de 32 clients potencials, el que dona com a resultat un total de 1.024 clients per OLT. La ubicació de les OLT es realitza al Node Principal de Centelles, juntament amb la primera etapa de divisió òptica, formada pels divisors òptics 1:4, de la xarxa GPON.

L'esmentada etapa de divisió òptica 1:4, estarà constituïda per un total de 128 divisors d'una entrada i 4 sortides.

A l'altre extrem dels divisors òptics s'inicia la xarxa troncal que uneix el node primari amb els nodes secundaris. Aquesta xarxa té configuració d'anell.

Els nodes secundaris, ubicats en centres de transformació de la companyia elèctrica al municipi, segreguen les fibres de la xarxa troncal cap cadascun dels ramals de la xarxa d'accés. El node secundari únicament conté repartidors, elements òptics accessoris (commutadors òptics si s'escau) i elements de fusió de fibres òptiques.

A partir del node secundari, s'inicia la xarxa de fibra òptica d'accés la qual té configuració en arbre fins a l'usuari final. Aquesta xarxa d'accés disposa d'una sèrie de

repartidors finals d'usuari, ubicats propers a les llars, on es troba ubicada la segona etapa de divisió formada per divisors de 1:8.

Aquesta segona etapa de divisió 1:8 estarà connectada directament a una de les etapes de divisió 1:4, ubicades al Node Primari i definides anteriorment.

Cada sortida de cada divisor 1:8 es connectarà a un client en el moment de l'alta d'aquest, mitjançant un cable de fibra òptica d'escomesa. A la llar de cada client es col·locarà l'equip terminal de la xarxa GPON, anomenat equip terminal d'usuari (en endavant ONT).

En el diagrama següent es pot observar l'esquema lògic de la xarxa:

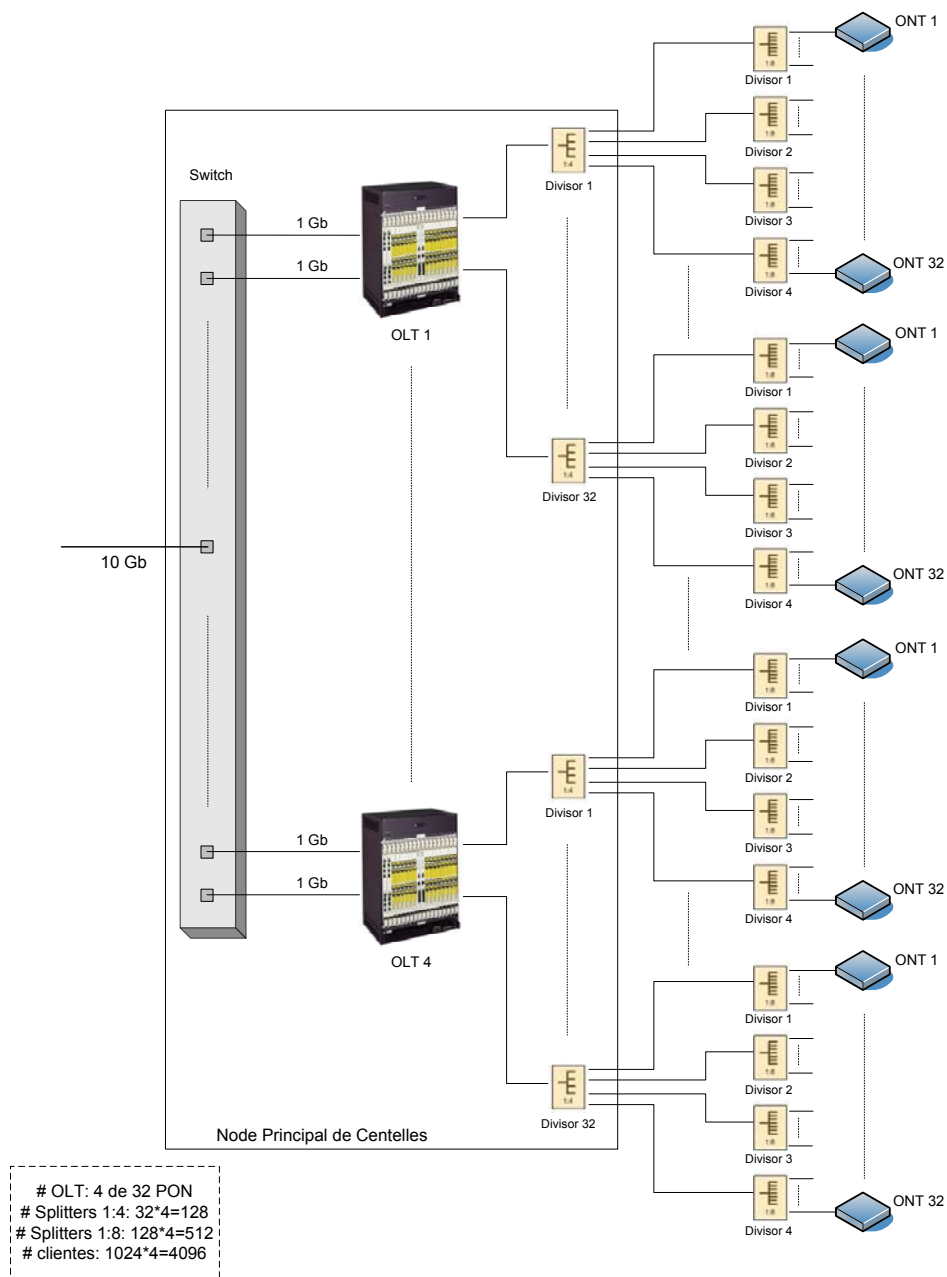


Figura 46. Esquema lògic de la xarxa de Centelles

7.5 Arquitectura

La implantació de la topologia de xarxa a Centelles requereix la ubicació de la totalitat d'elements sobre les característiques específiques del territori.

7.5.1 Node Primari

El municipi de Centelles disposarà d'un Node Primari. Aquest node es proposa ubicar-lo a un edifici municipal, i en concret a l'antiga seu de Correus del municipi.

El Node Primari disposarà d'una superfície mínima de cent metres quadrats i contindrà els elements següents:

- ♣ Equipament actiu de la xarxa, format per equips d'interconnexió, equips GPON (OLTs) i equipament de gestió de xarxa i entorn.
- ♣ Una zona dedicada a la coubicació d'equipaments d'operadors de telecomunicacions o companyies de continguts que utilitzin la xarxa per la prestació dels seus serveis.
- ♣ Sistemes repartidors per l'administració de fibra òptica i ubicació de repartidors òptics.
- ♣ Sistemes d'energia i gestió d'entorn.
- ♣ El centre local de gestió i operació de la xarxa.

L'estructura del node primari tindrà una configuració com mostra la figura següent:

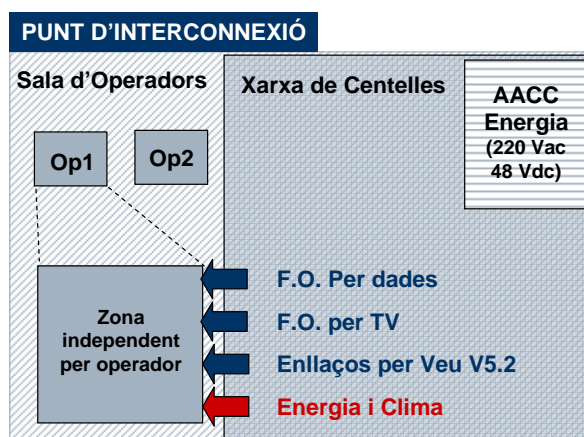


Figura 47. Distribució interna del local

7.5.2 Xarxa de distribució

La xarxa de distribució s'estén entre el Node Primari i les infraestructures de fibra òptica que travessen el municipi i que poden ser utilitzades per operadors per interconnectar-se al node primari de la xarxa de Centelles.

En l'actualitat existeixen tres infraestructures potencials que poden suportar la fibra òptica. Aquestes són:

- ❖ **Infraestructura d'ADIF**, mitjançant la fibra òptica actualment instal·lada i en servei des de Barcelona fins a VIC, i que travessa el municipi.
- ❖ **L'autovia C-17**, que si bé en l'actualitat no disposa de fibra òptica, pot incorporar-la en el futur, com succeeix amb altres autovies a Catalunya, infraestructura de fibra òptica pel control del trànsit.
- ❖ **Xarxa elèctrica**: la companyia elèctrica municipal disposa d'una central transformadora on arriben les xarxes d'alta tensió, les quals poden incorporar infraestructures de fibra òptica.

De totes aquestes infraestructures, la que actualment està present i funcionant és la fibra òptica que utilitza el suport d'ADIF. Per tal de facilitar l'arribada dels Operadors de Serveis a la xarxa s'han previst les següents alternatives d'interconnexió sobre l'esmentada infraestructura:

- ❖ **Estesa de fibra òptica fins a l'estació del ferrocarril**: facilitarà l'arribada d'aquells operadors que ja disposin o hagin llogat d'infraestructura de fibra òptica a l'operadora ADIF.
- ❖ **Contractació d'un circuit de transport fins a Barcelona**: en el cas que els operadors no considerin l'arribada amb fibra òptica fins a Centelles, es contractarà a ADIF, o a un dels operadors que utilitza actualment la infraestructura d'ADIF, un circuit de transport fins a un carrier house on hagi la majoria d'operadors de serveis per tal de facilitar l'intercanvi del tràfic i atreure major volum d'operadors de serveis.

L'estesa de la xarxa de distribució al municipi es mostra a la figura següent:



Figura 48. Desplegament de la xarxa de distribució

En una fase posterior, quan el projecte de l'Operador Neutre de la Generalitat de Catalunya arribi a les demarcacions del municipi, es preveu la seva connexió amb el node primari per tal de garantir:

- Una doble connexió del node primari de Centelles amb Carrier House a través d'aquest operador neutre i reduir la dependència d'un únic punt de fallida en l'arribada dels operadors de serveis.
- Afavorir la competència entre els proveïdors d'infraestructures en les demarcacions del municipi.

7.5.3 Implantació de la xarxa troncal i d'accés a Centelles: la xarxa de l'operador elèctric

Per tal de minimitzar les inversions i l'impacte en el domini públic, s'ha dissenyat la xarxa troncal i d'accés de fibra òptica adaptant-se a l'estructura existent de la companyia elèctrica municipal. Aquesta xarxa, disposa d'un esquema de connexions entre centres de transformació (CT) que podem veure a la figura següent:

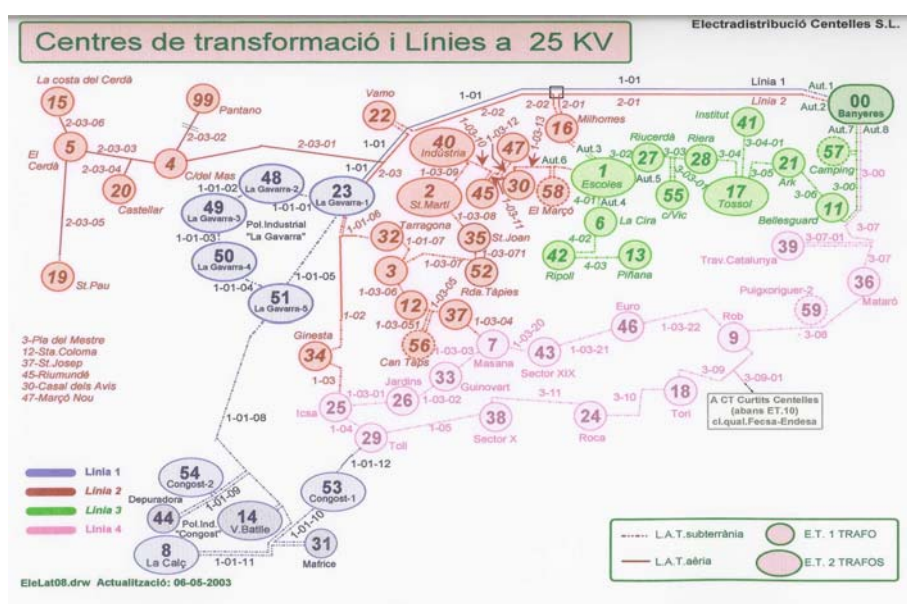


Figura 49. Esquema de la xarxa de MT amb els CT i la interconnexió entre ells

Del total de centres de transformació dels que disposa la companyia elèctrica municipal, en el procés de disseny de la xarxa FTTH s'han analitzat la viabilitat de la totalitat, i finalment han estat incorporats al disseny final un total de 38.

Aquests 38 centres de transformació ubicats sobre el mapa del municipi, presenten una distribució que segueix la mateixa pauta que la densitat de població del municipi. Es per això que podem trobar dues tipologies de xarxa. Una primera topologia en forma d'anell que correspon a la xarxa troncal i una segona tipologia en forma d'arbre que correspon a la xarxa d'accés.

La xarxa troncal està formada per un total de 13 centres de transformació que es connecten entre si mitjançant canalització existent. El node primari es connectarà a l'anell de centres de transformació mitjançant 2 camins, per tal de donar seguretat a aquesta part de la xarxa, ja que és un punt important de la mateixa. Disposant de dues

sortides del node es pot evitar la pèrdua completa del servei en cas d'averia o accident en una d'elles i a més com que es disposarà de fibres sobrants, es podrien redirigir els serveis caiguts per aquestes fibres disponibles.

Les connexions entre els 13 centres de transformació s'estableix mitjançant uns enllaços de fibra òptica, al igual que entre el node primari i els 2 CT adjacents al mateix.

D'aquest 13 centres de transformació ubicats a la xarxa troncal, 10 seran nodes secundaris i donaran serveis als nodes finals. Els 3 centres transformadors restants que formen part de l'anell de xarxa troncal seran únicament nodes de pas de la xarxa troncal i no donaran servei a altres nodes ni clients. En aquest projecte són d'interès per tancar l'anell amb la infraestructura existent.

Els 25 centres de transformació restants formaran part de la xarxa d'accés i quedaran connectats a la xarxa troncal mitjançant els 10 nodes secundaris.

A la següent figura es detalla la xarxa troncal i els 13 centres de transformació que la constitueixen.

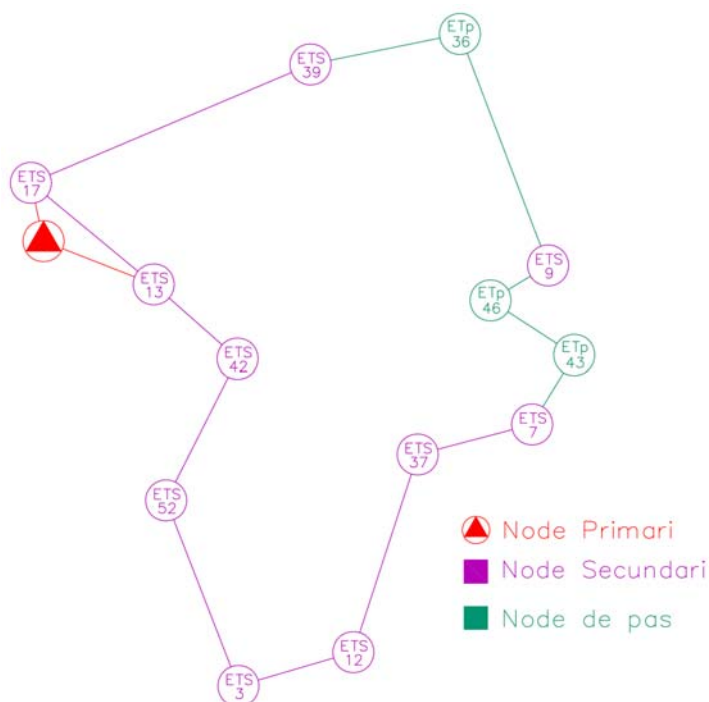


Figura 50. Xarxa troncal

La distribució dels centres de transformació al municipi no és uniforme. Aquesta distribució es correspon directament amb la densitat de població al municipi. La zona Oest del municipi està més densament poblada que no pas la zona Est. Aquesta alta densitat de llars, provoca en algunes àrees, que el número de centres de transformació no sigui suficient per al desplegament de la xarxa d'accés de fibra òptica. Per solucionar aquest problema s'han adoptat dos alternatives:

- Utilitzar algun dels centres de transformació per donar servei a un nombre superior de llars.
- Construir algunes arquetes dobles de 70 x 140 cm, les quals allotjaran els elements de fusió necessaris per al desplegament de la xarxa d'accés. Les arquetes s'uniran a l'anell troncal mitjançant enllaços de fibra òptica.

A la figura següent es detalla la distribució de centres de transformació sobre el mapa del municipi i com es desplega la xarxa d'accés.

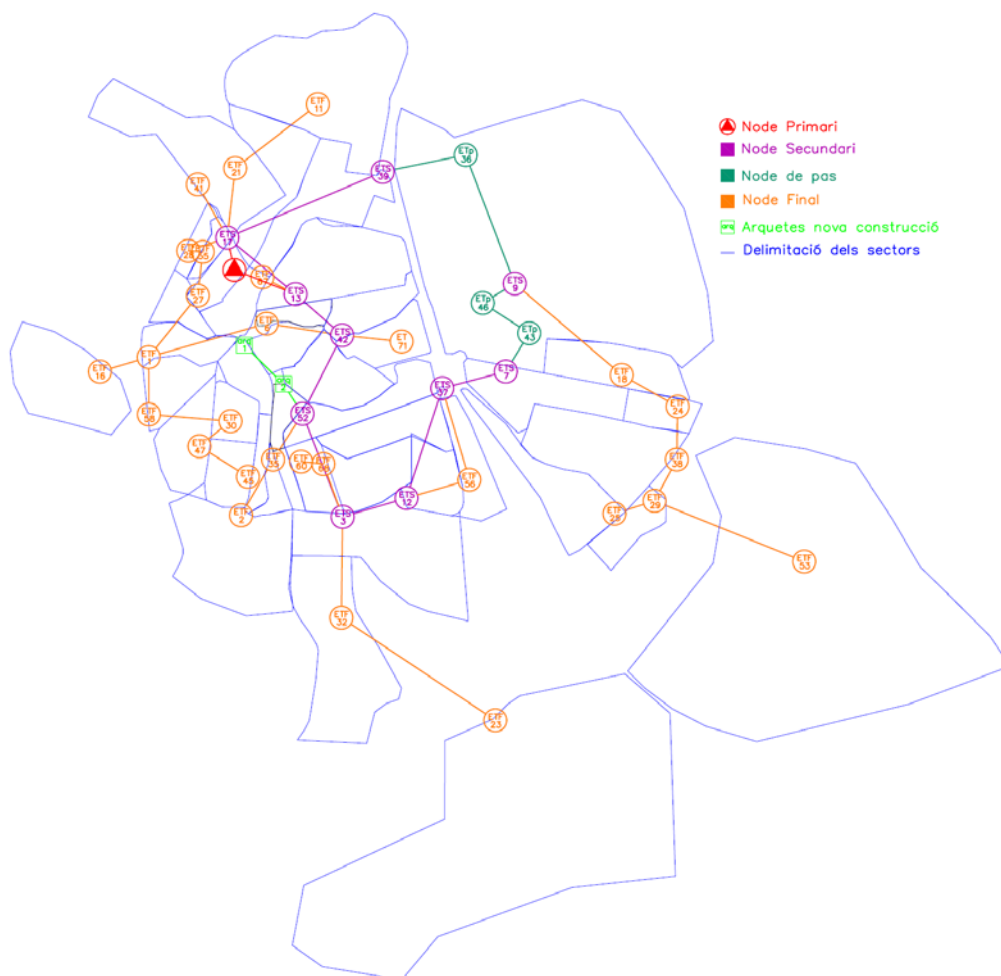


Figura 51. Distribució de centres de transformació al municipi i xarxa d'accés

7.5.4 Xarxa d'accés: zonificació

El desplegament de la xarxa d'accés de fibra òptica requereix la zonificació del municipi en zones d'actuació. Aquesta zonificació, requereix l'anàlisi previ de la geografia del municipi, els carrers, les construccions de les ciutats, i la distribució de les llars que hi ha a Centelles, entenent per llar: casa, apartament, local o oficina, amb l'objectiu de realitzar una zonificació correcta del municipi.

Els criteris emprats per la zonificació del municipi han estat:

- ♣ Minimitzar la obra civil: Adaptant-se a la xarxa ja disponible de la empresa elèctrica municipal i evitant, en la mesura del possible, nova construcció de locals, d'arquetes o canalització.
- ♣ Adaptació a la geografia de la ciutat: La zonificació s'ha realitzat evitant tallar o afectar les vies principals de la ciutat, evitant creuar rius i rieres.

La unitat de mesura bàsica utilitzada per realitzar una zonificació adequada del municipi per tal de poder aprofitar al màxim les fibres desplegades i el nombre de repartidors finals, es denomina **sector**. Un sector compren un conjunt d'unes 100 llars, les quals generalment són de la mateixa tipologia constructiva (indústries, llars unides, llars aïllades o llars semiaïllades). Aquestes tipologies es caracteritzen de la forma següent:

- ♣ **Llars unides:** en aquest tipus de sector la majoria de les llars es troben en edificis que estan units entre ells per façana.
- ♣ **Llars semiaïllades:** en aquest sector les llars o es troben unides de dos en dos amb petits jardins o unides per façana però amb discontinuïtats.
- ♣ **Llars aïllades:** en aquest sector les llars són completament aïllades, són cases amb jardí.
- ♣ **Industrial:** es tracta de sectors industrials on tot són indústries, oficines i locals. Aquest sector té requeriments superiors als de la resta, per tant el desplegament de la xarxa sobre aquests sectors serà sota demanda prèvia.

Aquest conjunt de 100 llars es troben en una zona geogràfica delimitada, per tal que un sector tingui una continuïtat dintre del municipi.

El fet de que un sector tingui 100 llars es resultat del procés de disseny de la xarxa de fibra òptica fins la llar, el qual resta condicionat especialment als requeriments de viabilitat operativa de la xarxa.

La necessitat de realitzar esteses per façana i el requeriment per la intensiva segregació de fibres òptiques per a connectar les llars, ens condiciona a la utilització de cables flexibles i de baix impacte visual amb un total de 16 fibres òptiques. Amb un cable de 16 fibres òptiques es pot arribar a donar servei a un màxim de 16 divisors 1:8, que a la vegada, poden donar servei a un màxim teòric de 128 llars.

Donat que l'agrupació de les llars dintre d'un sector no sempre es pot realitzar en múltiples de 8, l'aprofitament d'aquestes fibres no es pot fer al 100%, és per això que s'escull una agrupació de 100 llars i no de 128 llars, com a nombre bàsic de mesura d'un sector.

Finalment, i com veurem una mica més endavant en la Taula 17. Descripció dels sectors, el número de llars dels sectors varia de 44 a 119 llars i en mitja fan 91 llars, aproximat al valor teòric de 100 llars i mai superant el valor màxim de 128 llars.

7.5.4.1 Sectors

El nombre de llars al municipi de Centelles és de 4.001. Aquestes llars es distribueixen en el present projecte en 44 sectors de 91 llars en mitja. D'aquests 44 sectors, un 7% són sectors industrials, un altre 7% són sectors amb tipologia edificativa de llar aïllada, un 43% són sectors del tipus edificatiu de llar semiaïllada i un altre 43% són sectors de tipologia edificativa de llar unida.

A continuació es mostra una taula amb les dades generals de cada sector. Aquesta taula conté els camps següents:

- ♣ Tipus de sector: respon a cadascuna de les tipologies edificatives esmentades anteriorment.
- ♣ Nombre de llars per sector: variable de 44 a 119 llars i amb una mitja de 91 llars.
- ♣ CT associat: Centre de transformació associat a cada sector.
- ♣ Divisors: Quantitat de divisors òptics 1:8 necessaris que formen la segona etapa de divisió.
- ♣ FO per sector: és la quantitat de fibres òptiques necessàries que s'assignen a cada sector per donar servei als clients finals.
- ♣ FO fins CT: és la quantitat de fibres òptiques necessàries que arriben a cada centre transformador per poder donar servei als sector que pengen d'aquest centre.

Tipus de sector	Sector	Nombre de llars	CT associat	Divisors	FO per sector	FO fins CT
Industrial	1	71	23	10	16	16
Llars aïllades	2	111	32	16	16	32
Industrial	3	61	53	9	16	16
Llars unides	4	99	29	14	16	48
Llars semiaïllades	5	68	25	11	16	16
Llars unides	6	113	38	16	16	64
Llars unides	7	107	24	16	16	80
Llars semiaïllades	8	87	7	15	16	168
Llars semiaïllades	9	110	18	18	24	104
Industrial	10	84	9	12	16	288
Llars aïllades	11	101	3	14	16	96
Llars unides	12	103	2	15	16	16
Llars unides	13	98	56	14	16	16
Llars unides	14	109	12	16	16	112
Llars unides	15	118	68	17	24	48
Llars semiaïllades	16	105	37	17	24	152
Llars semiaïllades	17	110	52	18	24	136
Llars unides	18	119	60	17	24	24
Llars unides	19	70	35	10	16	16
Llars unides	20	95	35	14	16	16
Llars unides	21	85	35	12	16	32
Llars unides	22	83	arq 1	12	16	16
Llars semiaïllades	23	96	45	16	16	16
Llars unides	24	107	30	16	16	48
Llars semiaïllades	25	85	47	14	16	32
Llars semiaïllades	26	79	58	13	16	64
Llars semiaïllades	27	97	1	16	16	136
Llars unides	28	86	arq 2	13	16	16
Llars semiaïllades	29	63	42	11	16	328

Tipus de sector	Sector	Nombre de llars	CT associat	Divisors	FO per sector	FO fins CT
Llars semiaïllades	30	56	71	10	16	16
Llars unides	31	75	42	11	16	328
Llars unides	32	99	arq 2	14	16	32
Llars semiaïllades	33	46	6	8	8	144
Llars unides	34	110	13	16	16	360
Llars semiaïllades	35	89	67	15	16	16
Llars unides	36	79	27	12	16	48
Llars unides	37	116	17	17	24	392
Llars semiaïllades	38	80	55	13	16	32
Llars semiaïllades	39	79	28	13	16	16
Llars semiaïllades	40	107	41	18	24	24
Llars semiaïllades	41	97	21	16	16	32
Llars semiaïllades	42	103	39	17	24	312
Llars aïllades	43	101	11	14	16	16
Llars semiaïllades	44	44	16	8	8	8
Llars totals	4001			614	752	
Mitja llars per sector	91					

Taula 17. Descripció dels sectors

A la taula anterior es pot veure el nombre de fibres òptiques necessàries per sector, com també el nombre de fibres òptiques que arriben a cada centre de transformació per tal de poder donar servei a totes les llars i empreses del municipi.

En els gràfics següents es pot observar la relació entre la topologia lògica de la xarxa i l'estructura de la xarxa sobre el municipi amb la ubicació física dels centres de transformació. Es mostra el nombre de fibres òptiques necessàries, per formar la xarxa troncal, per cada tram entre dos centres de transformació. "R" indica que aquest tram quedaria com un tram de reserva per poder fer camins redundants. Es pot veure com es reparteixen les fibres òptiques des del node primari per les seves dues sortides i com recorren per la xarxa troncal.

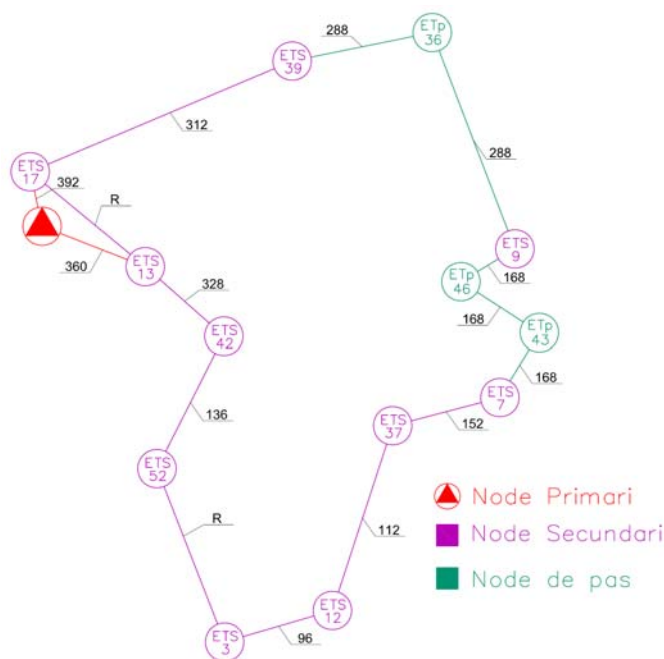


Figura 52. Xarxa troncal amb distribució de fibres òptiques

El següent gràfic mostra tant la xarxa troncal com la xarxa d'accés amb el nombre de fibres òptiques necessàries a cada tram. Es pot observar el camí que seguiran les fibres òptiques des del node fins a l'últim CT de cada ramal. Les fibres que arriben a l'últim centre de transformació de cada ramal (es a dir, el CT que dona servei en aquell sector), discorren pels carrer d'aquell sector fins arribar als divisors 1:8 que es troben als repartidors finals d'usuari i d'allà cadascuna de les sortides del divisor 1:8 farà arribar una fibra òptica a cada usuari final.

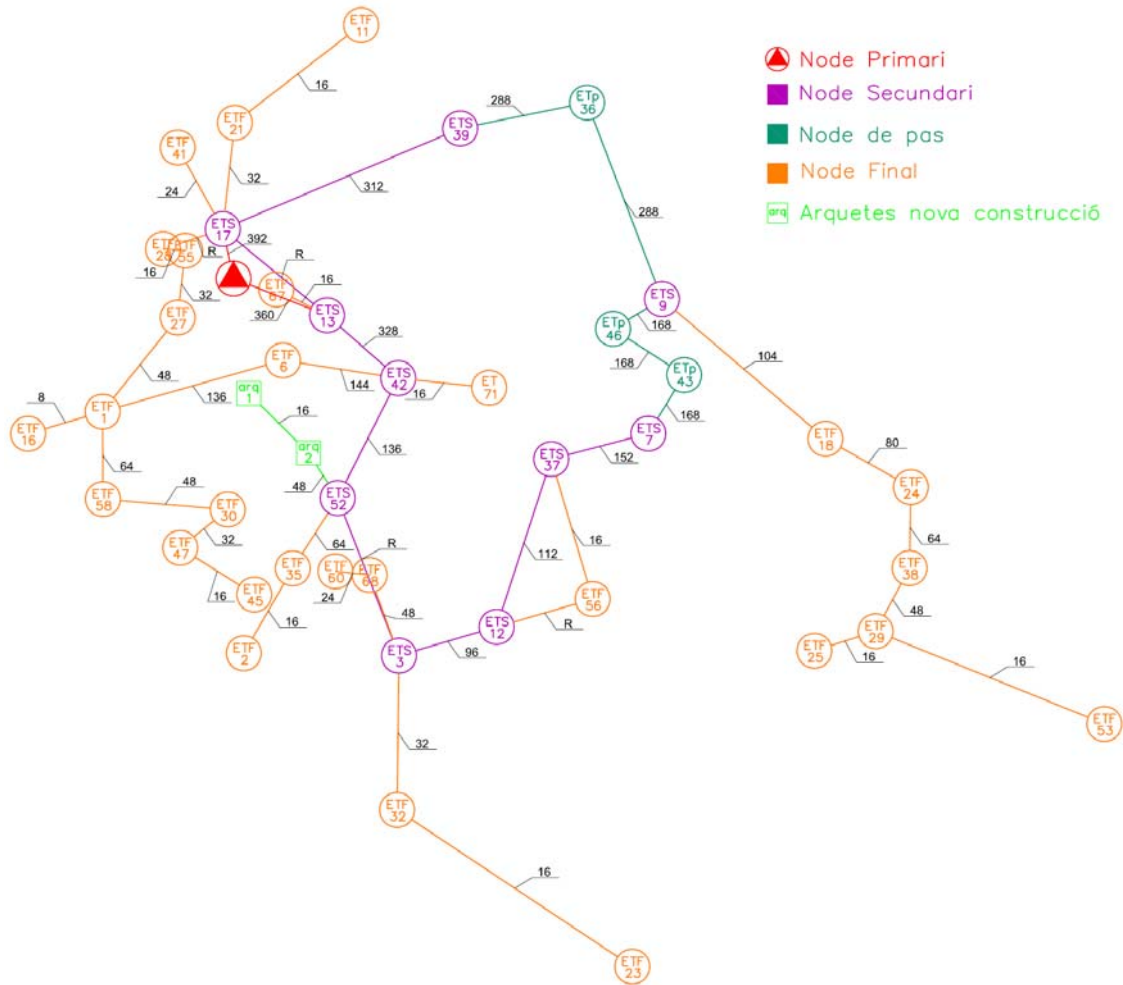


Figura 53. Xarxa troncal i d'accés amb distribució de fibres òptiques

L'elecció del tipus de mànega de fibra òptica (el nombre de fibres òptiques de la mànega) que discorrerà entre centres de transformació queda pendent d'elecció a fer durant l'elaboració del projecte constructiu. L'elecció depèn de pressupost (tant del cost del cable com de les fusions a realitzar), de l'estoc que es vulgui tenir de diferents tipus de mànegues, de la distància a recórrer pels cables de fibra òptica, de la quantitat de fibres que es volen deixar com a reserva, etc. La recomanació és que només s'utilitzin 2 o 3 tipus de mànegues diferents, però caldrà fer un estudi exhaustiu del desplegament per tal de trobar la millor opció.

Pel que fa als 44 sectors existents, la seva distribució sobre la geografia del municipi es pot observar a la figura següent:

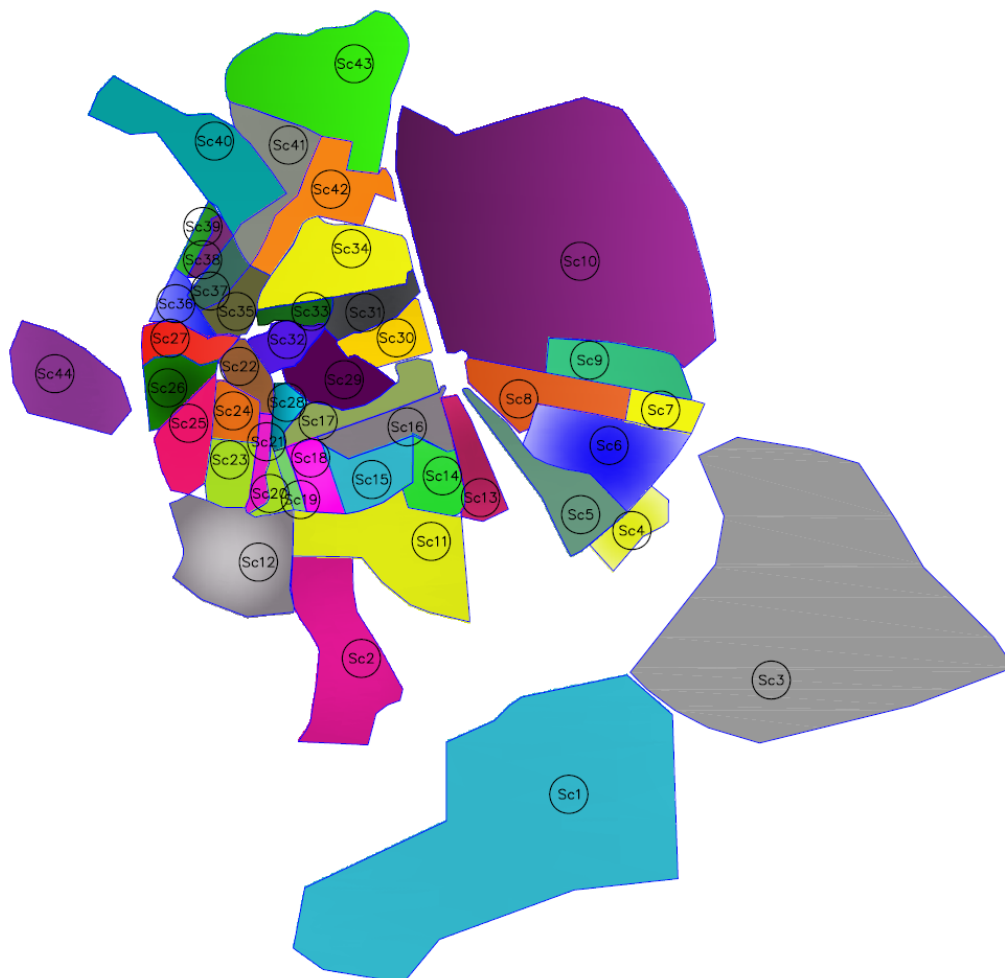


Figura 54. Sectorització del municipi de Centelles

Els 44 sectors es diferencien segons la tipologia edificativa existent al municipi. Segons s'ha vist a la zonificació descrita anteriorment es pot veure que existeix un predomini de sectors amb tipologies edificatives de llars unides i de llars semiaïllades, mentre que els sectors de llars aïllades i industrial es troben minoritàriament.

Cada tipologia genera unes inversions diferents en el desplegament de xarxa, però són precisament les dues topologies dominants al municipi les que presenten unes inversions inferiors. És per això que es considera viable el desplegament de FTTH al municipi de Centelles.

La següent figura mostra aquesta distribució de sectors segons el tipus d'edificació, on a cadascuna de les tipologies li ha estat assignada un color específic:

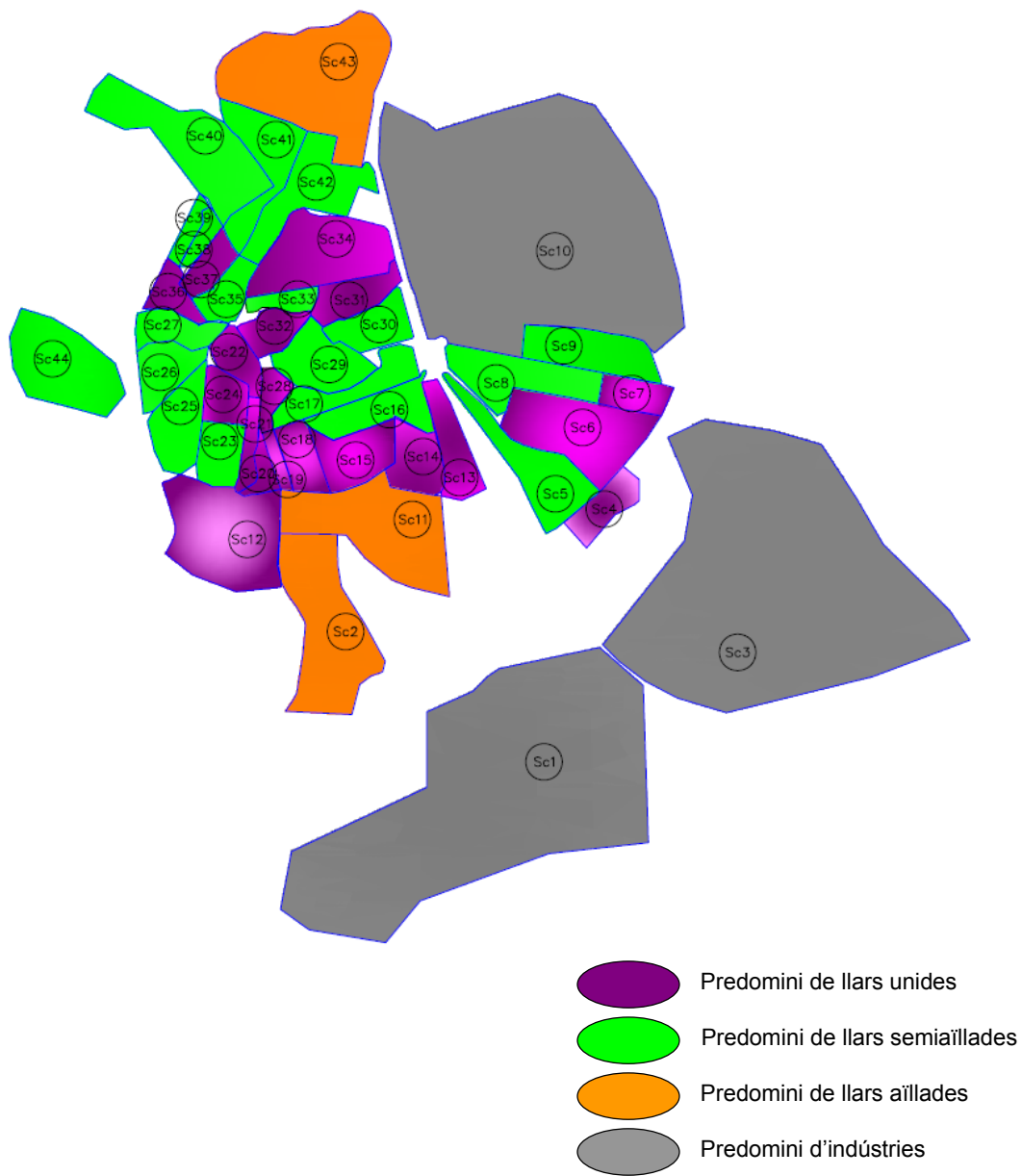


Figura 55. Tipologia de sector

7.5.4.2 Tipologies de sector tipus

A les següents figures es pot veure uns exemples de la distribució de les llars segons la topologia del municipi dintre dels diferents sectors tipus que es poden trobar a Centelles.

Sector de llars unides

Aquest tipus de sector amb llars majoritàriament unides per façana té un cost mig de desplegament de 10.702 €. Recordem que aquest tipus de sector es troba en un 43% del municipi de Centelles.



Figura 56. Sector de llars unides

Sector de llars semiaïllades

Aquest tipus de sector amb llars unides per façana amb discontinuïtats o bé aparellades amb petits jardins s'ha comptat un cost mig de desplegament de 77.646 €. Aquest sector té 2 opcions de desplegament: canalització soterrada amb un cost mig de 77.646 €, o bé, desplegament aeri amb un cost mig de 21.298 €. En aquest projecte s'ha contemplat la pitjor opció, pel que fa a costos, el desplegament amb canalització soterrada. Recordem que aquest tipus de sector es troba també en un 43% del municipi de Centelles.

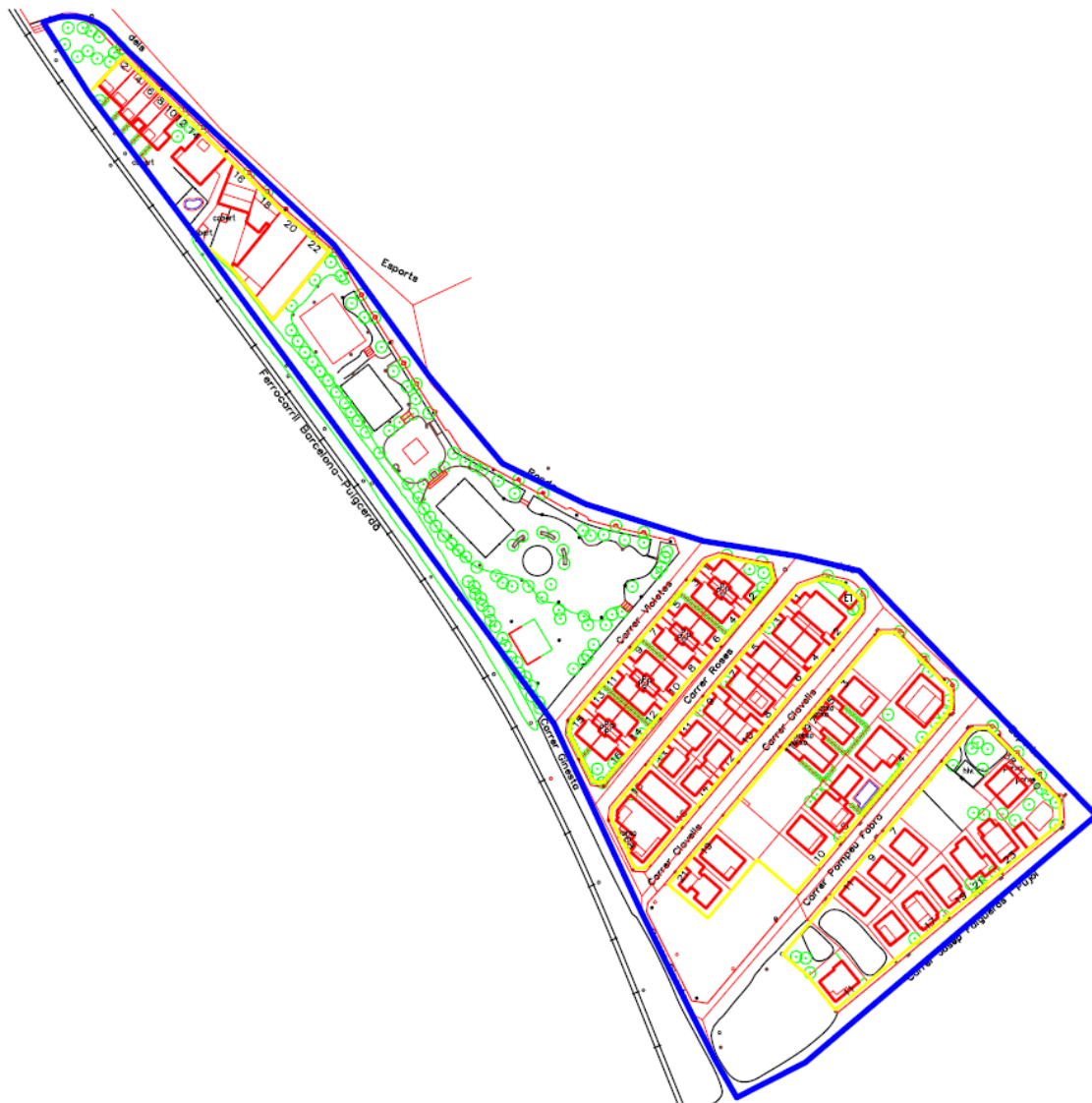


Figura 57. Sector de llars semiaïllades

Sector de llars aïllades

Aquest tipus de sector amb llars completament aïllades (llars amb jardí) té un cost mig de desplegament de 116.354 €. Recordem que aquest tipus de sector es troba en un 7% del municipi de Centelles. Encara que el cost de desplegament d'aquests tipus de sector sigui molt superior als costos de les dues tipologies anteriors, en el present projecte es contempla el desplegament al 100% d'aquests 3 sectors, ja que són sectors de tipus residencial i els requeriments tècnics no són diferents als de la resta de sectors del municipi.

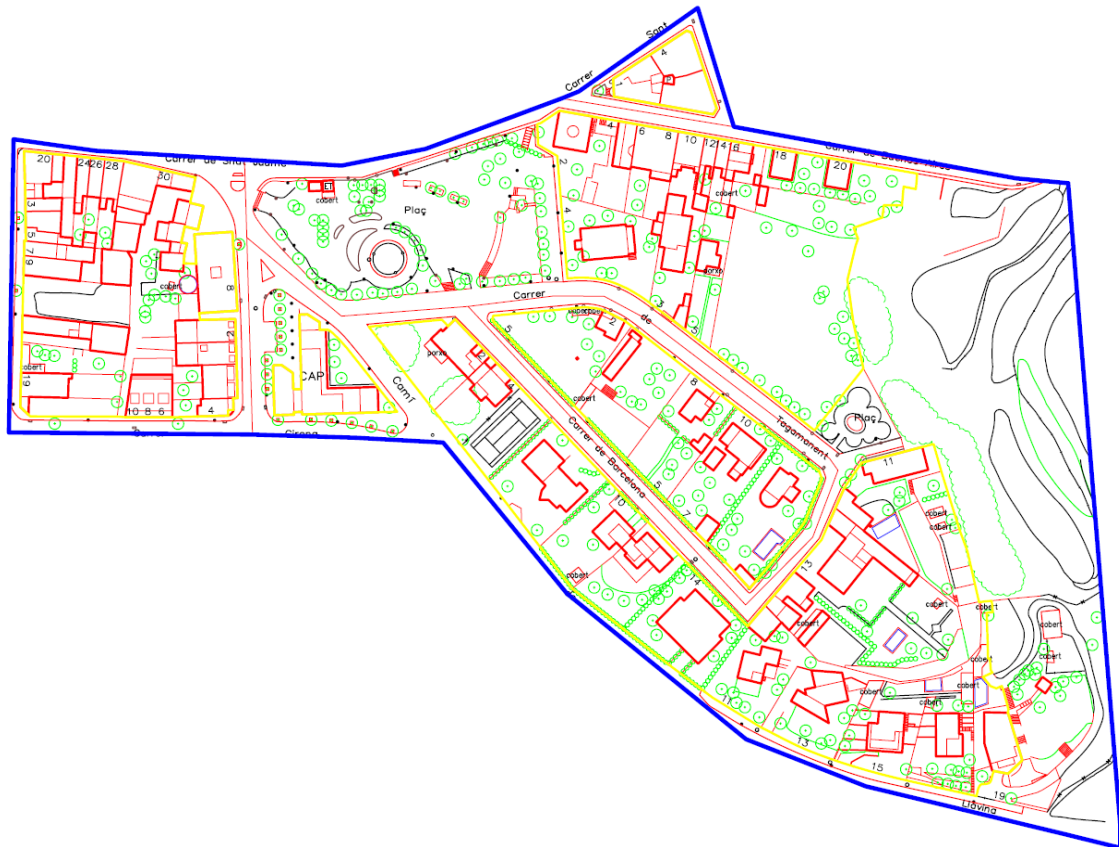


Figura 58. Sector de llars aïllades

Sector industrial

Aquest tipus de sector amb indústries, oficines i locals té un cost mig de desplegament de 151.687 €. Recordem que aquest tipus de sector es troba en un 7% del municipi de Centelles. Els requeriments tècnics d'aquests 3 sectors són superiors als de la resta de sectors del municipi i el cost de desplegament també és molt superior. Per tant, el desplegament de la xarxa sobre aquest sector es farà sota petició dels clients a connectar.

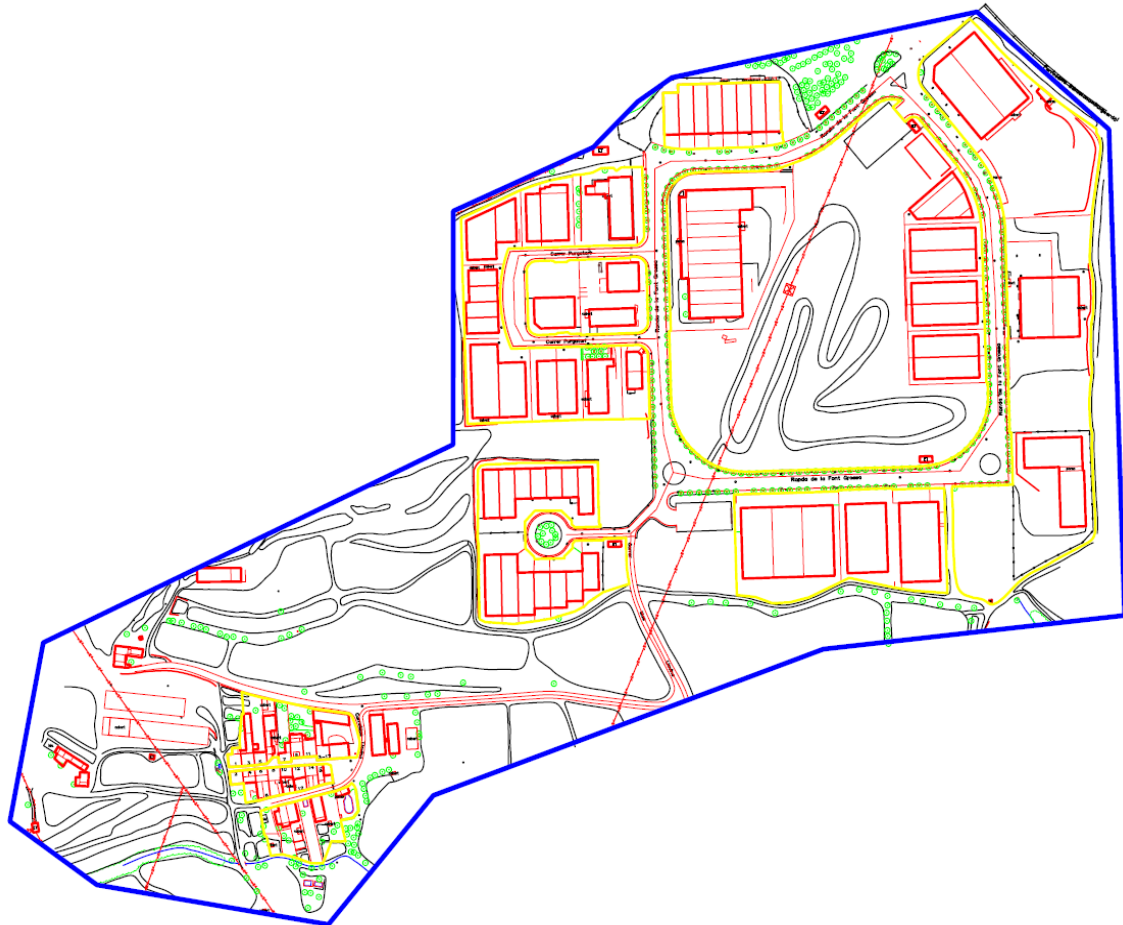


Figura 59. Sector industrial

7.5.4.3 Criteris de disseny per la xarxa d'accés

L'agrupació d'estructures edificatives per la configuració dels sectors s'ha realitzat tenint en compte la minimització de l'impacte al domini públic i privat. Com que el pas dels cables pel domini privat comporta problemes d'instal·lació, es prioritza en el disseny de xarxa que aquesta ha de discórrer pels següents nivells:

- ♣ **Pel subsòl:** desenvolupament de canalització subterrània, en la que es col·locaran els conductes per allotjar el cablejat. Aquest desenvolupament es realitzarà majoritàriament en el cas de sector de llars semiaïllades o aïllades. Es prioritza l'ús d'infraestructures existents (xarxa elèctrica, canalització de l'Ajuntament, enllumenat, etc).
- ♣ **Per les façanes:** el cablejat i els equips necessaris es fixen a les façanes amb els mitjans adequats (grapes, tacs...) Generalment el cablejat discorre al costat del d'altres serveis existents (companyies telefòniques,...). S'utilitzarà en els sectors de llars unides.
- ♣ **Aèria:** mitjançant la utilització de postes existents de la companyia elèctrica. Aquesta infraestructura s'utilitzarà en casos concrets de creuament de carrer i sectors de llars aïllades o semiaïllades on ja existeixin desplegaments de cables d'aquest tipus per altres operadors.

Tot l'equipament actiu s'instal·larà al Node Primari en un local adaptat per aquesta funció. La resta d'equips passius estaran ubicats als centres de transformació de l'elèctrica municipal i en algun cas en arquetes de nova construcció o a les façanes dels edificis, a l'interior dels repartidors finals d'usuari.

L'accés a l'interior de cada un dels habitatges es realitza, en la majoria dels casos, directament des de la façana, o en cas de que disposin d'Infraestructures Comuns de Telecomunicacions (ICT), es farà mitjançant aquestes.

7.5.5 Criteris de disseny per la ubicació de repartidors final d'usuari

Les consideracions bàsiques a tenir en compte a l'hora d'ubicar els repartidors finals d'usuari són:

- ♣ Els repartidors de fibra òptica de cada sector han d'estar el més proper possible a les verticals amb major número de clients.
- ♣ En edificis de façana continua, la longitud del cable d'usuari no ha de superar els 40 m, sent possible arribar a 60 m en casos particulars que es justifiquin pel fet d'haver d'ajustar el número de caixes d'usuari.
- ♣ Per les llars aïllades, la longitud de l'escomesa d'usuari serà d'un màxim de 100 m, sent possible arribar a 150 m en casos particulars.
- ♣ Els usuaris d'una mateixa vertical se'ls donarà servei des del mateix repartidor. Només en casos de limitació del número de fibres disponibles per donar servei al 100% del sector, serà possible donar servei als locals o llars de planta baixa d'una

mateixa vertical des d'un repartidor diferent al que dona servei a la resta de les llars de la vertical. Això és possible ja que moltes vegades l'escomesa cap a planta baixa no es troba en la mateixa vertical que la de la resta de llars, per tant, l'alta d'usuari es pot fer des d'un altre repartidor pròxim a aquestes llars o locals.

- ♣ Els cables d'usuari no es podran desplegar en creuaments aeris ni canalitzats, excepte en sectors de llars aïllades. Serà possible donar altes de forma aèria en petites agrupacions de llars, no superiors a 8, que siguin final de línia i a les que ja s'estigui donant servei mitjançant cable aeri per altres companyies.
- ♣ Els edificis amb ICT no compartiran la caixa d'usuari amb cap altre número de carrer excepte si l'accés es comú a dos edificis.
- ♣ Preferentment, les ubicacions de les caixes d'usuari faciliten l'entrada del cable directament al saló, per això el recorregut de la fibra d'usuari es farà per les façanes dels salons.
- ♣ Les caixes a instal·lar seran preferentment de 8 o 24 usuaris. Les de 8 usuaris seran terminacions de cables i per donar servei fins a 8 clients. Les de 24 seran per més de 8 clients i pels casos on la caixa sigui de pas, es a dir, que el cable de 16 fibra òptica segregui algunes fibres en la caixa i la resta de fibres continuï pel sector cap al següent repartidor final d'usuari.
- ♣ Degut a la distribució física de les llars sobre la sectorització realitzada a Centelles, existeixin alguns divisors que hauran de ser compartits per 2 sectors adjacents. Això es realitzarà per tal de poder optimitzar el número de ports GPON de les OLT que cal adquirir per donar servei al municipi de Centelles. A la taula següent podem veure com quedarien repartits els ports OLT en els diferents sector i els seus divisors òptics associats.

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
1	1	1	1	1
1	1	1	1	2
1	1	1	1	3
1	1	1	1	4
1	2	1	2	1
1	2	1	2	2
1	2	1	2	3
1	2	1	2	4
1	3	1	3	1
1	3	2	3	2
1	3	2	3	3
1	3	2	3	4
1	4	2	4	1
1	4	2	4	2
1	4	2	4	3
1	4	2	4	4
1	5	2	5	1
1	5	2	5	2
1	5	2	5	3
1	5	2	5	4
1	6	2	6	1
1	6	2	6	2
1	6	2	6	3
1	6	3	6	4
1	7	3	7	1

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
1	7	3	7	2
1	7	3	7	3
1	7	3	7	4
1	8	3	8	1
1	8	3	8	2
1	8	3	8	3
1	8	4	8	4
1	9	4	9	1
1	9	4	9	2
1	9	4	9	3
1	9	4	9	4
1	10	4	10	1
1	10	4	10	2
1	10	4	10	3
1	10	4	10	4
1	11	4	11	1
1	11	4	11	2
1	11	4	11	3
1	11	4/5	11	4
1	12	5	12	1
1	12	5	12	2
1	12	5	12	3
1	12	5	12	4
1	13	5	13	1
1	13	5	13	2
1	13	5	13	3
1	13	5	13	4
1	14	6	14	1
1	14	6	14	2
1	14	6	14	3
1	14	6	14	4
1	15	6	15	1
1	15	6	15	2
1	15	6	15	3
1	15	6	15	4
1	16	6	16	1
1	16	6	16	2
1	16	6	16	3
1	16	6	16	4
1	17	6	17	1
1	17	6	17	2
1	17	6/7	17	3
1	17	7	17	4
1	18	7	18	1
1	18	7	18	2
1	18	7	18	3
1	18	7	18	4
1	19	7	19	1
1	19	7	19	2
1	19	7	19	3
1	19	7	19	4
1	20	7	20	1
1	20	7	20	2
1	20	7	20	3
1	20	7/8	20	4
1	21	8	21	1
1	21	8	21	2
1	21	8	21	3
1	21	8	21	4

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
1	22	8	22	1
1	22	8	22	2
1	22	8	22	3
1	22	8	22	4
1	23	8	23	1
1	23	8	23	2
1	23	8/9	23	3
1	23	9	23	4
1	24	9	24	1
1	24	9	24	2
1	24	9	24	3
1	24	9	24	4
1	25	9	25	1
1	25	9	25	2
1	25	9	25	3
1	25	9	25	4
1	26	9	26	1
1	26	9	26	2
1	26	9	26	3
1	26	9	26	4
1	27	9/10	27	1
1	27	10	27	2
1	27	10	27	3
1	27	10	27	4
1	28	10	28	1
1	28	10	28	2
1	28	10	28	3
1	28	10	28	4
1	29	10	29	1
1	29	10	29	2
1	29	10	29	3
1	29	11	29	4
1	30	11	30	1
1	30	11	30	2
1	30	11	30	3
1	30	11	30	4
1	31	11	31	1
1	31	11	31	2
1	31	11	31	3
1	31	11	31	4
1	32	11	32	1
1	32	11	32	2
1	32	11	32	3
1	32	11	32	4
2	1	12	1	1
2	1	12	1	2
2	1	12	1	3
2	1	12	1	4
2	2	12	2	1
2	2	12	2	2
2	2	12	2	3
2	2	12	2	4
2	3	12	3	1
2	3	12	3	2
2	3	12	3	3
2	3	12	3	4
2	4	12	4	1
2	4	13	4	2
2	4	13	4	3

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
2	4	13	4	4
2	5	13	5	1
2	5	13	5	2
2	5	13	5	3
2	5	13	5	4
2	6	13	6	1
2	6	13	6	2
2	6	13	6	3
2	6	13	6	4
2	7	13	7	1
2	7	13/14	7	2
2	7	14	7	3
2	7	14	7	4
2	8	14	8	1
2	8	14	8	2
2	8	14	8	3
2	8	14	8	4
2	9	14	9	1
2	9	14	9	2
2	9	14	9	3
2	9	14	9	4
2	10	14	10	1
2	10	14	10	2
2	10	14	10	3
2	10	15	10	4
2	11	15	11	1
2	11	15	11	2
2	11	15	11	3
2	11	15	11	4
2	12	15	12	1
2	12	15	12	2
2	12	15	12	3
2	12	15	12	4
2	13	15	13	1
2	13	15	13	2
2	13	15	13	3
2	13	15	13	4
2	14	15	14	1
2	14	15	14	2
2	14	16	14	3
2	14	16	14	4
2	15	16	15	1
2	15	16	15	2
2	15	16	15	3
2	15	16	15	4
2	16	16	16	1
2	16	16	16	2
2	16	16	16	3
2	16	16	16	4
2	17	16	17	1
2	17	16	17	2
2	17	16	17	3
2	17	16/17	17	4
2	18	17	18	1
2	18	17	18	2
2	18	17	18	3
2	18	17	18	4
2	19	17	19	1
2	19	17	19	2

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
2	19	17	19	3
2	19	17	19	4
2	20	17	20	1
2	20	17	20	2
2	20	17	20	3
2	20	17	20	4
2	21	17	21	1
2	21	18	21	2
2	21	18	21	3
2	21	18	21	4
2	22	18	22	1
2	22	18	22	2
2	22	18	22	3
2	22	18	22	4
2	23	18	23	1
2	23	18	23	2
2	23	18	23	3
2	23	18	23	4
2	24	18	24	1
2	24	18	24	2
2	24	18	24	3
2	24	19	24	4
2	25	19	25	1
2	25	19	25	2
2	25	19	25	3
2	25	19	25	4
2	26	19	26	1
2	26	19	26	2
2	26	19	26	3
2	26	19	26	4
2	27	19	27	1
2	27	20	27	2
2	27	20	27	3
2	27	20	27	4
2	28	20	28	1
2	28	20	28	2
2	28	20	28	3
2	28	20	28	4
2	29	20	29	1
2	29	20	29	2
2	29	20	29	3
2	29	20	29	4
2	30	20	30	1
2	30	21	30	2
2	30	21	30	3
2	30	21	30	4
2	31	21	31	1
2	31	21	31	2
2	31	21	31	3
2	31	21	31	4
2	32	21	32	1
2	32	21	32	2
2	32	21	32	3
2	32	21/22	32	4
3	1	22	1	1
3	1	22	1	2
3	1	22	1	3
3	1	22	1	4
3	2	22	2	1

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
3	2	22	2	2
3	2	22	2	3
3	2	22	2	4
3	3	22	3	1
3	3	22	3	2
3	3	23	3	3
3	3	23	3	4
3	4	23	4	1
3	4	23	4	2
3	4	23	4	3
3	4	23	4	4
3	5	23	5	1
3	5	23	5	2
3	5	23	5	3
3	5	23	5	4
3	6	23	6	1
3	6	23	6	2
3	6	24	6	3
3	6	24	6	4
3	7	24	7	1
3	7	24	7	2
3	7	24	7	3
3	7	24	7	4
3	8	24	8	1
3	8	24	8	2
3	8	24	8	3
3	8	24	8	4
3	9	24	9	1
3	9	24	9	2
3	9	24	9	3
3	9	24/25	9	4
3	10	25	10	1
3	10	25	10	2
3	10	25	10	3
3	10	25	10	4
3	11	25	11	1
3	11	25	11	2
3	11	25	11	3
3	11	25	11	4
3	12	25	12	1
3	12	25	12	2
3	12	26	12	3
3	12	26	12	4
3	13	26	13	1
3	13	26	13	2
3	13	26	13	3
3	13	26	13	4
3	14	26	14	1
3	14	26	14	2
3	14	26	14	3
3	14	26/27	14	4
3	15	27	15	1
3	15	27	15	2
3	15	27	15	3
3	15	27	15	4
3	16	27	16	1
3	16	27	16	2
3	16	27	16	3
3	16	27	16	4

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
3	17	27	17	1
3	17	27	17	2
3	17	27	17	3
3	17	27	17	4
3	18	28	18	1
3	18	28	18	2
3	18	28	18	3
3	18	28	18	4
3	19	28	19	1
3	19	28	19	2
3	19	28	19	3
3	19	28	19	4
3	20	28	20	1
3	20	28	20	2
3	20	28	20	3
3	20	29	20	4
3	21	29	21	1
3	21	29	21	2
3	21	29	21	3
3	21	29	21	4
3	22	29	22	1
3	22	29	22	2
3	22	29	22	3
3	22	30	22	4
3	23	30	23	1
3	23	30	23	2
3	23	30	23	3
3	23	30	23	4
3	24	30	24	1
3	24	30	24	2
3	24	31	24	3
3	24	31	24	4
3	25	31	25	1
3	25	31	25	2
3	25	31	25	3
3	25	31	25	4
3	26	31	26	1
3	26	31	26	2
3	26	31	26	3
3	26	31	26	4
3	27	32	27	1
3	27	32	27	2
3	27	32	27	3
3	27	32	27	4
3	28	32	28	1
3	28	32	28	2
3	28	32	28	3
3	28	32	28	4
3	29	32	29	1
3	29	32	29	2
3	29	32	29	3
3	29	32	29	4
3	30	32	30	1
3	30	33	30	2
3	30	33	30	3
3	30	33	30	4
3	31	33	31	1
3	31	33	31	2
3	31	33	31	3

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
3	31	34	31	4
3	32	34	32	1
3	32	34	32	2
3	32	34	32	3
3	32	34	32	4
4	1	34	1	1
4	1	34	1	2
4	1	34	1	3
4	1	34	1	4
4	2	34	2	1
4	2	34	2	2
4	2	34	2	3
4	2	34	2	4
4	3	34	3	1
4	3	35	3	2
4	3	35	3	3
4	3	35	3	4
4	4	35	4	1
4	4	35	4	2
4	4	35	4	3
4	4	35	4	4
4	5	35	5	1
4	5	35	5	2
4	5	35	5	3
4	5	35	5	4
4	6	35/36	6	1
4	6	36	6	2
4	6	36	6	3
4	6	36	6	4
4	7	36	7	1
4	7	36	7	2
4	7	36	7	3
4	7	36	7	4
4	8	36	8	1
4	8	36	8	2
4	8	37	8	3
4	8	37	8	4
4	9	37	9	1
4	9	37	9	2
4	9	37	9	3
4	9	37	9	4
4	10	37	10	1
4	10	37	10	2
4	10	37	10	3
4	10	37	10	4
4	11	37	11	1
4	11	37	11	2
4	11	37	11	3
4	11	37	11	4
4	12	37/38	12	1
4	12	38	12	2
4	12	38	12	3
4	12	38	12	4
4	13	38	13	1
4	13	38	13	2
4	13	38	13	3
4	13	38	13	4
4	14	38	14	1
4	14	38	14	2

Avantprojecte d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
4	14	38/39	14	3
4	14	39	14	4
4	15	39	15	1
4	15	39	15	2
4	15	39	15	3
4	15	39	15	4
4	16	39	16	1
4	16	39	16	2
4	16	39	16	3
4	16	39	16	4
4	17	39	17	1
4	17	40	17	2
4	17	40	17	3
4	17	40	17	4
4	18	40	18	1
4	18	40	18	2
4	18	40	18	3
4	18	40	18	4
4	19	40	19	1
4	19	40	19	2
4	19	40	19	3
4	19	40	19	4
4	20	40	20	1
4	20	40	20	2
4	20	40	20	3
4	20	41	20	4
4	21	41	21	1
4	21	41	21	2
4	21	41	21	3
4	21	41	21	4
4	22	41	22	1
4	22	41	22	2
4	22	41	22	3
4	22	41	22	4
4	23	41	23	1
4	23	41	23	2
4	23	41	23	3
4	23	42	23	4
4	24	42	24	1
4	24	42	24	2
4	24	42	24	3
4	24	42	24	4
4	25	42	25	1
4	25	42	25	2
4	25	42	25	3
4	25	42	25	4
4	26	42	26	1
4	26	42	26	2
4	26	42	26	3
4	26	42	26	4
4	27	43	27	1
4	27	43	27	2
4	27	43	27	3
4	27	43	27	4
4	28	43	28	1
4	28	43	28	2
4	28	43	28	3
4	28	43	28	4
4	29	43	29	1

OLT	PON	Sector	Divisor 1:4	Divisor 1:8
4	29	43	29	2
4	29	43	29	3
4	29	43	29	4
4	30	43	30	1
4	30	44	30	2
4	30	44	30	3
4	30	44	30	4
4	31	44	31	1
4	31	44	31	2
4	31	44	31	3
4	31		31	4
4	32		32	1
4	32		32	2
4	32		32	3
4	32		32	4

Taula 18. Llistat distribució dels ports GPON.

La taula anterior ens mostra la distribució dels ports GPON i dels divisors pels diferents sectors proposats pel municipi.

Com es pot veure, pel desplegament de fibra òptica fins la llar a Centelles, són necessàries un total de 4 OLTs equipades amb 32 PONs cadascuna. De la totalitat de PONs, només una restarà lliure i sense connexió a la xarxa d'accés. Aquesta configuració extremadament ajustada i minimitzada en equipament, s'aconsegueix gràcies a que algun dels repartidors de fibra òptica d'usuari estaran compartits per 2 sector adjacents. Si no es fes aquesta compartició de repartidors finals d'usuari (RFU) en sectors adjacents, s'hauria d'adquirir i equipar una altra OLT amb únicament 2 PONs. Tot això comportaria una despesa extra i innecessària degut al desús de l'equipament.

7.6 Criteris de redundància i disponibilitat de servei

La seguretat d'un equipament que pot arribar a esdevenir crític en l'activitat econòmica i social d'una població és un element fonamental a tenir en compte des dels primers moments de la concepció de la xarxa.

El fet de que la xarxa discorri pel domini públic fa que estigui exposada a molts factors de risc, el 100% de protecció davant de tots ells implicaria uns nivells d'inversió molt elevats i unes importants dificultats tècniques. A continuació s'analitzen alguns d'aquests factors de risc més destacats a que està sotmesa una xarxa, els punts que afecta i el grau de protecció acceptable.

El criteri bàsic que es seguirà per decidir sobre el grau de protecció és el nombre de clients a que pot afectar un tall de servei. A priori es podria dir que el grau de protecció mínim s'aplicaria a tot allò que afecti a un sol client i el màxim al que afecti al 100% dels clients.

En una fase posterior s'hauran d'estudiar els graus de protecció necessaris per a certs clients especials: agrupats segons el volum de tràfic que generin, la facturació o com de crítics socialment siguin els serveis que proveeixin (actuacions en cas d'emergència).

7.6.1 Criteris de seguretat en les esteses de fibra òptica

El nivell de disponibilitat a aplicar a les esteses de fibra òptica dependrà de dos factors:

- ♣ Del nombre d'usuaris a que afecta el tram.
- ♣ Existència de camins redundants, amb commutació automàtica o manual.

Les esteses de fibra òptica discorren en la pràctica totalitat pel domini públic. L'efecte que es pot produir sobre elles pot ser de tall o de destrucció i els motius pels que es pot produir són:

- ♣ Obres, serveis afectats.
- ♣ Accidents
- ♣ Sabotatge
- ♣ Vandalisme

El fet que les xarxes discorrin per canalització subterrània o esteses de cablejats en façana o entre postes converteixen en impossible evitar accidents o actes de vandalisme ja que per això s'hauria de procedir a una espècie de blindatge de la xarxa, el que resulta impossible des del punt de vista econòmic.

Els criteris de seguretat seran:

- ♣ Tots els enllaços de fibra òptica que discorrin pel municipi, i el tall del qual afecti la totalitat de clients, seran redundants.
- ♣ Tots els cables que s'estenguin per canalitzacions subterrànies disposaran dels elements de seguretats contra rosegadors i humitats.

7.6.2 Criteris de seguretat en locals

Els equips instal·lats en locals afecten a molts clients de la xarxa i per tant s'ha d'aconseguir un nivell elevat de protecció. Els riscos a contemplar són:

- ♣ Incendi
- ♣ Inundació
- ♣ Intrusió

Es convenient disposar de sistemes de control per:

- ♣ Registrar totes les entrades i sortides.
- ♣ Registrar les actuacions.

Per lluitar contra el aquests elements s'utilitzaran:

- ♣ Barreres físiques: portes d'accés blindades, panys de seguretat, reixes a les finestres o les proteccions que l'estètica de les façanes permetin.
- ♣ Sistemes de detecció contra intrusió. Els sistemes de detecció s'hauran de muntar de manera que detectin els intents d'intrusió. Es a dir que es disparin quan algú estigui manipulant una porta o una finestra.

7.7 Criteris constructius

Al dissenyar una xarxa de telecomunicacions s'ha d'aconseguir:

- ♣ Minimitzar l'impacte al domini públic.
- ♣ Minimitzar la inversió.
- ♣ Realitzar la inversió de manera que segueixi la demanda.

Aquests tres aspectes demanen que els criteris constructius que s'adoptin permetin: flexibilitat, creixement per mòduls i altes velocitats d'expansió.

Dins d'aquest capítol, només es fa esment d'alguns dels criteris que més poden afectar sobre aquests tres aspectes i que per tant s'hauran de tenir molt en compte en el moment de realitzar les especificacions de detall de disseny i constructives de la xarxa.

7.7.1 Canalització soterrada

Al projecte es contemplarà la utilització de dos tipus de rasa:

1. Prisma tradicional
2. Mini-rasa

La mini-rasa respecte al prisma tradicional presenta dues avantatges: el seu cost i la seva velocitat d'expansió, essent les seves principals desavantatges la seguretat i la capacitat de la canalització.

La utilització de la mini-rasa en aquesta xarxa es considera adequada per tot el que no siguin canalitzacions de l'anell troncal ni aquelles on la capacitat i els criteris de seguretat aconsellen utilitzar el prisma tradicional.

7.7.2 Prisma tradicional

S'adoptarà un prisma estàndard format per dos conductes de 125 mm de diàmetre exterior i 104 mm de diàmetre interior.

En els següents dibuixos es mostra la secció del prisma de dos conductes en calçada i en vorera.

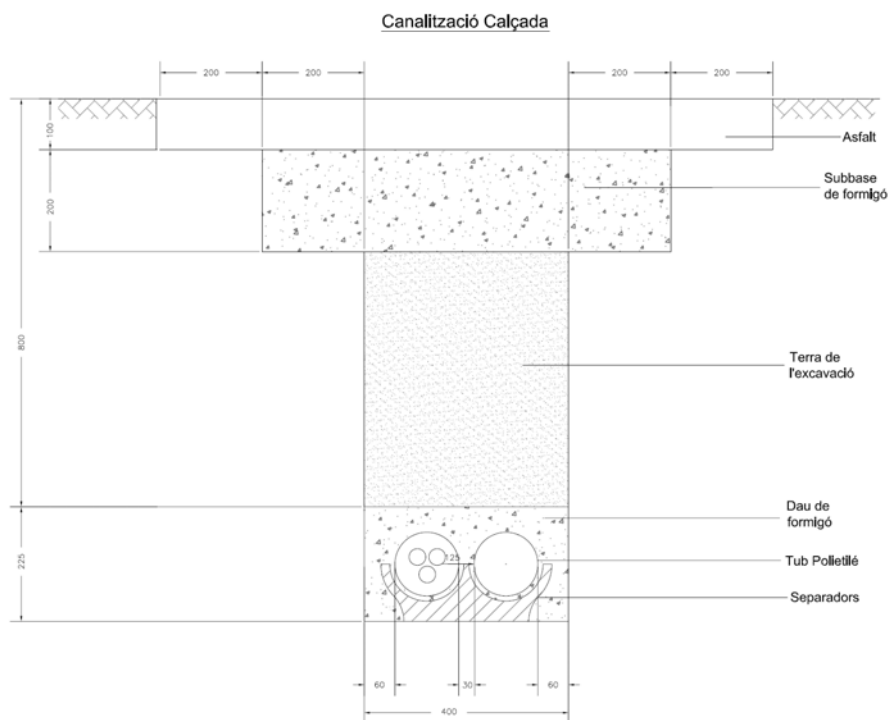


Figura 60. Prisma calçada

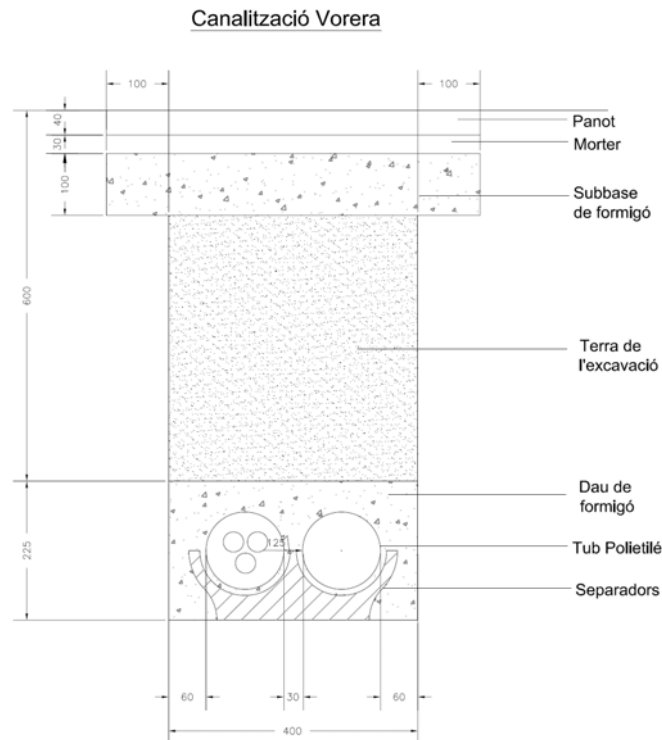


Figura 61. Prisma vorera

Els conductes estaran fabricats amb polietilè reciclat i seran de doble capa. Malgrat que aquest tipus de conducte és autoportant, el prisma es formigonarà per incrementar la seva seguretat i evitar la seva destrucció accidental quan es facin treballs al subsòl.

Aquests conductes de 125mm es subconduiran cadascun d'ells amb tres conductes de 40mm.

El paviment es reconstruirà segons al paviment existent: panot, aglomerat, especials,...

La capa de formigó de sota de la capa de paviment només es posarà en aquells casos que aquesta capa existís anteriorment a la demolició.

Els materials sobrants es portaran a un dipòsit de runes autoritzat.

7.7.3 Mini-rasa

La Mini-rasa forma part del que s'ha denominat com a noves tecnologies de construcció de canalització subterrània i es pot adaptar a les necessitats de la nova xarxa de telecomunicacions de Centelles als següents casos:

- ♣ En el desplegament sobre les tipologies edificatives de façana discontinua.
- ♣ Passos de carrer en zones de desplegament per façana.
- ♣ Canalització en qualsevol zona sempre que els criteris de seguretat de la xarxa ho permetin.

En el següent esquema es presenta una secció transversal de la mini-rasa:

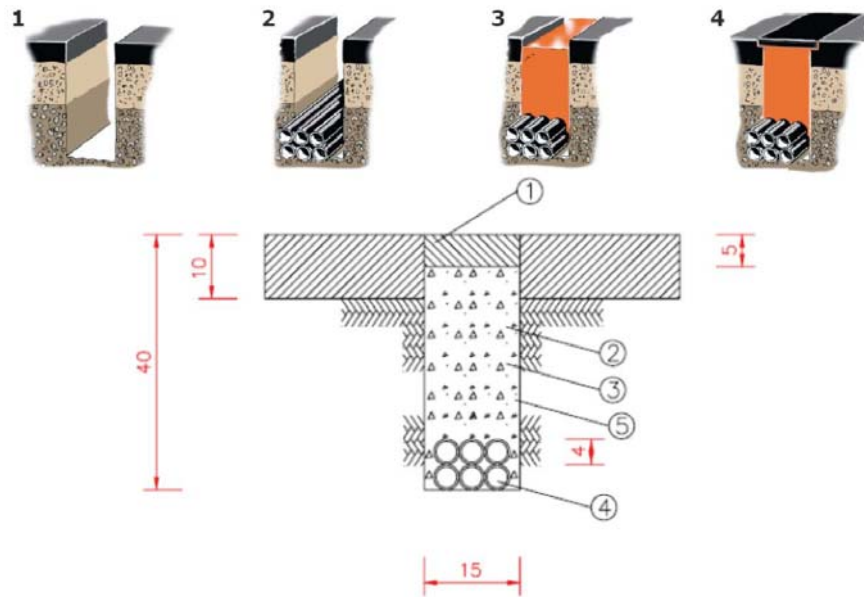


Fig. 22 Mini-rasa

Sempre es reconstruirà el paviment segons l'original. Aquest fet condiona a elaborar un prisma constructiu en el moment de definir el traçat real de la canalització.

La canalització es forma a partir de sis conductes de 40 mm de diàmetre fabricats en polietilè. El procés constructiu es realitza de la següent forma:

1. L'excavació consisteix en un tall fet directament al terra a la profunditat de la rasa i de l'amplada que es mostra en l'esquema.
2. Recollida de material sobrant.
3. Muntatge dels sis conductes.
4. Reomplir amb formigó colorejat.
5. Reposició del paviment segons l'original.

Una bona organització del treball permet obtenir rendiments superiors als 10 metres per hora // 2km al dia.

La canalització no s'haurà de construir mai per sobre de cap canalització existent ja sigui pròpia o de qualsevol altre servei.

7.7.4 Arquetes

Són recintes prefabricats de formigó o fabricats "in situ" de formigó o de maó, en els quals desemboquen els conductes de les rases. Permeten la introducció i l'entroncament dels cables, els canvis de direcció de les rases, l'entrada i la sortida del cablejat dels nodes, etc. Les arquetes tindran una profunditat suficient per allotjar el número de tubs que haurà de contenir.

Tota la xarxa de canalització subterrània s'equiparà amb arquetes de:

- ♣ **Tipus B:** Arquetes de **70 x 70**.
- ♣ **Tipus C:** Arquetes de **70 x 140**.

A les següents figures es mostra l'esquema de l'arqueta de 70 cm x 70 cm i el detall de la tapa i el marc de la mateixa.

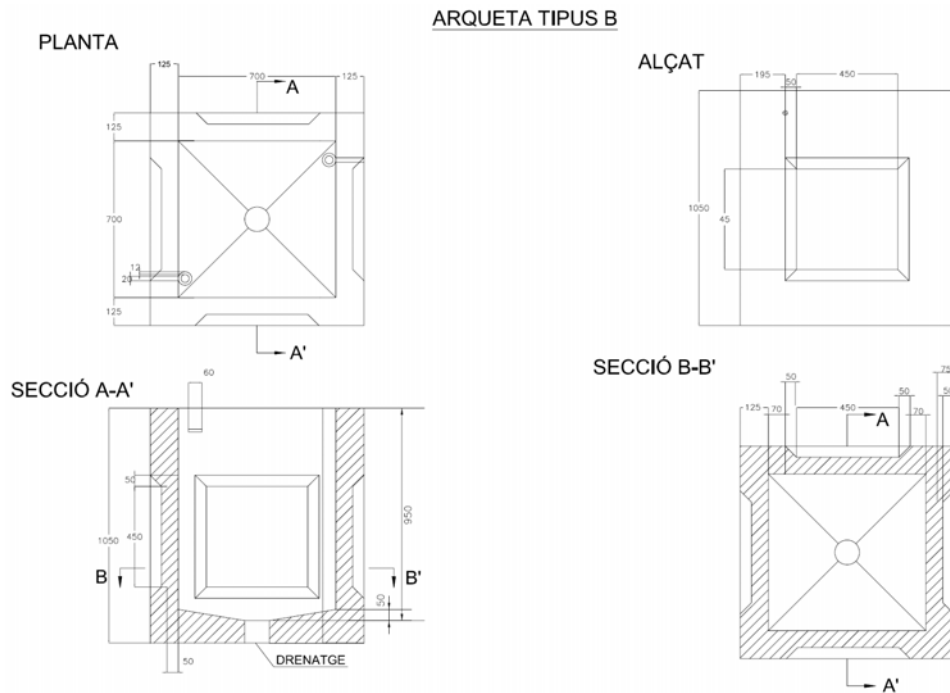


Figura 62. Esquema arqueta tipus B

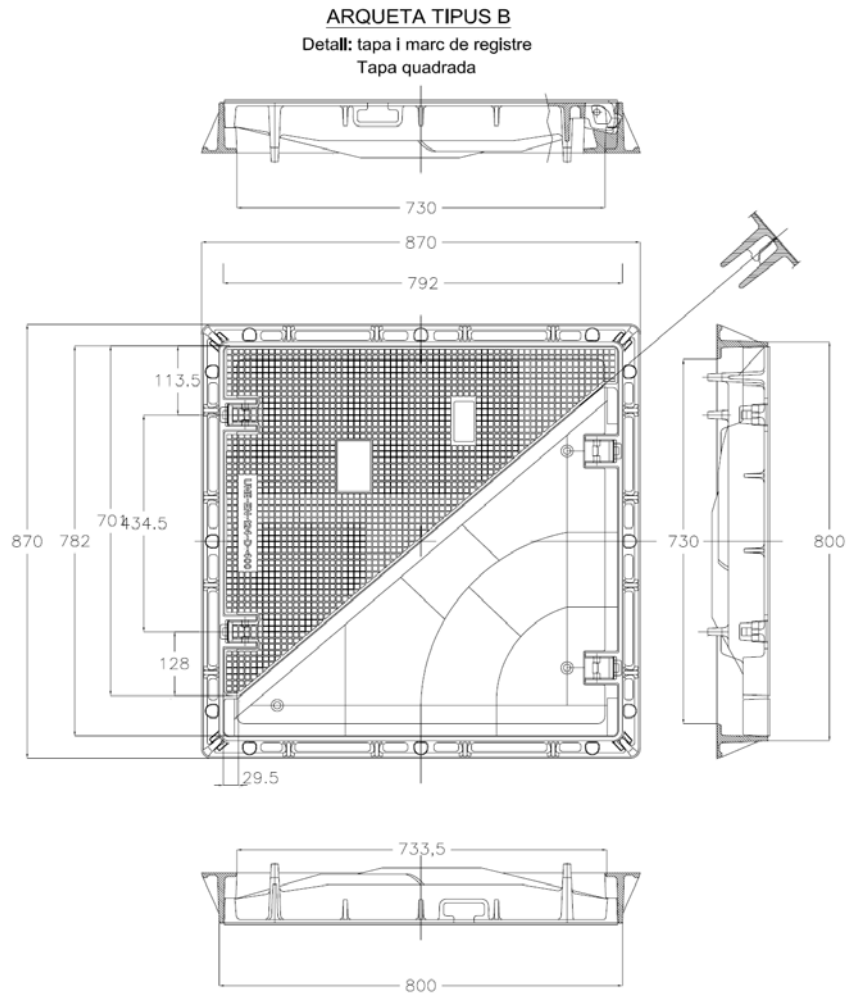


Figura 63. Tapa i marc arqueta tipus B

A les següents figures es mostra l'esquema de l'arqueta de 70 cm x 140 cm i el detall de la tapa i el marc de la mateixa.

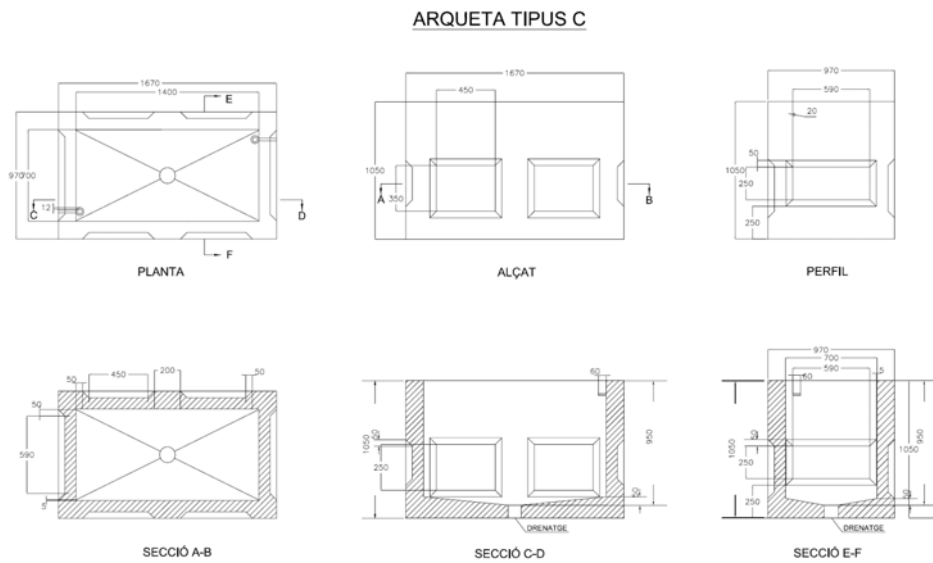


Figura 64. Esquema arqueta tipus C

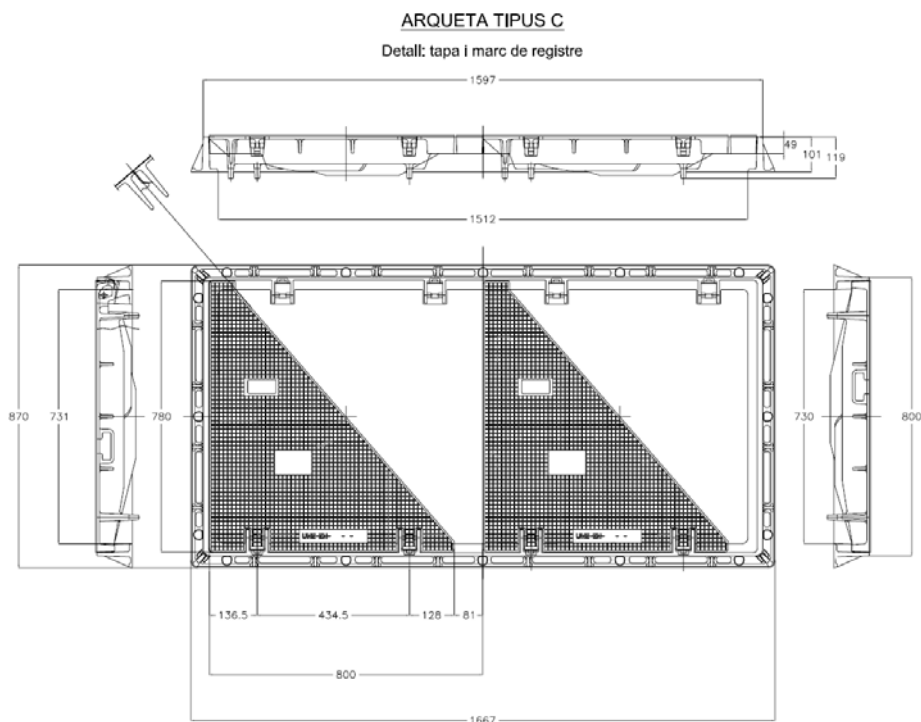


Figura 65. Tapa i marc arqueta tipus C

Als punts on s'hagi de situar una arqueta, es triarà un tipus o un altre segons la seva ubicació, els cables que passin per ella i els dispositius o enroncaments que contingui.

En general l'ús de cada tipus d'arqueta serà:

- ♣ Tipus 70x70:
 - A les sortides a façana de la xarxa d'accés.
 - Creuaments de carrers.
 - En canalitzacions de xarxa troncal i d'accés en canvis de direcció majors de 45°, per evitar radis de gir excessius.
 - En canalitzacions de xarxa troncal i d'accés cada 50 m.
 - En canalitzacions de xarxa troncal i d'accés cada 75 m en el cas que siguin llars aïllades.
- ♣ Tipus 70x140:
 - Sortida del node o punt d'interconnexió.
 - En xarxa troncal i d'accés sempre que sigui necessari ubicar una caixa de fusions.

Es procurarà que la canalització i les arquetes estiguin el més seques possible, per aquest motiu es prendran les següents mesures:

1. Les arquetes disposaran en la seva part inferior d'un orifici per facilitar l'evacuació de les aigües.

2. Les arquetes s'assentaran sobre una base de grava i una làmina geotèxtil.
3. Els punts de connexió de la canalització subterrània s'obturaran amb obturadors reutilitzables.

7.7.5 Sortides a façana

Les sortides a façana es realitzaran mitjançant tubs que permetin la sortida del cable des de les canalitzacions subterrànies fins les façanes. Estan formades per dos conductes corrugats de $\varnothing 125$ mm de Polietilè d'alta densitat enterrats, que permeten portar el cable de la posició horitzontal a la vertical, passant a un o dos tubs de $\varnothing 50$ mm o $\varnothing 63$ mm, els quals quedaran subjectats a la façana de l'edifici.

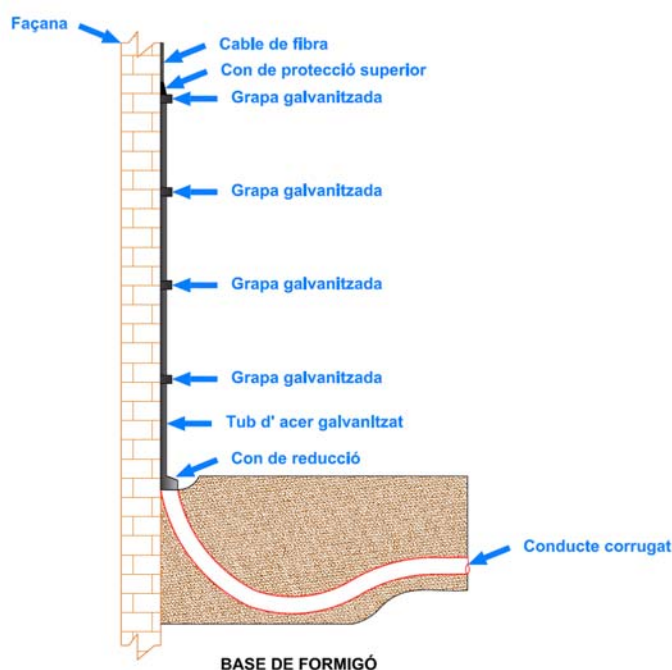


Figura 66. Sortida a façana

7.7.6 Cablejat per façana

Una part important del cablejat d'aquesta xarxa transcorrerà per la façana on actualment existeixen cablejats. Per tant, en el moment de muntar els nous cables o conductes es tindran en compte els següents criteris:

- ♣ El nivell de pas de cables en cada una de les façanes serà aquell en el que hi passen actualment els cables d'altres companyies.
- ♣ Quan en una façana hi ha cables d'altres companyies, els nous cables es muntaran per la part inferior dels mateixos.
- ♣ El nombre màxim de cables que passaran per un mateix traçat és l'equivalent al diàmetre de dos cables d'una polsada.
- ♣ El cablejat d'escomesa de client, ha de seguir la mateixa ruta que el cables de la xarxa d'accés. Ho faran muntats sobre les mateixes grapes.

- ♣ S'escollirà com a forma de muntatge el grapat directament a la paret cada 80 cm. S'haurà de parar especial atenció a les façanes en mal estat que amenacin amb la caiguda d'alguna de les seves parts a l'hora de foradar per clavar-hi les noves grapes ja que es podria empitjora l'estat i provocar la seva caiguda en un període curt de temps.
- ♣ Els cables que quedin a menys de 2,5 metres d'alçada, es a dir els trams que connecten directament amb la canalització, s'hauran de protegir amb una canal de mitja canya fabricada amb material no metàl·lic.
- ♣ A la façana s'evitarà fer qualsevol tipus de coca. Totes les reserves de cable que es considerin necessàries es deixaran a les arquetes.

Les cobertes dels cables hauran d'estar preparades per exteriors així com totes les grapes i brides estaran fabricades a base de poliamides resistents als raigs ultraviolats.



Figura 67. Exemple cablejat per façana

7.7.7 Materials

Els materials i fabricants dels mateixos no es podran deixar a lliure decisió de cadascun dels instal·ladors que participin en el desplegament de la xarxa, ja que aquest fet aniria en contra de la disponibilitat dels mateixos, del cost i del manteniment posterior de la xarxa.

Per tant a les fases de disseny i projecte de la xarxa, s'haurà de fer la llista de materials a utilitzar dins d'aquesta xarxa, calcular els consums aproximats i negociar els estocs a Centelles o poblacions pròximes amb els diferents fabricants.

7.7.8 Caixes terminals

A aquestes caixes finalitza la xarxa d'accés. La majoria d'elles s'instal·laran a les façanes dels diferents edificis de la ciutat.

La importància d'aquesta caixa dins del conjunt de la xarxa és elevada, ja que és un dels punts que més es manipularà de tota la xarxa i probablement pel personal menys qualificat. A més el muntatge en intempèrie exigeix els nivells de protecció adequats.

Així doncs, les característiques bàsiques que haurà de complir la caixa són:

- ❖ Fabricada en materials no metàl·lics.
- ❖ Estarà preparada per contenir correctament els empalmes mecànics i les corresponents "coques".
- ❖ El grau de protecció s'haurà d'aproximar al IP66 acomplint com a mínim IP55.
- ❖ El color serà gris, preferentment.
- ❖ La seva mida no haurà de diferir massa de 300mm d'alta per 200mm d'ampla.
- ❖ La caixa haurà d'estar preparada per a connectar-hi un mínim de 8 clients.

El disseny ha de ser similar a l'existent, d'aquesta forma passa més desapercebuda, integrant-se millor amb l'estètica de les façanes actuals.



Figura 68. Exemple caixes terminals de 24 i de 8 usuaris

7.8 Criteris mediambientals

Tota infraestructura, ja sigui pública o privada que es construeixi, ha de tenir en compte criteris mediambientals.

Una xarxa de telecomunicacions és una activitat poc contaminant però afecta al medi ambient en major o menor mesura. Aquesta afectació pot quedar compensada pels beneficis que pot implicar durant l'explotació, ja que la seva utilització pot disminuir el consum de paper i reduir el nombre de desplaçaments necessaris.

Així doncs, a l'hora de fer el disseny de detall de la xarxa, es tindran en compte els següents aspectes:

- ♣ Cicle de vida dels materials a utilitzar.
- ♣ Minimitzar el consum elèctric durant el temps d'explotació.
- ♣ Atenció a elements contaminants com poden ser els gasos dels equips d'aire condicionat.
- ♣ Atenció als nivells acústics.
- ♣ Atenció a l'impacte estètic.
- ♣ S'haurà de posar especial atenció als procediments constructius ja que una falta de cura d'aquest aspecte al procés de construcció de la xarxa pot fer que precisament aquesta fase sigui la que més afecti al medi.

7.9 Adequació del local

Pel municipi de Centelles es disposarà d'un Node Primari essent la seva funció principal la d'actuar de centre d'agregació. El local tindrà les característiques tècniques següents:

7.9.1 Energia

El local estarà dotat de sistemes que puguin garantir d'una autonomia de funcionament de 8 hores, en cas de manca de servei de la companyia elèctrica. Alhora oferiran a l'equipament electrònic una tensió perfectament estabilitzada i sense micro-talls.

L'autonomia s'aconseguirà gràcies a l'acumulació en bateries. En qualsevol cas, el sistema elèctric estarà preparat per connectar-hi un grup electrogen extern que s'ubicaria al carrer en cas de talls perllongats de la companyia elèctrica.

La tensió d'alimentació segura dependrà de les necessitats de l'equipament actiu finalment escollit, les possibilitats més comuns del mercat són 48 volts de continua o 230 d'alterna.

7.9.2 Climatització

El local s'equiparà amb sistemes autònoms de climatització. Amb la finalitat d'optimitzar el consum energètic es dividiran els ambients segons les diferents temperatures de treball:

- ♣ Sales d'equips: 26 °C
- ♣ Sales de bateries: 20 °C
- ♣ Sales d'energies: <35°C

Totes les sales disposaran de sistemes de ventilació que garanteixin el nombre de renovacions necessàries segons la normativa existent.

Les sales de bateries s'equiparan amb una ventilació crítica per garantir que l'ambient no es converteixi en explosiu en cas d'un eventual alliberament d'hidrogen de l'interior de les bateries.

7.9.3 Detecció i protecció contra incendis

El local s'equiparà amb sistemes de detecció i extinció de incendis.

La detecció es realitzarà a través de detectors òptics instal·lats a totes les dependències, falsos sostres i terres dels locals. Els detectors es connectaran a una centralita analògica que haurà de comunicar-se directament amb una central d'alarmes i/o amb el centre de supervisió de xarxa.

El nombre de detectors dependrà de la sensibilitat i la marca finalment escollida.

El local es dotarà amb equips d'extinció manuals i automàtics:

- ♣ Els manuals estaran formats pels extintors del tipus i capacitat que el reglament exigeixi.
- ♣ L'automàtic estarà format per una xarxa de ruixadors de gas o bé d'aigua nebulitzada si els fabricants poden garantir que la mida de la gota no pot afectar a l'equipament electrònic. Si s'escull l'opció de gas s'utilitzarà el que estigui disponible al mercat, d'eficàcia comprovada i que sigui més respectuós amb el medi ambient.

7.9.4 Inundació

Fonamentalment s'hauran de contemplar dos aspectes:

- ♣ S'haurà de posar atenció als recorreguts de les canonades, tan de distribució d'aigua com de fecals o pluvials, que puguin passar per l'interior del local i protegir l'equipament elèctric i electrònic a fi de que no es pugui mullar en cas de qualsevol fuga.
- ♣ El risc d'inundació degut al nivell del local respecte al dels col·lectors i la capacitat dels mateixos en cas de pluges torrencials. Si es considera que el risc és important s'hauran de minimitzar gràcies a la construcció de pous i instal·lació de bombes.

7.10 Fibra òptica i materials

La fibra òptica és la tecnologia bàsica de la xarxa que s'emprarà per arribar a tots els usuaris. Farem servir fibra òptica monomode, encara que més cara que la multimode, no presenta tantes limitacions i la fa més adient per les necessitats que plantejaran els futurs serveis.

Les tecnologies de fibra òptica a emprar en aquesta xarxa són:

- ♣ Cable de fibra òptica tradicional.
- ♣ Cable de fibra òptica amb fiador d'acer per estesa aèria.

La xarxa es divideix en un anell principal i diversos ramals secundaris.

A la xarxa troncal es desplegarà fibra òptica tradicional, ja que hi ha canalització existent i es realitzarà una reutilització d'aquesta.

Cal tenir en compte que la tecnologia escollida de cables de fibra òptica haurà d'oferir la possibilitat de realitzar empalmes mecànics ja que a la caixa de distribució final (des d'on sortiran els cables d'escomesa de client), realitzar empalmes per fusió és molt complicat degut a la posició de les caixes i a la impossibilitat de deixar reserves de cable o "coques" per poder moure-la en el moment de realitzar-los.

7.10.1 Fibra òptica

Totes les fibres òptiques utilitzades en el cable òptic seran del tipus monomode. El perfil de l'índex de refracció serà del tipus salt d'índex.

La variació necessària de l'índex de refracció s'obtindrà dopant el nucli de la fibra òptica amb diòxid de germani (GeO₂).

La fibra òptica a utilitzar haurà de complir la Recomanació G.652-D del ITU-T. En les taules següents es presenten els paràmetres a complir per les fibres òptiques:

Paràmetres Geomètrics

Paràmetre	Valor nominal	Tolerància
Diàmetre del revestiment	125 µm	± 1,0 µm
Diàmetre del recobriment primari	245 µm	± 5 µm
Error de concentricitat nucli/revestiment	≤ 0,6 µm	
Error de circularitat del revestiment	≤ 1%	
Error de concentricitat recobriment/revestiment	≤ 12 µm	

Taula 19. Paràmetres geomètrics de la fibra òptica G.652-D amb protecció primària

Paràmetres Mecànics

Paràmetre	Valor nominal
Càrrega de trencament (Allargament)	≥100 kpsi (0,7 GN/m ²) (1%)

Taula 20. Paràmetres mecànics de la fibra òptica G.652-D

Paràmetres Òptics

Paràmetre	Valor nominal	Tolerància
Diàmetre del camp modal en $\lambda = 1310$ nm	9,2 µm	± 0,5 µm
Dispersió màxima entre $\lambda = 1285$ nm i $\lambda = 1330$ nm	3,8 ps/(nm*km)	
Dispersió màxima en $\lambda = 1550$ nm	18,2 ps/(nm*km)	
Longitud d'ona de dispersió nul·la	1.300 nm a 1.324 nm	
Pendents de dispersió nul·la	≤0,093 ps/(nm ² *km)	
Longitud d'ona de tall (abans del cablejat)	1.170 nm a 1.324 nm	
Longitud d'ona de tall (després del cablejat)	≤1.260 nm	
Coefficient d'atenuació en $\lambda = 1310$ nm	≤0,36 dB/km	
Coefficient d'atenuació en $\lambda = 1550$ nm	≤0,23 dB/km	
Coefficient d'atenuació en $\lambda = 1383$ nm	≤0,37 dB/km	
PMD	≤ 0,1 ps/Sqrt(km)	
Pèrdua de macroflexió (100 voltes amb un diàmetre de 60 mm a 1.625 nm)	≤ 0,1 dB	

Taula 21. Paràmetres òptics de la fibra òptica G.652-D

7.10.1.1 Element central

L'element central suportarà l'esforç de tracció sobre el cable durant les fases d'estesa i les tensions mecàniques provocades per variacions tèrmiques. Igualment actuarà com suport pel cablejat dels tubs portadors de les fibres òptiques i les varetes de farcit.

El material o materials que formen l'element central haurà de complir els següents criteris:

- ♣ Ser dielèctrics.
- ♣ Elevat mòdul de Young.

- ♣ Baix coeficient de dilatació tèrmica.
- ♣ Reduït pes per unitat de longitud.
- ♣ Flexibilitat suficient que permetrà al cable adaptar-se a les curvatures de les canalitzacions.

Com el cable especificat ha de ser dielèctric, s'utilitzen materials tipus FRP (Fibra de vidre amb Resines Poliester) o similars. L'element central es podrà utilitzar nu o recobert amb polietilè segons la configuració del nucli del cable.

7.10.1.2 Codi de colors

El codi d'identificació dels elements que es trenen en el nucli serà el següent:

Fibres	16	24	32	48	64	72	96	128	144	192	256
Tub 1	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc
Tub 2	Vermell	Vermell	Vermell	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Vermell	Blanc	Blanc	Vermell
Tub 3		Blau	Blau	Vermell	Vermell	Blanc	Blanc	Blau	Vermell	Blanc	Blanc
Tub 4			Verd	Vermell	Vermell	Vermell	Vermell	Verd	Vermell	Vermell	Blanc
Tub 5				Blau	Blau	Vermell	Vermell	Blanc	Blau	Vermell	Blanc
Tub 6				Blau	Blau	Vermell	Vermell	Blanc	Verd	Vermell	Vermell
Tub 7					Verd	Blau	Blau	Blanc	Blanc	Blau	Vermell
Tub 8					Verd	Blau	Blau	Vermell	Blanc	Blau	Vermell
Tub 9						Blau	Blau	Vermell	Blanc	Blau	Blau
Tub 10							Verd	Vermell	Vermell	Blanc	Blau
Tub 11							Verd	Blau	Vermell	Vermell	Blau
Tub 12							Verd	Blau	Vermell	Blau	Verd
Tub 13								Blau	Blau	Verd	Verd
Tub 14								Verd	Blau	Blanc	Verd
Tub 15								Verd	Blau	Blanc	Blanc
Tub 16								Verd	Verd	Blanc	Blanc
Tub 17									Verd	Vermell	Vermell
Tub 18									Verd	Vermell	Vermell
Tub 19										Vermell	Blau
Tub 20										Blau	Verd
Tub 21										Blau	Blanc
Tub 22										Blau	Blanc
Tub 23										Verd	Blanc
Tub 24										Verd	Vermell
Tub 25											Vermell
Tub 26											Vermell
Tub 27											Blau
Tub 28											Blau
Tub 29											Blau
Tub 30											Verd
Tub 31											Verd
Tub 32											Verd

Taula 22. Codi colors tubs de fibres

En els cables de doble corona es començarà a comptar l'ordre dels tubs per la corona interior.

El codi de colors per a la identificació de les fibres òptiques dins del tub serà el següent:

Codi de colors dins del tub			
Fibra 1	Verd	Fibra 5	Gris
Fibra 2	Vermell	Fibra 6	Violeta
Fibra 3	Blau	Fibra 7	Marró
Fibra 4	Groc	Fibra 8	Taronja

Taula 23. Codi colors de fibres òptiques dins del tub

7.10.1.3 Coberta del cable

Sobre el nucli del cable s'aplicarà una sèrie de capes de diferents materials que hauran de protegir al cable dels següents agents:

- ♣ Esforços mecànics, com traccions i torsions.
- ♣ Influències tèrmiques.
- ♣ Agents químics.
- ♣ Acció de l'aigua i la humitat.
- ♣ En alguns casos, protecció enfront de temperatures elevades.

En els següents punts, es descriuen totes les possibles cobertes que poden formar part del cables de fibra òptica i, per tant, cada cable subministrat tindrà només les cobertes necessàries d'acord amb el seu dimensionat i especificació.

Coberta interna

La coberta interna estarà formada per polietilè negre, de baixa densitat i alt pes molecular, tipus I, classe C i categoria 5. També pot ser formada exclusivament per fils d'aramida. La coberta interna haurà de complir les següents propietats:

- ♣ Uniformitat de les dimensions transversals de la coberta de tot el cable.
- ♣ Homogeneïtat de la coberta, no presentant: porus, ratllades ni cap defecte.
- ♣ Superfície llisa, de tonalitat uniforme.
- ♣ S'haurà d'ajustar perfectament a l'element de reforç.

Pel cas de cable aeri, es recomanable una protecció doble, és a dir, per una banda polietilè d'un gruix mínim de 1,0 mm i, a més a més, aramida d'una secció mínima de 6.0 mm².

Capa antirrosegadors

En els casos de cables amb aquesta propietat, sobre la coberta interna o directament sobre la cinta envoltant del nucli, es disposaran fils de fibra de vidre en forma helicoidal o d'acer corrugat que serviran com elements de protecció

antirrosegadors. Els elements de fibra de vidre hauran de cobrir un 100 % de la superfície de la coberta interna.

La fibra de vidre haurà de complir els següents paràmetres:

- ♣ Mòdul d'elasticitat: 50 kN/mm².
- ♣ Tensió màxima de tir: ≥ 1.400 N/mm².

Coberta externa

La coberta externa estarà formada per polietilè negre, d'alta densitat i baix pes molecular, tipus III, classe C i categoria 4.

Coberta aèria anticaçadors

En els casos de cables aeris, es necessitarà un cable autosuportat per esteses entre pals de fins a 50m apte per qualsevol àmbit menys línies d'alta tensió. Amb aquest objectiu, és necessària, a part de la coberta interna doble de polietilè i aràmida, una coberta externa. A més a més, s'ha d'assegurar protecció anticaçadors.

Aquesta protecció consisteix en proporcionar al cable una protecció enfront de possibles trets d'armes de foc. En concret, els cables han de dissenyar-se per a suportar dos tret a una distància de 20 metres o superior.

Protecció ignífuga

En els casos de cables ignífugs, totes les cobertes i proteccions del cable han de complir, a més a més de les característiques anteriorment descrites, les següents:

- ♣ Retardant de flama
- ♣ Baixa emissió de fums
- ♣ Nul·la emissió d'halògens

Amb aquest objectiu, els materials de fabricació han de ser termoplàstics, sempre complint-se la normativa vigent al respecte. En concret:

- ♣ Baixa emissió de fums tòxics, corrosius i opacs segons UNE 21147-1, UNE 21147-2 i UNE 21172-1.

8 Definició de serveis

Tal com s'ha comentat abans, la xarxa de fibra òptica a desplegar s'utilitzarà per a donar servei de veu, dades i vídeo. Tot permetent que els diferents Operadors i Proveïdors de Servei, que siguin clients de la infraestructura, ofereixin els seus propis serveis als usuaris.

8.1 Serveis d'Internet

S'oferiran serveis d'accés de banda ampla, amb possibilitat de contractar diferents velocitats, per satisfer millor les necessitats dels operadors clients. Inicialment s'oferiran dos opcions d'ample de banda:

- ♣ 30 Mbps simètrics.
- ♣ 100 Mbps simètrics.

Aquestes opcions podran ser modificades en funció dels requeriments dels operadors clients.

Pel que fa a la definició comercial del servei de banda ampla, es proposa com a estratègia comercial un servei de tarifa plana, és a dir, es cobrarà un fix mensual independent del tràfic que l'operador client cursi sobre aquest, que serà diferent per cada opció d'ample de banda abans mencionades.

La ONT serà en tots els casos part de la xarxa i es considera com el punt de terminació de la xarxa. S'ha previst un règim de lloguer per la gestió de les ONT d'usuari, de manera que la propietat de les ONT serà permanentment de l'operador d'infraestructures. En aquestes condicions, es facilita la recuperació d'aquest equipament en cas de baixa.

8.2 Serveis de veu.

La telefonia és un dels serveis bàsics que l'operador client presta als seus clients sobre la xarxa. Aquest servei es podrà prestar pels operadors clients a l'usuari final mitjançant dues tecnologies diferents:

- ♣ **Servei telefònic bàsic (POTS):** La xarxa es connectarà amb les centrals de commutació dels operadors clients mitjançant interfícies V5.2, utilitzant els protocols H.248 o SIP per comunicar-se amb els equips d'accés.
- ♣ **VoIP:** Els operadors clients, amb protocols estàndard de mercat, connectaran el seu *Softswitch* als diferents tipus de terminals d'usuari (PC domèstic, telèfon IP o telèfon convencional).

Els serveis bàsics associats al servei de telefonia quedaran garantits.

8.3 Serveis d'imatge.

A més del telèfon, l'altre terminal present a totes les llars és l'aparell de televisió, que fins ara només s'ha emprat per rebre els canals d'entreteniment.

La xarxa a Centelles suportarà dues formes de prestació de servei de televisió i vídeo per part dels operadors clients als seus usuaris:

- ♣ **Difusió de vídeo *broadcast*:** el senyal de vídeo *broadcast* viatjarà per la mateixa fibra que el senyal de veu i dades, realitzant un multiplexat en longitud d'ona mitjançant acobladors òptics passius abans de realitzar la divisió del senyal.
- ♣ **Vídeo IP:** la xarxa haurà de suportar aquest servei, utilitzant protocols *Unicast* i/o *Multicast*, així com *IGMP snooping* i altres funcionalitats que optimitzin el tràfic a la xarxa.

Sobre aquestes formes de prestació de servei, s'oferiran diferents tipologies:

- ♣ TV sobre MPEG2
- ♣ TV sobre IP estàndard (IPTV)
- ♣ Televisió d'alta definició (HDTV)
- ♣ Vídeo sota demanda (VoD)

9 Pla de negoci

9.1 Organització

La creació d'un operador amb paràmetres similars al de l'operador dominant no podrà donar resposta a curt termini a la demanda d'implantació de banda ampla a nuclis de població com Centelles. Per tal de poder treballar amb plena competència amb l'operador dominant cal disposar d'infraestructures d'accés alternatives, tal i com es proposa en el present projecte.

El model de relacions que s'hauria de seguir a Centelles per desplegar la xarxa oberta de telecomunicacions ha de complir les relacions següents entre les parts integrants del projecte que s'ha de portar a terme:

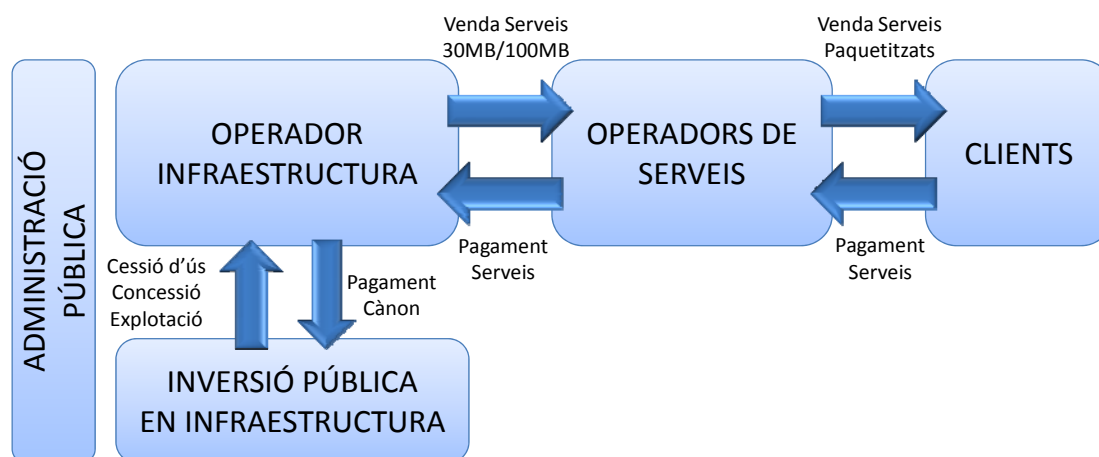


Figura 69. Model de relacions

Les funcions de cadascuna de les parts anteriors són:

♣ **Administració pública:**

- Realitza una concessió cap a l'operador d'infraestructures a canvi d'un cànon anual.
- Realitza el desplegament de la xarxa i gestiona les infraestructures com a operador d'infraestructures.
- Realitza la comercialització dels serveis als operadors de serveis, a canvi d'un rendiment.

♣ **Operador de serveis:**

- Accedeixen a les infraestructures desplegades, les quals els permeten donar serveis a un segment de mercat al qual no poden accedir en l'actualitat.
- Faciliten serveis paquetitzats als clients mitjançant la compra de serveis a l'operador d'infraestructures.

Aquesta proposta té sentit en un marc delimitat pels supòsits següents:

- ♣ Existeix una voluntat real de disposar de més d'una infraestructura de telecomunicacions.
- ♣ Al llarg del territori hi ha zones comercialment viables i zones d'escàs i/o nul interès comercial.
- ♣ Igual que en altres àmbits, hi ha una complementarietat entre la iniciativa privada i l'aplicació de fons públics en la creació d'infraestructures de telecomunicacions.
- ♣ La proposta de Banda Ampla al mercat ha de suportar un catàleg atractiu de serveis amb independència de la tecnologia sobre la qual s'implementen.

9.2 Models de negoci

En aquest punt d'aquest estudi s'analitzarà quina és l'estructura de negoci que pot fer viable una xarxa de telecomunicacions de fibra òptica per una població de les dimensions de Centelles, establint com a criteri fonamental que ha de ser un model de negoci sostenible.

Existeixen diversos models de negoci en funció dels nivells d'integració que es vulguin adaptar sobre l'estructura del pla de negoci. Els principals models són:

- ♣ MN1: Model de negoci en el que es desplega infraestructura passiva de telecomunicacions, la qual es comercialitza a nivell majorista mitjançant un gestor d'infraestructures. Aquest s'encarrega de gestionar la construcció, el manteniment i l'explotació comercial. La comercialització podrà orientar-se a qualsevol interessat en forma d'infraestructura oberta o a l'adjudicatari d'un concurs públic de concessió.
- ♣ MN2: Model de negoci en el que es desplega la infraestructura passiva i s'instal·la l'equipament actiu. Comercialitza serveis a majoristes d'accés i/o transport: lloguer del bucle local o capacitat de transport. Els serveis es comercialitzen a proveïdors de serveis interessats, en forma de xarxa oberta.
- ♣ MN3: Model de negoci en el que es desplega la infraestructura passiva, l'equipament actiu i l'estructura necessària per prestar serveis a l'usuari final. Integració vertical dels tres nivells, equivalent a la majoria d'operadors de telecomunicacions presents al mercat actual.

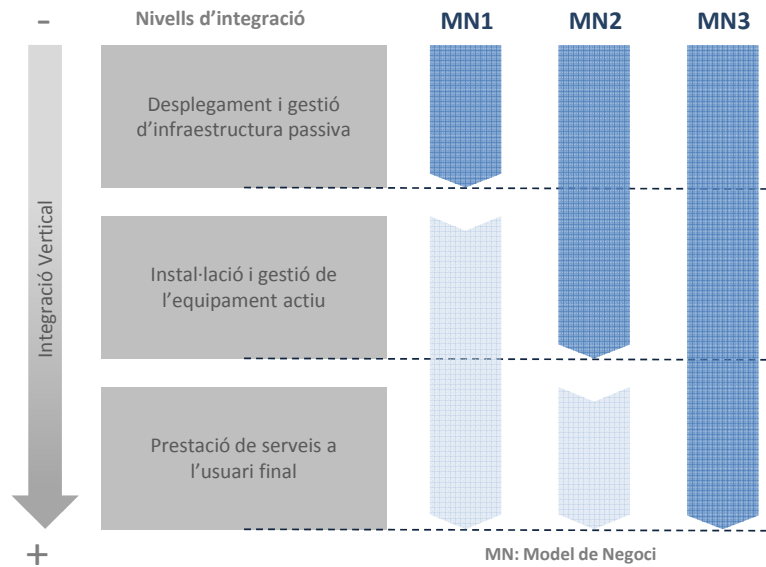


Figura 70. Models de negoci

Entre aquestes alternatives es considera el MN2 com el model de negoci que més s'ajusta als requeriments de Centelles. Ja que es faria el desplegament i la gestió tant de la xarxa passiva com de la part d'equipament actiu. A més, degut a la peculiaritat de Centelles, que disposa d'una empresa elèctrica municipal, l'ajuntament faria la inversió pública en les infraestructures i l'elèctrica municipal faria les funcions de l'operador d'infraestructures seguint el model de relacions de l'apartat anterior.

9.3 Escenaris de contractació

Quan s'han simulat els resultats dins del model econòmic del pla de negoci, s'ha confirmat que el model és altament sensible a la penetració de mercat, es a dir al % de llars connectables que contracten servei.

La hipòtesi que hem aplicat de l'evolució de la penetració, segueix la distribució que es pot veure en el següent gràfic.

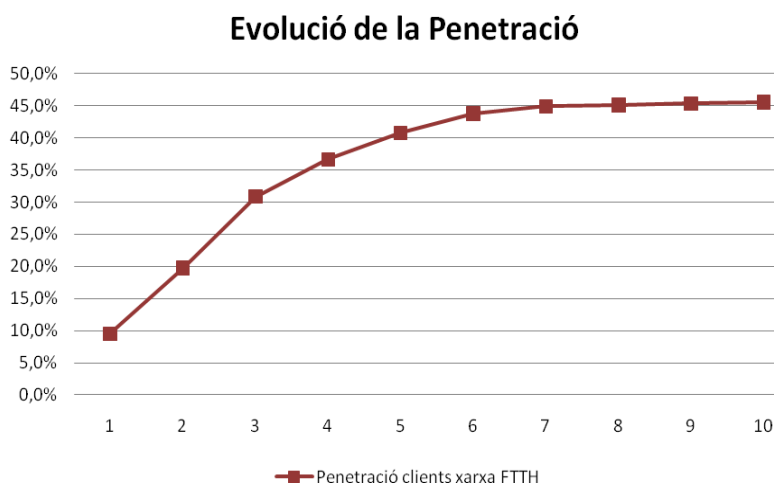


Figura 71. Evolució de la penetració

Es pren com a total de mercat disponible el de 3.785 llars, el total d'unitats connectables a Centelles però sense tenir en compte les zones industrial a les que se'ls donaria connectivitat sota demanda prèvia. Quan existís una demanda d'algun sector industrial, s'adaptaria el pla de negoci per fer la integració d'aquest sector. Amb aquest mercat disponible i la hipòtesi de la penetració abans comentada, es pot veure en el següent gràfic una evolució dels clients potencials a connectar.

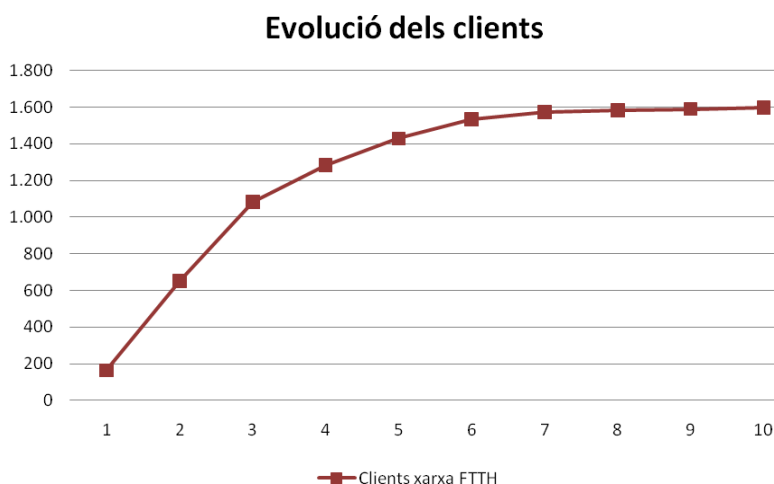


Figura 72. Evolució dels clients

9.4 Model econòmic

9.4.1 Estimació de les inversions

El projecte d'implantació d'una xarxa d'accés de fibra òptica fins la llar a Centelles en funció de l'arquitectura, la definició de serveis i d'acord a les diferents consideracions exposades en els apartats anteriors, demana la inversió en diferents capítols que s'han considerat dins de tres grans apartats que són:

- ♣ Xarxa.
- ♣ Terminals de client i provisió.
- ♣ Sistemes de gestió.

A la següent taula es pot veure un resum d'aquestes inversions.

Resum de les inversions	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Elaboració Projecte Executiu	83.711	76.119	9.769	0	0	0	0	0	0	0
Xarxa de Distribució per connexió al municipi	20.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xarxa d'accés al Municipi (Obra Civil i Instal·lacions)	705.415	973.192	349.061	0	0	0	0	0	0	0
Equipament Telecomunicacions	214.777	112.946	24.109	0	0	0	0	0	0	0
Condicionament de Locals	63.347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sistemes de Gestió	156.642	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precablejat	79.090	67.866	931	0	0	0	0	0	0	0
Terminals de clients i altes	74.254	209.409	177.277	78.100	56.539	42.872	21.997	12.344	12.147	11.950
Total Inversió anual	1.397.236	1.439.532	561.147	78.100	56.539	42.872	21.997	12.344	12.147	11.950
Total Inversió acumulada	1.397.236	2.836.768	3.397.915	3.476.015	3.532.553	3.575.425	3.597.423	3.609.767	3.621.914	3.633.864
Subvenció a la inversió	1.236.394	1.236.394	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Inversió anual a finançar	160.842	1.439.532	561.147	78.100	56.539	42.872	21.997	12.344	12.147	11.950
Inversió acumulada a finançar	160.842	1.600.374	2.161.521	2.239.621	2.296.160	2.339.032	2.361.029	2.373.373	2.385.520	2.397.471

Taula 24. Resum de les inversions

S'ha considerat que la majoria de les inversions es realitzen durant el primer exercici. Les inversions que fan referència al projecte executiu, la xarxa d'accés, l'equipament i la part de clients, s'han repartit en diversos exercicis en funció de l'evolució del desplegament que es faci dels diferents sectors sobre el municipi.

El volum més gran de la inversió és la que fa referència a la xarxa amb un import total de 2,6M€. Dins d'aquest apartat, s'inclouen les inversions que s'han de fer en canalització, instal·lació de fibra òptica, instal·lacions i equipament en els centres transformadors i l'equipament i condicionament del local.

Pel que fa a l'apartat de terminals de client i provisió, l'import total és de 0,61M€. En aquest apartat s'ha considerat que el terminal de client es financi com un capítol més de les inversions totals previstes. Una altra possibilitat seria considerar el terminal de client com un cost de la contractació i fins i tot es podria pensar que sigui el client qui el pagui total o parcialment al contractar el servei. S'han fet els càlculs en el pla de negoci considerant la hipòtesi menys favorable que és la de considerar-lo 100% inversió. La major part de les inversions s'han considerat durant els tres primers anys d'activitat, en funció de l'evolució del desplegament que es faci dels diferents sectors sobre el municipi. En el cas de les inversions en terminals de client i provisió, s'han de

considerar inversions al llarg de tot l'horitzó temporal d'acord amb les altes i baixes de clients que s'han previst.

El darrer capítol és el de sistemes de gestió. En aquest apartat s'han valorat unes inversions totals de 0,16M€. S'inclouen dins d'aquest volum d'inversió la compra de sistemes per la gestió de la xarxa, llicències, sistemes d'informació i els sistemes per la gestió de clients i ofimàtica.

El total de les inversions considera una subvenció a fons perdut igual al 35% de les inversions realitzades dins de l'àmbit del projecte. Aquest volum d'inversió a subvencionar està dins del marge subvencionable per la regulació existent. La resta de les inversions es recuperarien seguint els principis d'un inversor privat.

9.4.2 Previsió d'ingressos i despeses

9.4.2.1 Ingressos

Pel que fa a la previsió d'ingressos les hipòtesis que s'han considerat en el pla de negoci es podem resumir en les següents:

- ♣ En el primer any d'activitat tindrem una penetració d'un 9,5% entenent com a tal el % de llars que contracten sobre el total de les llars on podem donar servei. En els anys posteriors veiem possible arribar fins a un 40%-45% de penetració sobre llars principals.
- ♣ Les tarifes de connexió que s'han considerat són les que s'exposen en la taula següent:

Tarifes de preus	Preus	Descompte
Preus serveis 100 Mbps		
Preu per alta de servei	50,00 €	
Preu mensual servei 100Mbps	22,95 €	
Preu upgrade servei	15,00 €	
Preu baixa de servei	25,00 €	
Preus serveis 30 Mbps		
Preu per alta de servei	50,00 €	
Preu mensual servei 30Mbps	15,95 €	
Preu baixa de servei	25,00 €	
Preus cobricació d'equips		
Preu alta habilitació espais	800,00 €	
Preu mensual rack compartit limitat a 1000W	100,00 €	
Preus interconnexió d'equips		
Preu alta port Gigabit LX	1.500,00 €	10%
Preu mensual recurrent interconnexió Gigabit LX	240,00 €	10%-20%

Taula 25. Tarifes pels diferents serveis

Es considera que els preus dels ports Gigabit LX es veuran decrementats en aproximadament un 10% anual. El preu recurrent d'interconnexió també es

veurà afectat per un 10% de descompte el primer any i un 20% de descompte els anys posteriors.

- ♣ En tot el període d'estudi considerem que podem tenir un percentatge de baixes del 3% sobre els clients durant l'any.

Els ingressos vindran donats tant pels serveis residencials referits a clients finals, com pels serveis de coubicació i interconnexió d'equips referits als operadors de serveis. A la següent taula es pot veure un resum dels ingressos anuals que surten del pla de negoci en funció dels diferents serveis, segons la hipòtesi de penetració de mercat que s'ha comentat en apartats anteriors.

Resum dels ingressos	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ingressos serveis 100 Mbps										
Ingressos alta de servei	417	1.414	1.556	1.116	1.098	1.120	990	614	639	667
Ingressos upgrade de servei	0	0	0	0	0	0	0	103	125	150
Ingressos mensuals	1.132	6.066	13.944	20.782	26.175	31.419	36.215	40.425	44.690	49.405
Ingressos baixes	3	17	38	57	71	86	99	110	122	135
Subtotal ingressos 100 Mbps	1.553	7.497	15.538	21.954	27.345	32.624	37.304	41.251	45.576	50.356
Ingressos serveis 30 Mbps										
Ingressos alta de servei	7.928	23.552	21.243	10.812	8.153	6.386	3.319	2.147	2.135	2.122
Ingressos mensuals	14.951	73.872	156.159	211.990	241.487	261.765	272.329	273.943	272.489	270.730
Ingressos baixes	59	289	612	831	946	1.026	1.067	1.073	1.068	1.061
Subtotal ingressos 30 Mbps	22.937	97.713	178.014	223.633	250.586	269.177	276.716	277.163	275.692	273.913
Ingressos totals serveis residencials	24.490	105.210	193.552	245.587	277.931	301.801	314.020	318.415	321.268	324.269
Ingressos coubicació d'equips										
Ingressos totals coubicació d'equips	1.400	4.000	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
Ingressos interconnexió d'equips										
Ingressos totals interconnexió d'equips	2.940	8.760	15.714	23.701	27.862	31.120	31.856	38.227	44.597	52.383
Ingressos directes totals	28.830	117.970	212.866	272.887	309.393	336.521	349.477	360.241	369.465	380.252

Taula 26. Resum dels ingressos anuals

En el següent gràfic es pot veure l'evolució dels ingressos en funció del servei contractat.

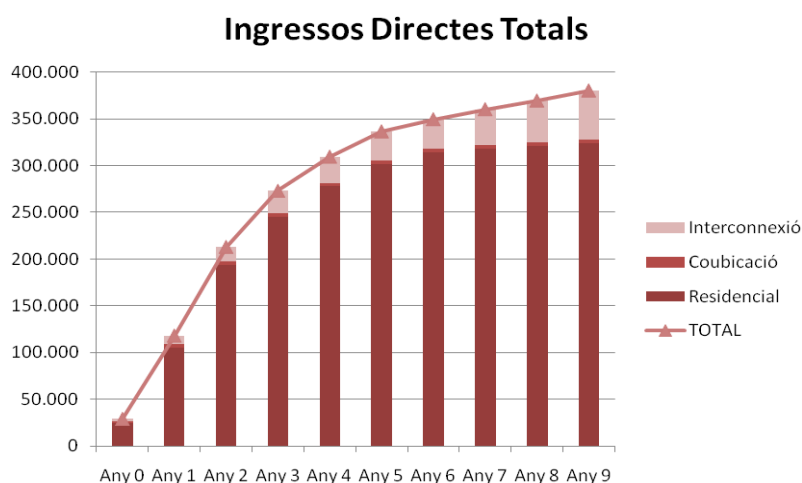


Figura 73. Evolució dels ingressos

9.4.2.2 Despeses

Pel que fa a la previsió de despeses s'han analitzat els diferents conceptes pels quals es poden produir i per cada un d'ells s'han aplicat hipòtesis que permeten valorar-los. S'han separat en aquest capítol el que són les despeses directes o cost associat a cada un dels serveis i les despeses indirectes o generals de la companyia.

Per aquest projecte no existeixen despeses directes que s'hagin d'incorporar al pla de negoci.

Pel que fa a les despeses indirectes, es pot veure en la següent taula els conceptes considerats com a despeses generals de la companyia i les principals hipòtesis per cada un d'ells.

Concepte	Hipòtesis
Tributs i taxes	Un 0,1% sobre el valor total dels ingressos anuals.
Insolvències	Un 0,5% sobre el valor total dels ingressos anuals.
Personal propi	S'ha previst un total de tres persones en nòmina amb les funcions de Director General, Tècnics i Comercial. S'ha previst que la direcció ocupi una dedicació del 25% i la part comercial una dedicació del 50%.
Material d'oficina	S'han previst unes despeses generals d'uns 400 €/mes per empleat i amb un 2% d'increment anual. A més de les despeses generades per la telefonia mòbil per empleat i una connexió fixa de telèfon i Internet.
Despeses de vehicles	No s'ha considerat tenir vehicles d'empresa.
Serveis externs	Inclou les despeses per assessorament legal i per administració externalitzada d'uns 1500€/any, amb un increment anual del 2%.
Promoció i Marketing	Inclou les despeses de promoció i de creació i manteniment de la pàgina web. S'ha previst un valor fix anual amb una inversió major durant els dos primers anys.
Lloguer d'oficina	S'inclou el lloguer d'un local de 60 metres quadrats a un preu de 4€ el metre quadrat.
Electricitat	S'ha previst tenir en compte les despeses del consum elèctric de l'oficina.
Assegurances	Es preveu un cost mensual de 200 €.
SSII	Es té en compte el cost fix del manteniment dels sistemes i el suport d'ofimàtica. A més d'un 5% de la inversió en els sistemes de gestió.
Operació i manteniment de xarxa	S'inclou en aquest apartat els conceptes de manteniment d'infraestructura i equipament segons els criteris de: <ul style="list-style-type: none"> Cost anual respecte al CAPEX de xarxa d'un 0,75% sobre les inversions en xarxa de distribució i d'accés. Cost anual respecte al CAPEX d'equips d'un 3,5% sobre les inversions en equipament de telecomunicacions. Es considera com a despeses d'operació el pagament dels serveis de supervisió de la xarxa sota la forma d'externalització amb un pressupost de 20.000€ anuals.
Energia node de la xarxa	Es preveu un cost fix anual d'uns 1.200€ pel consum d'energia al node primari de la xarxa, on s'ubica l'equipament actiu de la mateixa.

Taula 27. Hipòtesis de despeses generals

Aplicant aquestes consideracions al model econòmic obtenim el quadre de despeses generals següent:

Resum Despeses Indirectes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tributs i taxes	29	118	213	273	309	337	349	360	369	380
Insolvències	144	584	1.043	1.324	1.486	1.600	1.645	1.679	1.705	1.737
Personal propi	56.355	57.476	58.620	59.786	60.976	62.189	63.427	64.690	65.977	67.291
Material d'oficina	4.076	4.098	4.120	4.143	4.167	4.190	4.215	4.240	4.265	4.291
Serveis externs	1.500	1.530	1.561	1.592	1.624	1.656	1.689	1.723	1.757	1.793
Promoció i marketing	4.500	3.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
Lloguer oficina	2.880	2.938	2.993	3.047	3.099	3.149	3.196	3.241	3.283	3.322
Electricitat	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Assegurances	0	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400
SSII	9.332	12.332	12.332	12.332	12.332	12.332	12.332	12.332	12.332	12.332
Operació i manteniment de xarxa	0	20.000	45.054	47.672	47.672	47.672	47.672	47.672	47.672	47.672
Energia node de la xarxa	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Total Despeses Indirectes	80.316	106.576	131.436	135.669	137.164	138.625	140.025	141.436	142.860	144.317

Taula 28. Resum despeses indirectes

En el següent gràfic podem veure un resum de l'estructura de les despeses, la seva composició i alguns ràtios característics.

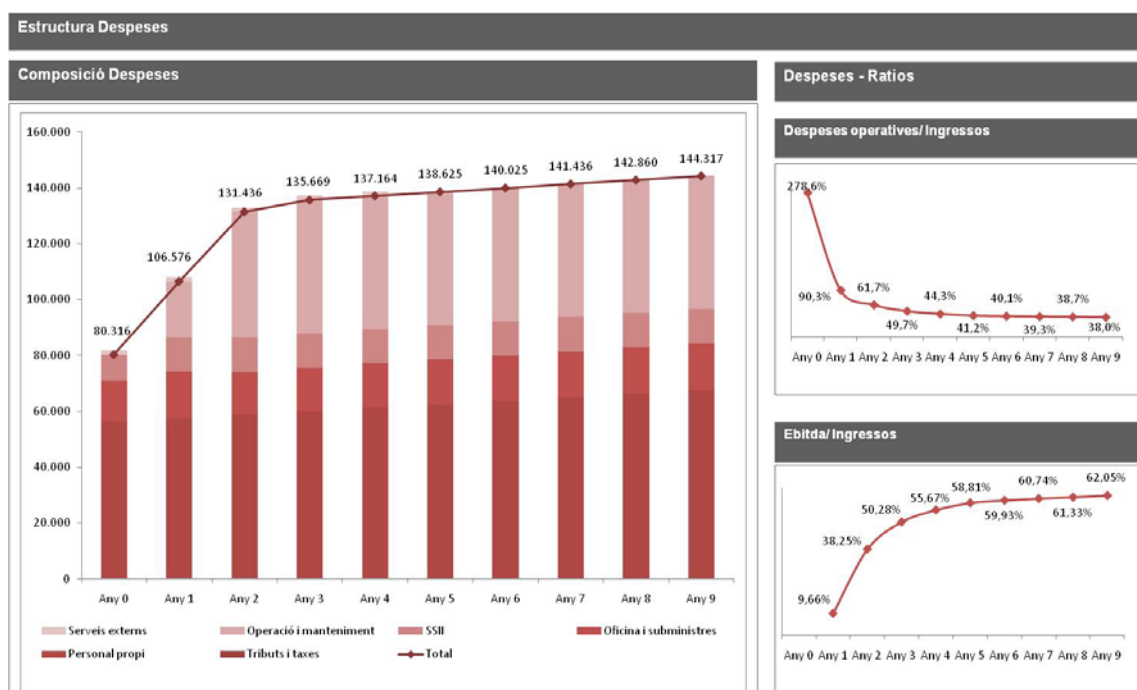


Figura 74. Estructura de les despeses

Com es pot observar a la figura anterior, les despeses operatives assolixen el 38% dels ingressos, de forma que l'EBITDA assolix la xifra del 62%. Aquesta xifra es elevada especialment per dues raons:

1. El negoci es basa en lloguer d'infraestructures, i per tant no té components de despesa directa (com succeeix amb els operadors tradicionals que tenen costos de continguts, connexió a Internet, interconnexió de veu, etc.).
2. L'estructura de la companyia es recolza incrementalment en una activitat existent. Per tant els costos considerats són incrementals a la prestació de serveis que ja realitza en l'àmbit elèctric.

9.4.3 Compte de resultats

A continuació s'inclou el compte de resultats amb el detall d'ingressos, despeses, EBITDA, amortitzacions, despeses financeres, benefici net i inversions.

El resultat ens permet obtenir el flux de caixa anual i el flux de caixa acumulat que ens donaran la rendibilitat del projecte.

	Any 0	Any 1	Any 2	Any 3	Any 4	Any 5	Any 6	Any 7	Any 8	Any 9	Any 10
Magnituds Operatives											
Llars Cobertes	1.731	3.305	3.507	3.507	3.507	3.507	3.507	3.507	3.507	3.507	3.507
Penetració comercial	10%	20%	31%	37%	41%	44%	45%	45%	45%	46%	46%
Clients	164	652	1.082	1.285	1.429	1.535	1.574	1.582	1.590	1.598	1.606
Magnituds financeres											
Ingressos totals	28.830	117.970	212.866	272.887	309.393	336.521	349.477	360.241	369.465	380.252	390.847
Ingressos Totals Serveis residencials	24.490	105.210	193.552	245.587	277.931	301.801	314.020	318.415	321.268	324.269	327.432
Ingressos Totals Interconnexió d'equips	2.940	8.760	15.714	23.701	27.862	31.120	31.856	38.227	44.597	52.383	59.815
Ingressos Totals Coubicació d'equips	1.400	4.000	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
Costos	(80.316)	(106.576)	(131.436)	(135.669)	(137.164)	(138.625)	(140.025)	(141.436)	(142.860)	(144.317)	(145.797)
EBITDA	(51.486)	11.394	81.430	137.218	172.229	197.896	209.451	218.806	226.604	235.935	245.050
Amortitzacions	-	(13.242)	(109.395)	(152.557)	(162.319)	(169.387)	(171.139)	(173.889)	(175.432)	(172.791)	(133.991)
BAI	(51.486)	(1.848)	(27.966)	(15.338)	9.909	28.510	38.312	44.917	51.173	63.144	111.059
Costos financers	-	(16.462)	(39.412)	(45.734)	(44.679)	(42.384)	(39.121)	(35.126)	(30.687)	(25.914)	(20.962)
BAI	(51.486)	(18.310)	(67.378)	(61.073)	(34.770)	(13.874)	(809)	9.791	20.486	37.230	90.098
Impostos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(14.124)
Benefici Net	(51.486)	(18.310)	(67.378)	(61.073)	(34.770)	(13.874)	(809)	9.791	20.486	37.230	75.974
Inversions	1.397.236	1.439.532	561.147	78.100	56.539	42.872	21.997	12.344	12.147	11.950	11.873
Elaboració Projecte Executiu	83.711	76.119	9.769	-	-	-	-	-	-	-	-
Xàna de Distribució per connexió al municipi	20.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xàna d'accés al Municipi (Obra Civil i Instal·lacions)	705.415	973.192	349.061	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipament Telecomunicacions	214.777	112.946	24.109	-	-	-	-	-	-	-	-
Condicionament de Locals	63.347	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemes de Gestió	156.642	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Precablejat	79.090	67.866	931	-	-	-	-	-	-	-	-
Terminal de clients i altes	74.254	209.409	177.277	78.100	56.539	42.872	21.997	12.344	12.147	11.950	11.873
Subvenció	1.236.394	-	-	0	0	0	(0)	(0)	0	(0)	(0)
Flux de caixa anual	(212.328)	(1.428.138)	(479.717)	59.118	115.690	155.024	187.454	206.462	214.457	223.985	219.054
Flux de Caixa acumulat	(212.328)	(1.640.466)	(2.120.183)	(2.061.065)	(1.945.374)	(1.790.351)	(1.602.897)	(1.396.435)	(1.181.978)	(957.993)	(738.939)
VAN @ 8%	(212.328)	(1.547.036)	(1.966.040)	(1.917.782)	(1.829.522)	(1.718.992)	(1.594.084)	(1.465.510)	(1.340.694)	(1.218.861)	(1.107.505)

Taula 29. Magnituds generals

Com es pot observar, el projecte obté un EBITDA positiu a partir del segon any, un benefici net a partir del setè any i un flux de caixa anual a partir del quart any.

Sota aquestes condicions, podem manifestar que el projecte és sostenible econòmicament, ja que tenim un EBITDA positiu i un flux de caixa també positiu, però el compte de resultat genera pèrdues anuals degut a la comptabilització de les amortitzacions de les inversions.

El flux de caixa anual acumulat serà positiu l'any 14 de projecte. Això implica que el projecte serà capaç de retornar la seva inversió inicial (la no subvencionada), però amb uns criteris econòmics que si bé un inversor públic pot sostenir, un inversor privat en les condicions actuals de mercat no seria capaç d'assumir. Aquest període de retorn de la inversió de 14 anys està en línia amb l'últim estudi de la CMT que senyala que en ciutats entre 5.000 i 50.000 habitants el període de recuperació de la inversió es troba entre 13 i 14 anys.

A continuació es mostra un gràfic resum de la composició del compte de resultats, on també es pot observar l'evolució de l'EBITDA i el benefici net.

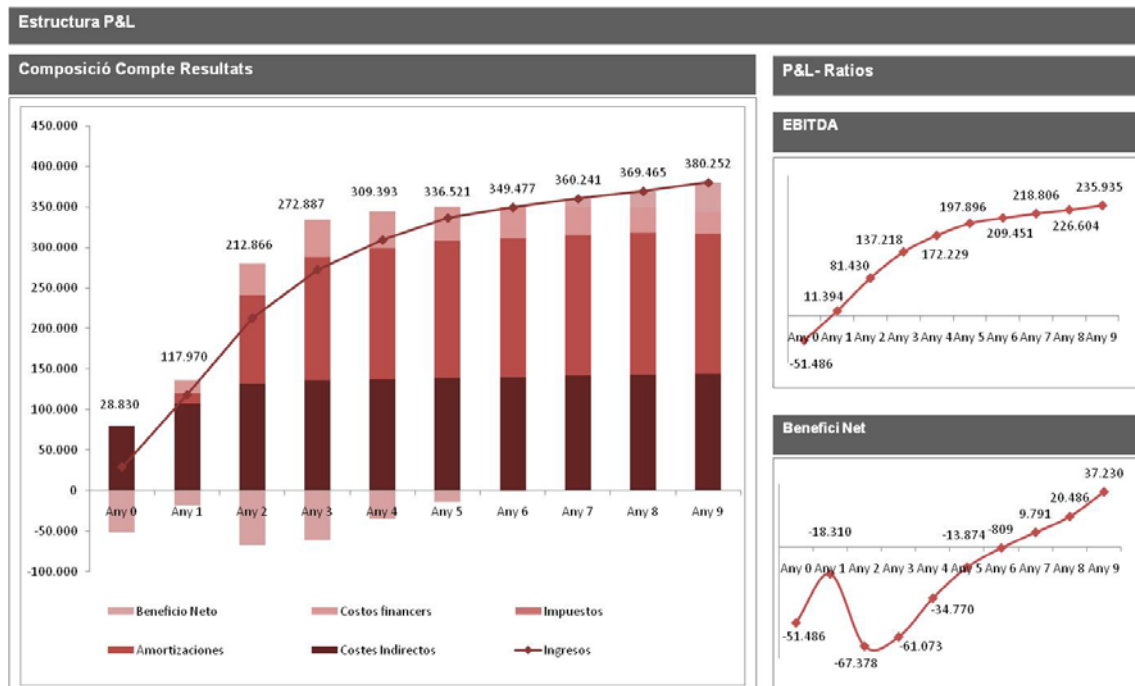


Figura 75. Estructura P&L

9.4.4 Estructura del balanç

En la següent taula podem observar l'estructura del balanç, on cal destacar l'evolució dels fons propis. Així, per dur endavant el projecte, l'Ajuntament de Centelles haurà d'aportar 350.000 € en capital social i garantir quasi dos milions d'euros en deute (1,83 milions d'euros, que és el pic de finançament que s'assoleix al 2012).

Adicionalment a aquests recursos, caldrà obtenir a més a més, una subvenció de 1,23 milions d'euros per les inversions.

Balanç	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Actiu										
Actiu Circulant										
Caixa	137.672	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Inversions Financeres										
Clients	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Actiu Circulant	137.672	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Actiu inmobilitzat										
Canalitzacions i FO	160.842	1.587.132	2.038.883	1.964.426	1.858.646	1.732.131	1.582.989	1.421.444	1.258.160	1.097.318
Altres										
Despeses Capitalitzades										
Interessos Capitalitzats										
Total Actiu Inmobilitzat	160.842	1.587.132	2.038.883	1.964.426	1.858.646	1.732.131	1.582.989	1.421.444	1.258.160	1.097.318
TOTAL ACTIU	298.514	1.597.132	2.048.883	1.974.426	1.868.646	1.742.131	1.592.989	1.431.444	1.268.160	1.107.318
Pasiu										
Pasiu Circulant										
Proveïdors	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Pasiu Circulant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deute MP i LLP										
Crèdit Bancari 1	0	1.316.928	1.836.057	1.822.673	1.751.662	1.639.021	1.490.689	1.319.352	1.135.582	937.511
Crèdit Bancari 2										
Total deute MP i LLP	0	1.316.928	1.836.057	1.822.673	1.751.662	1.639.021	1.490.689	1.319.352	1.135.582	937.511
Capital Social										
Capital Subscrit	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000
Beneficis/Perdues	-51.486	-69.796	-137.174	-198.246	-233.016	-246.890	-247.699	-237.908	-217.422	-180.193
Total Fons propis	298.514	280.204	212.826	151.754	116.984	103.110	102.301	112.092	132.578	169.807
TOTAL PASIU	298.514	1.597.132	2.048.883	1.974.426	1.868.646	1.742.131	1.592.989	1.431.444	1.268.160	1.107.318

Taula 30. Estructura del balanç

10 Conclusions

D'aquests projecte es poden extreure diverses conclusions que es llisten a continuació:

- ♣ Donada la situació actual pel que fa a les telecomunicacions, es pot dir que el municipi de Centelles es troba sota fractura digital. Només disposen de servei de banda ampla d'un únic operador, aquest té funcionalitats limitades i no existeix la possibilitat d'accedir als serveis d'operadors alternatius (no existeix un entorn de competència).
- ♣ Centelles és un dels pocs municipis amb una xarxa de distribució elèctrica de titularitat municipal. El concepte d'operar xarxes de serveis està molt integrat al municipi. El pas de desplegar i gestionar una xarxa de telecomunicacions a dins del municipi és una extensió addicional dels serveis que es presta als ciutadans.
- ♣ Per tal de poder garantir un ampli catàleg de serveis de telecomunicacions als ciutadans i poder-los oferir les millor prestacions en un entorn de competència, la opció d'actuació més adequada, i que causa menys distorsió, és la de desplegar una xarxa oberta, que podrà ser utilitzada per tots aquells operadors que ho desitgin, ja que serà una xarxa multioperador.
- ♣ Després de realitzar un estudi sobre les diferents tecnologies disponibles actualment per fer el desplegament de la xarxa oberta, s'ha pogut observar que la tecnologia més adequada per un desplegament de xarxa oberta al municipi de Centelles és fibra fins la llars (FTTH). Una xarxa de fibra òptica és l'única infraestructura que no té una limitació en la prestació del servei de banda ampla ni en serveis integrats sobre IP.
- ♣ Actualment amb la baixada de preus dels components òptics com ara els làsers i la integració a les noves construccions del cablejat estructurat, es crea un escenari idoni per poder desplegar solucions FTTH.
- ♣ De les diverses tipologies disponibles pel desplegament de xarxes FTTH, la que s'ha considerat millor opció en aquest projecte ha estat una xarxa d'accés PmP PON (una xarxa punt multipunt amb tecnologia passiva, sense components actius entre la central de commutació i el client). A les xarxes PmP el número de fibres necessàries és molt inferior que a les xarxes PaP, fet que fa que la gestió posterior sigui menys complexa. A més també requereix unes inversions i unes despeses operatives inferiors a les xarxes PaP. Igualment passa amb les xarxes passives sobre les actives, que els costos operatius són molt inferiors en les passives.
- ♣ De les tres possibles arquitectures PON que són PmP, la opció escollida ha estat GPON, ja que aquesta és la tecnologia que permet una velocitat de transmissió més elevada. A més permet disposar de control de xarxa i de vídeo RF estandarditzat. Un altre punt important és el fet que presenta l'eficiència més elevada i per això es poden obtenir els amples de banda efectius més elevats.

- ♣ Per tal de mantenir aquests amples de banda el més elevats possible, amb una òptima relació qualitat preu del servei, s'ha escollit per aquest projecte una compartició de la targeta GPON de 1 a 32 clients. També cal destacar que aquesta tecnologia 1:32 és més madura i disposa de millors preus al mercat que l'opció 1:64.
- ♣ L'elecció de treballar sobre la infraestructura de la xarxa elèctrica municipal de Centelles té 2 objectius:
 - El de minimitzar les inversions necessàries per al desplegament de xarxa per poder utilitzar infraestructura ja existent.
 - Aprofitar l'estructura existent de la xarxa elèctrica, tant en subconductes com en fibra òptica.
- ♣ El desplegament de la xarxa requereix 4 OLT de 32 PON cadascuna, que poden donar servei fins a un total de 4096 clients. Per a realitzar un aprofitament òptima de les PON, amb la configuració de fibres disponibles, es realitzen agrupacions dins del municipi de 100 llars en mitja.
- ♣ Els serveis que la xarxa oberta ofereix són:
 - Accés a banda ampla bidireccional a 30 Mbps pels clients residencial i a 100 Mbps per les empreses o aquells clients que ho desitgin.
 - Transport de veu, tant el servei telefònic bàsic (POTS) com VoIP.
 - Transport d'imatge, incloent difusió *broadcast* i vídeo IP.
- ♣ El model de relacions que s'haurà de seguir a Centelles és el de constituir-se com un operador d'infraestructures, donant serveis a canvi d'un pagament dels mateixos per part dels operador de serveis.
- ♣ Segons s'ha pogut veure en el model econòmic del pla de negoci, aquest projecte és sostenible econòmicament, ja que tenim un EBITDA positiu i un flux de caixa també positiu, però es generen pèrdues anuals degut a les amortitzacions de les inversions, i no apareix benefici net positiu fins al vuitè any.
- ♣ El flux de caixa anual acumulat serà positiu l'any 14 de projecte. Això implica que el projecte serà capaç de retornar la seva inversió inicial (la no subvencionada), però amb uns criteris econòmics que si bé un inversor públic pot sostenir, un inversor privat en les condicions actuals de mercat no seria capaç d'assumir.
- ♣ La subvenció necessària per al desplegament d'una xarxa FTTH al municipi de Centelles compleix amb els criteris de competència de la UE.

11 Bibliografia

Fiber Optics for Government and Public Broadband: A Feasibility Study

Prepared for the City and County of San Francisco, January 2007

The FTTx Mini-Guide de www.telecommagazine.com

Telecommunications volume 41 no. 1 "Battle of the PONs"

"TELECOS" La Revista dels Enginyers de Telecomunicació de Catalunya. Any 12, Número 32, 12-2005

Informe anual 2005 de la CMT.

Gaptel: Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de las Telecomunicaciones. Informe de Banda ancha. Julio 2004.

Estadísticas del sector. IV trimestre de 2006. CMT

Nota Mensual – Febrero 2007. CMT

Optical Solutions. Fiber Powered Communities. White Paper. "EPON or GPON".

<http://www.faztec.com/Documents/FMTS-PON-OLT.pdf>

Burst Mode Measuring Solution – Applied on PON solution, Faztec Optronics, Digital Com. Measuring Solution Division

Diverses pàgines web:

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

www.ine.es

www.idesat.net

<http://ovc.catastro.meh.es/>

www.guifi.net

www.ovum.com

www.telnet-ri.es

www.alcatel.com

<http://www.cmt.es/cmt/index.htm>

Diverses presentacions del FTTH Barcelona.

Diversa documentació interna de l'empresa.